

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA



Dipartimento per l'Innovazione nei Sistemi Biologici,
Agroalimentari e Forestali

Corso di Dottorato di Ricerca in

ECOLOGIA FORESTALE

Ciclo XXVIII

**“La biodiversità forestale nel contesto internazionale del
programma REDD+ per la riduzione della deforestazione e del
degrado forestale nei Paesi in via di sviluppo: solo un co-benefit?”**

Coordinatore

Prof. Paolo De Angelis

Tutor

Prof.ssa Anna Barbati

Dottorando

Dott. Dario Vespertino

Settore Scientifico-Disciplinare AGR/05

Ai mie amici

Abstract

The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) programme for Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation (REDD+) was designed to promote forest conservation and sustainable forest management while enhancing forest carbon stocks in developing countries with the final aim of mitigating climate change impacts. This programme is now ready for full implementation. Nevertheless, there are still concerns regarding the way in which forest biodiversity is included in the REDD+ methodological framework, as well as the risks associated to a REDD+ programme focused just on carbon. Many studies have investigated, both, the impact of REDD+ activities on biodiversity, as well as, how REDD+ activities can enhance biodiversity co-benefits. However, only few studies have teased apart the relative importance of forest structural and compositional biodiversity, for the productivity, and very few studies exists regarding (biodiversity-rich) tropical forests. The overall aim of this thesis is to explore whether UNFCCC REDD+ decisions are taking due account of the mitigation contribution of forest biodiversity throughout the REDD+ design, as well as to investigate whether forest biodiversity matters for carbon storage, therefore is instrumental for achieving REDD+ long-term goals. Ultimate goal is to propose a set of recommendations on how the REDD+ implementation could take into account biodiversity considerations for better incentivising its contribution in achieving the main REDD+ mitigation goals. The work consists of two sections: *I*) a deep review of UNFCCC REDD+ decisions and analysis of possible environmental risks related to a not adequate enough consideration of forest biodiversity throughout REDD+ implementation, *II*) a case study in the tropical forests of Ghana exploring the relationships between biodiversity and forest carbon sequestration.

The results of the review revealed that biodiversity is seen only as desirable but not instrumental for achieving the mitigation goals of REDD+. Forest biodiversity in the REDD+ methodological framework defined by the UNFCCC REDD+ decisions is treated as a co-benefit and/or non-carbon benefit, so it is not regarded as functionally tied to REDD+ mitigation goal. The review detected the following four main risks related to the implementation of REDD+ activities: *i*) a likely conversion of natural forests into plantations if country definition of forests does not identify proper distinction between natural forests and other forest types; *ii*) possible degradation of natural forests if the activities related to the sustainable management of forests are not clearly defined; *iii*) activities aiming at enhancing forest carbon stocks, could incentivise the creation of forests plantations, rather than the restoration of degraded forests; *iv*) implications of forest definition in the construction of a forest reference level for REDD+.

The goal of the case study was to explore the effects of tree diversity and species richness (using the Shannon and Menhinick indices) and of the combination of structural and taxonomic attributes (measured by the Complexity index) on above ground forest carbon stocks, using forest inventory data of 80 plots distributed among primary forest, selectively logged natural forests and

forest plantations, located in south-western Ghana, in the protected areas of Ankasa and Bia and in Jomoro district. Overall, the results indicated that in all forest categories the Complexity index was significantly and positively related to carbon stocks (Pearson's r range 0.52-0.98). Moreover, the results of the Kruskal-Wallis test indicated that there were significant differences between primary forest and forest plantations regarding, both, species diversity and richness, as well as, carbon stocks. Findings suggest that the simplified vertical structure and composition of forest plantations can significantly reduce the average value of the carbon stock (55 t ha^{-1}) in comparison to observed primary forests under similar environmental conditions (190 t ha^{-1}). Conversely, selective logging led to a significant reduction in species diversity and richness, as well as, in structural complexity, but did not cause a significant decline in carbon storage, although carbon stock in selectively logged forests is on average 40% lower than the amount observed in primary forests under similar environmental conditions.

In conclusion, findings from the Ghana case study indicate that forest biodiversity has an independent and positive effect on above ground carbon stocks, with forest complexity having the strongest effect compared to tree species diversity and richness. Biodiversity conservation should, hence, be regarded as a key component of the REDD+ mechanism. Due to the likely positive contribution to long-term carbon storage, biodiversity considerations should be better incorporated into the REDD+ implementation, especially now that REDD+ is starting to be fully implemented also at National scale, through specific financing Institutions, such as the Green Climate Fund in a key role and ready to deliver third phase result-based payments.

Riassunto

Il Programma della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite per la Riduzione delle Emissioni da Deforestazione e Degrado forestale (REDD+) ha lo scopo di promuovere la conservazione delle foreste, la loro gestione sostenibile e l'aumento degli stock forestali di carbonio nei Paesi in via di sviluppo, con l'obiettivo finale di mitigare l'impatto dei cambiamenti climatici. Il REDD+ si avvia adesso alla fase di piena implementazione. Sussistono, tuttavia, preoccupazioni relative al modo in cui la biodiversità forestale è inclusa nel quadro metodologico del REDD+, così come ai rischi associati a un programma REDD+ focalizzato esclusivamente sul carbonio. Molti studi hanno analizzato sia l'impatto delle attività REDD+ sulla biodiversità che il modo in cui le attività REDD+ possono potenziare i co-benefici legati alla biodiversità. Tuttavia, solo pochi studi sono riusciti a far emergere l'importanza relativa della biodiversità forestale, strutturale e compositiva, sulla produttività, e pochissimi sono quelli che riguardano le foreste tropicali (ricche di biodiversità). L'obiettivo generale di questa tesi è quello di verificare se le decisioni UNFCCC REDD+ prendano in debita considerazione il contributo di mitigazione della biodiversità forestale nell'ambito del programma REDD+, nonché di contribuire a chiarire se la biodiversità forestale è legata allo stoccaggio del carbonio ed è quindi strumentale al raggiungimento degli obiettivi a lungo termine di REDD+. Obiettivo finale consiste nel proporre una serie di raccomandazioni su come l'implementazione del REDD+ potrebbe tener conto di considerazioni sulla biodiversità onde incentivarne il contributo per il raggiungimento degli obiettivi principali di mitigazione del REDD+. Il lavoro si compone di due sezioni: I) una *review* approfondita delle decisioni UNFCCC sul REDD+, che analizza i possibili rischi ambientali connessi a una considerazione non adeguata della biodiversità forestale in tutta l'implementazione REDD+, II) un caso di studio sulle foreste tropicali del Ghana per esplorare le relazioni tra biodiversità e sequestro del carbonio.

I risultati della *review* indicano che la biodiversità è considerata auspicabile ma non strumentale al raggiungimento degli obiettivi di mitigazione del REDD+. La biodiversità forestale nel quadro metodologico REDD+ così come definito dalle decisioni UNFCCC sul REDD+ viene considerata alla stregua di *co-benefit* e / o *non-carbon benefit*, e non è pertanto considerata funzionalmente legata all'obiettivo di mitigazione del REDD+.

L'indagine ha rilevato i seguenti quattro principali rischi relativi all'attuazione delle attività REDD+: i) una probabile conversione delle foreste naturali in piantagioni se la definizione nazionale di foresta non opera distinzioni fra foreste naturali e altri tipi di foresta; ii) l'eventuale degrado delle foreste naturali, se le attività legate alla gestione sostenibile delle

foreste non sono chiaramente definite; *iii*) le attività volte ad aumentare gli stock forestali di carbonio, potrebbero incentivare la creazione di piantagioni, anziché il ripristino delle foreste degradate; *iv*) implicazioni in merito alla definizione di foresta nella elaborazione dei livelli forestali di riferimento per il REDD+.

L'obiettivo del caso studio era di esplorare gli effetti della diversità specifica e della ricchezza delle specie (utilizzando gli indici di *Shannon* e *Menhinick*) e della combinazione di attributi strutturali e tassonomici (misurata dall'indice *Complexity*) sugli stock di carbonio della biomassa forestale epigea, utilizzando i dati relativi a 80 plot distribuiti tra foreste primarie, foreste naturali gestite a tagli selettivi e piantagioni forestali, nelle aree di conservazione di Ankasa e Bia e nel distretto di Jomoro, nel sud-ovest del Ghana. Nel complesso, i risultati hanno indicato che in tutte le categorie di foresta l'indice *Complexity* era significativamente e positivamente correlato allo stock di carbonio (range 0,52-0,98 r di Pearson). Inoltre, i risultati del test di Kruskal-Wallis evidenziano differenze significative tra foreste primarie e piantagioni forestali in merito alla diversità e ricchezza di specie, nonché agli stock di carbonio. I risultati suggeriscono che la struttura verticale semplificata e la composizione del popolamento forestale possono ridurre significativamente il valore medio dello stock di carbonio (55 t ha^{-1}) rispetto alle foreste primarie osservate in condizioni ambientali simili (190 t ha^{-1}). Viceversa, i tagli selettivi hanno causato una significativa riduzione della diversità e della ricchezza di specie, come pure della complessità strutturale, ma non ha causato un calo significativo di stoccaggio del carbonio, anche se gli stock di carbonio nelle foreste gestite a tagli selettivi è in media del 40% inferiore a quelli osservati in foreste primarie in condizioni ambientali simili.

In conclusione, i risultati del caso studio sul Ghana indicano che la biodiversità forestale ha un effetto indipendente e positivo sugli stock forestali di carbonio della biomassa epigea, e la complessità strutturale comporta effetti più tangibili rispetto alla diversità e ricchezza di specie. La conservazione della biodiversità deve, pertanto, essere considerata una componente chiave del meccanismo REDD+. In considerazione del contributo positivo sullo stoccaggio del carbonio a lungo termine, le considerazioni sulla biodiversità dovrebbero essere meglio integrate nella implementazione del REDD+, soprattutto ora che il REDD + sta cominciando a essere pienamente attuato anche su scala nazionale, attraverso specifiche istituzioni finanziarie, quali il Fondo Verde per il Clima in un ruolo chiave, pronte a fornire i finanziamenti sulla base dei risultati di terza fase del REDD+.

Sommario

Abstract	3
Riassunto.....	5
Prologo	8
Introduzione.....	10
ANALISI DEL QUADRO METODOLOGICO REDD+: LA SUPREMAZIA DEL CARBONIO SULLA BIODIVERSITÀ.....	13
1. Stato dell'arte sui cambiamenti climatici e ruolo delle foreste nel contesto negoziale internazionale	13
1.1. La scienza del clima e i cambiamenti climatici	13
1.2. Il ciclo del Carbonio	19
1.3. L'aumento dell'effetto serra: le cause, le conseguenze e gli scenari previsti dall'IPCC ..	21
1.4. Dalla prima Conferenza Mondiale sul Clima di Ginevra (1979) alla COP-22 di Marrakech (2016), passando per Kyoto e Parigi	31
1.5. Il ruolo delle foreste nella mitigazione dei cambiamenti climatici e la risposta della comunità internazionale: il REDD+	46
1.6. Il ruolo delle foreste e del REDD+ nell'Accordo di Parigi	51
2. Materiali e Metodi	53
2.1. Review delle decisioni UNFCCC sul REDD+: le fonti e gli strumenti dell'analisi.....	53
2.2. Analisi dei principali parametri e indici di biodiversità utilizzati nel contesto del REDD+ 54	
3. Risultati e discussione	58

3.1. Il quadro metodologico definito dalle decisioni UNFCCC sul REDD+: implicazioni sulla biodiversità forestale	58
3.1.1. REDD+ e biodiversità o REDD+ vs. biodiversità? Il caso del Ghana	68
3.2. Risultati dell'analisi dei principali parametri di biodiversità utilizzati nel monitoraggio dei progetti REDD+	75
3.3. Considerazioni Conclusive	78
SEZIONE II	80
BIODIVERSITÀ E STOCK FORESTALI DI CARBONIO NELLE FORESTE TROPICALI: IL CASO STUDIO DEL GHANA	80
4. Introduzione al caso studio: la relazione tra biodiversità forestale e <i>stock</i> forestali di carbonio nelle foreste tropicali	80
5. Materiali e Metodi	83
5.1. Le foreste naturali e le piantagioni del Ghana.....	83
5.2. Le aree di studio	92
5.2.1. Il Distretto di Jomoro	92
5.2.2. L'Area di Conservazione di Ankasa	95
5.2.3. L'Area di Conservazione di Bia	99
5.3. Analisi delle relazioni tra biodiversità forestale e <i>stock</i> di Carbonio nel caso studio delle foreste ghanesi: obiettivi e approccio metodologico	102
5.4. Il calcolo degli <i>stock</i> forestali di Carbonio nella biomassa epigea	105
5.4.1. La stima della biomassa forestale epigea	105
5.4.2. I metodi utilizzati per la stima degli <i>stock</i> di Carbonio forestale epigeo	110
5.5. Gli indici di biodiversità	114

5.5.1. Indice di diversità di Shannon	116
5.5.2. Indice di ricchezza di specie <i>Menhinick</i>).....	117
5.5.3. Indice di complessità strutturale (<i>Complexity Index</i>).....	117
6. Risultati dell'analisi comparativa su biodiversità forestale e <i>stock</i> di Carbonio nel caso di studio delle foreste ghanesi	119
6.1. Confronto tra <i>stock</i> di Carbonio e indici di biodiversità in foreste primarie, gestite e piantagioni	119
6.2. Relazione tra <i>stock</i> di Carbonio e indici di biodiversità in foreste primarie, gestite e piantagioni	132
7. Conclusioni	139
Lista delle Abbreviazioni.....	144
Lista delle Figure	147
Lista delle Tabelle.....	148
Lista dei Box informativi.....	149
Bibliografia	151
Allegato 1 – Decisioni UNFCCC sul REDD+	168

Prologo

Con un tuffo nel passato, eccoci a bordo dell'Apollo 13. Lanciato nell'aprile del 1970, naviga nello spazio con lo scopo di portare, è la terza volta, l'uomo sulla Luna. L'esplosione di uno dei due serbatoi dell'ossigeno e il grave danneggiamento dell'altro rendono inservibile il modulo di comando della navicella. La missione fallisce ma prende vita una delle più spettacolari operazioni di salvataggio di tutti i tempi. Protagonisti, in uno stupendo lavoro di squadra, oltre all'equipaggio dell'Apollo, centinaia di tecnici del Centro di controllo di Houston, i quali preparano e provano, a terra, in tempi rapidissimi, complesse procedure d'emergenza, da suggerire poi agli astronauti. I tre uomini dell'Apollo 13 sono sospesi nel vuoto, a circa 200.000 miglia dalla Terra. Senza la prevista fornitura di energia devono trasferirsi dal modulo di comando (rimasto privo dell'alimentazione elettrica) al modulo lunare che, concepito per atterrare sul satellite, diventa una scialuppa di salvataggio. I suoi propulsori, che dovevano servire per lo sbarco e per poi tornare sul modulo di comando, sono invece impiegati per immettere la nave spaziale in un'orbita lunare opportuna e per operare le piccole correzioni di rotta. Queste si rendono necessarie per cogliere la traiettoria di rientro sulla Terra utilizzando la forza di gravità lunare quale unica spinta, come una fionda. Per risparmiare energia, è ridotta al minimo anche l'alimentazione elettrica al modulo lunare, mantenendo solo i servizi davvero essenziali: sarà necessario, infatti, portarsi di nuovo nel modulo di comando, il solo provvisto dello schermo termico, indispensabile nel passaggio attraverso l'atmosfera terrestre, prima del tuffo nel Pacifico. Pertanto, anche le batterie del modulo di comando devono essere, ad un certo punto caricate a spese dell'energia del modulo lunare. Dai calcoli di previsione dei consumi rimbalzati fra Houston e la navicella, controlli e aggiustamenti successivi, l'energia necessaria al rientro risulta, complessivamente, disponibile. Un respiro di sollievo... ma ora è il respiro dei tre astronauti a destare preoccupazione. Perché? Il sistema di filtraggio dell'anidride carbonica del modulo lunare che era stato previsto per due giorni di attività di due uomini, sta sostenendo l'attività di tre uomini da circa quattro giorni. Gli uomini dell'Apollo stanno rischiando di soffocare per le emissioni da loro stessi prodotte. Il problema non è più la scarsità di energia, ma l'accumulo di anidride carbonica (da Pietro Menna, 2003).

Tornando sulla Terra, possiamo ben dire che il nostro pianeta stia vivendo una situazione simile; assistiamo, infatti, al continuo aumento della concentrazione di anidride carbonica in atmosfera che sta causando un riscaldamento globale ormai comprovato da evidenze scientifiche e attribuibile in buona parte all'attività umana che, attraverso l'utilizzo dei combustibili fossili e la deforestazione, libera ogni anno in atmosfera ingenti quantitativi del principale gas serra: l'anidride carbonica.

La soluzione del problema è complessa, gli sforzi della comunità internazionale per la protezione delle foreste attraverso la diminuzione della deforestazione e del degrado forestale, costituiscono un tassello indispensabile per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, insieme alla protezione della biodiversità forestale, quale salvaguardia della stabilità degli ecosistemi forestali e relativi *stock* di Carbonio.

Introduzione

Premessa

Le foreste contribuiscono per il 66-78% del serbatoi (*sink*) di Carbonio terrestre, di cui il 70% è accumulato nel suolo (Dixon R.K., 1994; Schimel, 1995). Le sole foreste tropicali, contengono almeno la metà della biodiversità globale (Malhi 2013) e rappresentano il più grande *sink* di carbonio terrestre. D'altra parte, la deforestazione e degrado forestale sono responsabili del 12% del totale delle emissioni antropiche di gas serra a scala globale (Van der Werf et al 2009).

La conservazione e gestione delle foreste gioca, pertanto, un ruolo importante nelle politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici. Nell'ultimo decennio, il ruolo delle foreste nel negoziato internazionale sui cambiamenti climatici è divenuto centrale, e nel 2007 le Parti della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) inseriscono nel Bali Action Plan, la *roadmap* che avrebbe dovuto traghettare verso il nuovo accordo sul clima, un meccanismo di incentivazione attività di Riduzione delle Emissioni dovute a Deforestazione (*Reducing Emission from Deforestation - RED*) nei Paesi in via di sviluppo (PVS). L'iniziativa è stata accolta positivamente, non solo dai potenziali Paesi beneficiari, ma anche da molti Paesi industrializzati (i futuri donatori), dal mondo scientifico e dalle organizzazioni non governative (ONG), tutti attratti dalla prospettiva di una significativa riduzione delle emissioni e, allo stesso tempo, dalle notevoli nuove risorse finanziarie aggiuntive che sarebbero state messe a disposizione per la protezione delle foreste. Con il tempo, l'iniziale proposta RED si estende, al degrado forestale (REDD), la gestione sostenibile delle foreste e l'aumento degli *stock* forestali di Carbonio (REDD+). Questo cambio d'indirizzo del meccanismo che si estende anche all'incentivazione d'interventi su aree prive di copertura forestale, tramite attività di riforestazione e rimboschimento, ha suscitato preoccupazioni relative al modo con cui la biodiversità forestale è inclusa nel quadro negoziale del REDD+, così come ai rischi associati a un programma di incentivi focalizzato esclusivamente su *carbon benefits*.

Le motivazioni della tesi e il valore aggiunto dell'esperienza negoziale

Anni di partecipazione personale al negoziato internazionale della UNFCCC hanno maturato in me la convinzione che nel caso del REDD+ non si desse la dovuta importanza al ruolo che la biodiversità forestale riveste nella mitigazione e adattamento dei cambiamenti climatici.

Le decisioni che negli anni si sono susseguite, per certi aspetti una sorta di compromesso al ribasso sul tema della biodiversità, hanno confermato sempre più tale convinzione. Essa è stata di fatto marginalizzata e considerata solo in riferimento ai benefici aggiuntivi di carattere ambientale e sociale, non legati allo stoccaggio del carbonio, che la biodiversità genera.

Da qui nasce l'idea di incentrare una tesi di dottorato che coniugasse da una parte l'analisi del negoziato dal punto di vista di una prospettiva "ecologica", ovvero in termini di rischi per la biodiversità forestale legati alla fase di attuazione del REDD+, con un caso studio reale in foreste tropicali del Ghana, paese già in fase avanzata nell'implementazione del programma REDD+, per esplorare le relazioni tra biodiversità forestale e capacità di sequestro del carbonio.

Lo studio ha beneficiato della partecipazione, come membro della Delegazione Governativa italiana, a tutte le Conferenze delle Parti (COP) a partire dalla COP 18 di Doha (dicembre 2012) fino all'ultima, la COP 22 tenutasi a Marrakesh nello scorso mese di novembre 2016, oltre a tutte le sessioni inter-sessionali, ai *workshop* e gli incontri informali. In particolare, il confronto con esperti REDD+ di vari Governi, sia di *Paesi* industrializzati che di *Paesi* in via di sviluppo e, soprattutto, attraverso continui scambi, con gli altri colleghi rappresentanti gli Stati Membri dell'Unione europea. Inoltre, hanno contribuito alla presente analisi due esperienze formative all'estero:

- *"Visiting Research Fellow"* presso il *Cluster "Environment and Sustainable Development"* dell'Istituto IES (*Institute for European Studies*) dell'Università VUB di Bruxelles;
- Partecipazione al corso internazionale per dottorandi dal titolo *"Multidisciplinary Perspective on REDD+"*, organizzato dalla *SUM Research School* e il *Norwegian REDD Research Network* di Oslo.

Quesiti generali e obiettivi specifici della ricerca

L'obiettivo generale della tesi è verificare se le decisioni UNFCCC REDD+ prendano in debita considerazione il contributo di mitigazione della biodiversità forestale nell'ambito del programma REDD+, nonché contribuire a chiarire se la biodiversità forestale è legata allo stoccaggio del carbonio ed è quindi strumentale al raggiungimento degli obiettivi a lungo termine di REDD+. I quesiti principali a cui la tesi intende rispondere, sono così formulati:

1. La biodiversità forestale può considerarsi solo un *co-benefit* (o *non-carbon benefit*) o contribuisce all'obiettivo di mitigazione dei cambiamenti climatici del REDD+?

2. Quali sono i rischi per la conservazione della biodiversità forestale legati all'attuazione del REDD+ secondo il quadro metodologico REDD+ come definito dalle decisioni UNFCCC in materia?

3. Esiste un nesso funzionale (dunque una relazione *win-win*) tra biodiversità forestale, intesa come diversità strutturale e compositiva degli ecosistemi forestali e capacità di stoccaggio di carbonio nelle foreste tropicali, le più ricche di biodiversità e al centro del meccanismo REDD+? La trasformazione di una foresta primaria in una foresta gestita, o in una piantagione con specie arboree, può comportare variazioni significative di *stock* di Carbonio e in che misure ciò può essere messo in relazione a una variazione dei livelli di diversità specifica e strutturale?

4. Come integrare il tema della biodiversità forestale nel sistema REDD+ esistente?

SEZIONE I

ANALISI DEL QUADRO METODOLOGICO REDD+: LA SUPREMAZIA DEL CARBONIO SULLA BIODIVERSITÀ

1. Stato dell'arte sui cambiamenti climatici e ruolo delle foreste nel contesto negoziale internazionale

1.1. La scienza del clima e i cambiamenti climatici

Nel secolo dei lumi, benché le discussioni di dotti e scienziati come Montesquieu, Voltaire, Hume e Kant si facciano sempre più interessanti, il clima e la sua influenza sulla società non hanno ancora una connotazione precisa.

La definizione di “clima” dei filosofi naturali ha ancora connotazioni prettamente geografiche: secondo Diderot e D'Alembert “il clima è una zona della terra compresa tra due paralleli di latitudine scelta in modo che il giorno più lungo corrispondente alle due estremità differisca di mezz'ora”. Essa comprende una versione volgare, che associa in modo rigido il clima a un certo territorio, “in virtù delle sue stagioni, della qualità della terra, o anche della gente che lo abita” (Diderot e D'Alembert in Rossi, 1997).

Nel '700 il dibattito si incentra ancora sugli schemi tracciati dagli antichi filosofi, Aristotele e Ippocrate, avallato solo dai racconti, spesso poco attendibili, degli esploratori e dei grandi viaggiatori. Secondo questa visione, il clima non ha storia: soltanto la meteorologia è variabile, mentre, il clima – legato ad una precisa *conFigurazione* geografica – è immutabile e i cicli meteorologici si avvicendano con andamento periodico, legato al moto celeste.

Nel diciannovesimo secolo la climatologia perde la sua connotazione statica e assume l'odierno significato dinamico. Il progresso scientifico porta a un'evoluzione nel concetto di clima che assume sempre più carattere di “scienza autonoma” che, in campo geofisico, è in grado di studiare le condizioni atmosferiche medie sulla superficie terrestre.

La moderna climatologia si fonda oggi sul concetto di “*sistema climatico*”, determinato dall’insieme dell’atmosfera, dell’idrosfera, della criosfera, della litosfera e della biosfera.

Secondo il quinto Rapporto di Valutazione (AR 5) sui Cambiamenti Climatici dell’IPCC – Comitato Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (*Box 1.1*) del 2014 (IPCC 2014), il clima – in senso stretto – è solitamente definito come il tempo meteorologico medio o – in maniera ancora più rigorosa – come la descrizione statistica in termini di media e variabilità di grandezze rilevanti, nel corso di un periodo di tempo che va da mesi fino a migliaia o addirittura milioni di anni.

Box 1.1 – Cos’è l’IPCC

Il Comitato Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*) viene fondato nel 1988 dall’Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO – *World Meteorological Organization*) e dal Programma delle Nazioni Unite per l’Ambiente (UNEP - *United Nations Environment Programme*), con lo scopo fornire ai decisori politici regolari valutazioni delle basi scientifiche dei cambiamenti climatici, dei loro impatti e dei rischi futuri, passando in rassegna eventuali possibilità di adattamento e misure di mitigazione.

L’IPCC non svolge una propria attività di ricerca ma fornisce ai governi una valutazione esaustiva e costantemente aggiornata delle conoscenze scientifiche, tecniche e socioeconomiche sui temi legati ai cambiamenti climatici. Le proiezioni sui cambiamenti climatici si basano su una serie di specifici scenari, dalla cui analisi, i decisori politici ricavano informazioni sulle potenziali conseguenze dei cambiamenti climatici. Seppur rilevanti per la politica (*policy-relevant*), i rapporti dell’IPCC non sono prescrittivi (*no policy-prescriptive*).

All’interno dell’IPCC collaborano tre Gruppi di Lavoro (*Working Group*) con i seguenti ruoli:

- Gruppo di Lavoro I (WGI): valuta i principi fisici di base dei cambiamenti

climatici, le osservazioni, i modelli, le attribuzioni delle cause e le proiezioni climatiche;

- Gruppo di Lavoro II (WGII): valuta gli impatti, l'adattamento ai cambiamenti climatici e la vulnerabilità;
- Gruppo di Lavoro III (WGIII): prende in considerazione la mitigazione dei cambiamenti climatici.

I tre Gruppi di Lavoro redigono il Rapporto di Sintesi (*Synthesis Report*) sulla base delle valutazioni fatte. Ad oggi sono stati prodotti cinque rapporti di valutazione, pubblicati a circa cinque anni di distanza l'uno dall'altro: nel 1990 il FAR (Primo Rapporto di Valutazione - *First Assessment Report*); nel 1996 il SAR (Secondo Rapporto di Valutazione - *Second Assessment Report*); nel 2001 il TAR (Terzo Rapporto di Valutazione - *Third Assessment Report*); nel 2007 l'AR4 (Quarto Rapporto di Valutazione - *Fourth Assessment Report*); nel 2014 l'AR5 (Quinto Rapporto di Valutazione - *Fifth Assessment Report*).

Nel corso della XXVIII sessione plenaria (aprile 2008) i Governi dei Paesi membri dell'IPCC, presero la decisione di redigere l'AR5: esso comprende una Sintesi per i Decisori Politici (*Summary for Policymakers*), una Sintesi Tecnica (*Technical Summary*), 16 capitoli, e tre Allegati (*Annexes*). Il volume è suddiviso in tre parti principali: 1) Inquadramento delle questioni; 2) *Pathways* per la mitigazione; 3) Valutazione delle politiche, istituzioni e aspetti economici.

Il rapporto valuta le possibilità di mitigazione dei cambiamenti climatici, espone chiaramente i rischi, le incertezze e le basi etiche delle politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici a livello globale, nazionale e locale, esaminando, altresì, le misure di mitigazione per tutti i principali settori e valutando gli investimenti e le questioni finanziarie. Inoltre, il volume presenta un'analisi della letteratura scientifica riguardante gli aspetti tecnico-scientifici, ambientali, economici e sociali della mitigazione dei cambiamenti climatici e i rischi e le implicazioni sociali associate alle diverse politiche globali e nazionali di mitigazione per settori rilevanti (energia, trasporti, edilizia, industria, agricoltura foreste e altri usi del suolo (*AFOLU - Agriculture, Forestry and Other Land Use*) pubblicata a partire dal 2007.

La novità di questo volume rispetto al precedente Rapporto di Valutazione (AR4) del 2007 è rappresentata dall'approfondita analisi delle politiche di mitigazione e dei finanziamenti necessari per attuarle.

Con la locuzione “cambiamento climatico” si intende, invece, un cambiamento dello stato del clima che persiste per un periodo di tempo prolungato (solitamente decenni o più), e identificabile da cambiamenti della media e/o della variabilità delle sue proprietà.

Il Cambiamento Climatico può essere dovuto a processi naturali interni, o a forzanti esterni, come le modulazioni dei cicli solari, le eruzioni vulcaniche, e i ripetuti cambiamenti antropogenici della composizione dell'atmosfera o dell'uso del suolo (IPCC, 2014).

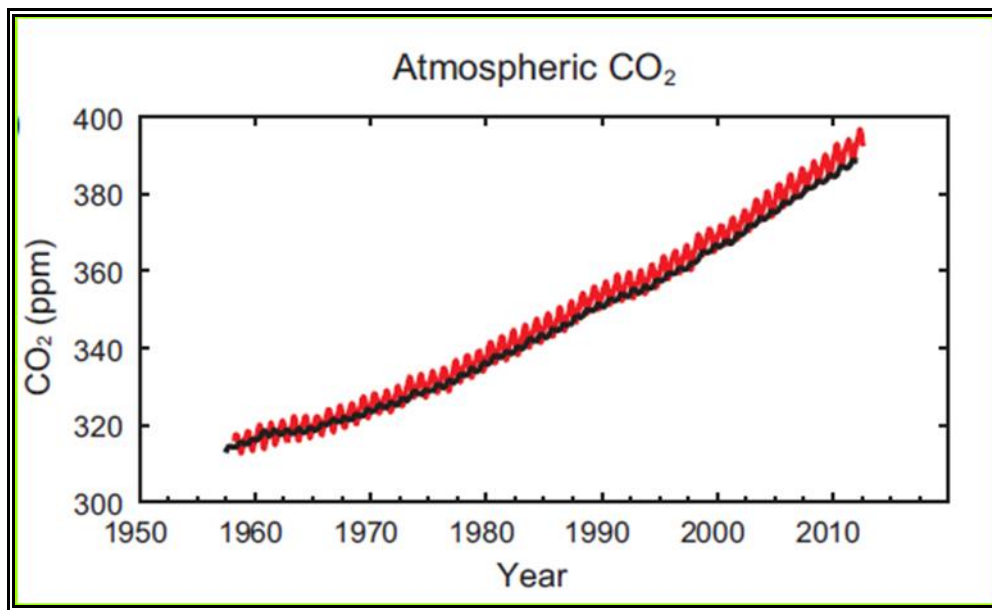
Secondo quanto riportato nell'articolo 1 della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC, 1992 – *United Nations Framework Convention on Climate Change*), il cambiamento climatico è definito come: *"un cambiamento del clima, attribuibile direttamente o indirettamente all'attività umana, che altera la composizione dell'atmosfera globale e che si somma alla variabilità climatica naturale osservata nel corso di periodi di tempo confrontabili"*. L'UNFCCC, quindi, distingue il cambiamento climatico dovuto alle attività umane che alterano la composizione dell'atmosfera, e la variabilità climatica attribuibile a cause naturali.

Tra le cause antropiche responsabili del cambiamento climatico è da annoverare, sicuramente, l'aumento di anidride carbonica nell'atmosfera terrestre. L'aumento delle concentrazioni di anidride carbonica viene misurato alla sommità del vulcano inattivo Mauna Loa, nelle isole Hawaii e sistematizzato a partire dal 1958. A partire da tale anno, i dati vengono raccolti, organizzati e pubblicati con periodicità a cura di agenzie e istituzioni scientifiche, come il *Carbon Dioxide Information Analysis Center*. La percentuale di anidride carbonica risulta in aumento, al ritmo di circa 1,5 ppm (parti per milione) ogni anno – che equivale a 3-3,5 miliardi di tonnellate di Carbonio ogni anno. Questi dati, confermati da tutta la comunità scientifica, se tabulati danno origine a una curva crescente a dente di sega, che si innalza di anno in anno (*Figura 1.1*).

Il particolare andamento a dente di sega è dovuto alle oscillazioni caratteristiche che si hanno nel corso dell'anno. Nell'arco di un anno, infatti, si osserva un temporaneo abbassamento del livello di CO₂ nella stagione primaverile dell'emisfero settentrionale, dovuto alla ripresa dell'attività fotosintetica da parte delle piante; la curva torna poi a livelli più alti nel periodo in cui le piante verdi caducifoglie perdono la chioma, le piante annuali muoiono e la decomposizione della materia organica rilascia anidride carbonica. Le stesse fluttuazioni avvengono anche nell'emisfero australe, ma il contributo portato da quest'ultimo è inferiore a quello dell'emisfero boreale, perché le terre emerse al di sotto dell'equatore sono di gran lunga meno estese.

In realtà, le emissioni di anidride carbonica esistono da molto prima dell'inizio dell'era industriale, e anche da prima dell'era dell'uomo. Gli organismi viventi emettono continuamente anidride carbonica come prodotto della respirazione. Essa svolge un ruolo primario nel ciclo naturale del Carbonio (*vedi paragrafo 1.2*), l'insieme dei processi attraverso cui questo elemento chimico passa dall'ambiente agli esseri viventi – piante, animali e microrganismi – e viceversa: le piante verdi convertono l'anidride carbonica dell'atmosfera in zuccheri attraverso la fotosintesi; gli animali si nutrono delle piante verdi per ricavare l'energia loro necessaria e restituiscono l'anidride carbonica all'ambiente come prodotto di scarto.

Figura 1.1 – Curva a dente di sega. Fonte AR5 (IPCC, 2014)



La maggior parte del Carbonio, quindi, passa continuamente dall'aria, all'acqua, agli esseri viventi e soltanto una piccola frazione presente sulla terra non prende parte al ciclo, restando magari imprigionata sotto forma di sedimenti o di vere e proprie rocce (ad esempio, marmo e calcare) negli strati più superficiali della crosta terrestre.

Il quinto rapporto di valutazione dell'IPCC riporta un aumento delle temperature fuori dalla norma e gli ultimi tre decenni sono come i più caldi a partire dal decennio del 1850. In particolare, nell'emisfero settentrionale, il periodo 1983-2012 è probabilmente il trentennio più caldo degli ultimi 1400 anni. Nel periodo 1880-2012, la temperatura superficiale media globale mostra un incremento pari a 0.85 [0.65-1.06] °C (IPCC, 2014).

Secondo l'ultimo rapporto di valutazione dell'IPCC, a livello globale, la troposfera si riscalda dalla metà del ventesimo secolo; la maggior parte del riscaldamento si è verificato fra il 1910 e il 1945 e fra il 1976 e il 2000 (molto probabilmente gli anni '90 sono stati la decade più calda, ed il 1998 l'anno più caldo del ventesimo secolo più caldo in assoluto). Sono molteplici gli eventi climatici estremi registrati a partire dal 1950: a livello globale il numero di giorni e notti freddi sembra essere diminuito, mentre quello di giorni e notti caldi sembra essere aumentato. Probabilmente la frequenza delle ondate di calore è aumentata in vaste aree dell'Europa, dell'Asia e dell'Australia.

Le precipitazioni sono aumentate in maggior misura nei continenti alle medie e alle alte latitudini dell'emisfero settentrionale, rispetto alle aree terrestri tropicali, dove si è registrato un incremento minore. Per quanto riguarda gli eventi estremi, è probabile che siano più numerose le terre emerse in cui il numero di eventi di intensa precipitazione è aumentato, di quelle in cui è diminuito. La frequenza o l'intensità degli eventi di forte precipitazione è probabilmente aumentato in Nord America e in Europa.

Secondo il quinto rapporto di valutazione dell'IPCC (2014), su scala globale, si è registrato un riscaldamento degli oceani soprattutto in prossimità della superficie fino ai 75m di profondità, con un aumento di 0.11 [0.09-0.13] °C per decennio nel periodo 1971-2010.

Nel corso degli ultimi vent'anni, le calotte glaciali di Groenlandia e Antartide hanno perso la loro massa, i ghiacciai hanno continuato a ritirarsi in quasi tutto il pianeta, mentre l'estensione del ghiaccio marino artico e la copertura nevosa primaverile nell'emisfero nord hanno continuato a diminuire in estensione.

1.2. Il ciclo del Carbonio

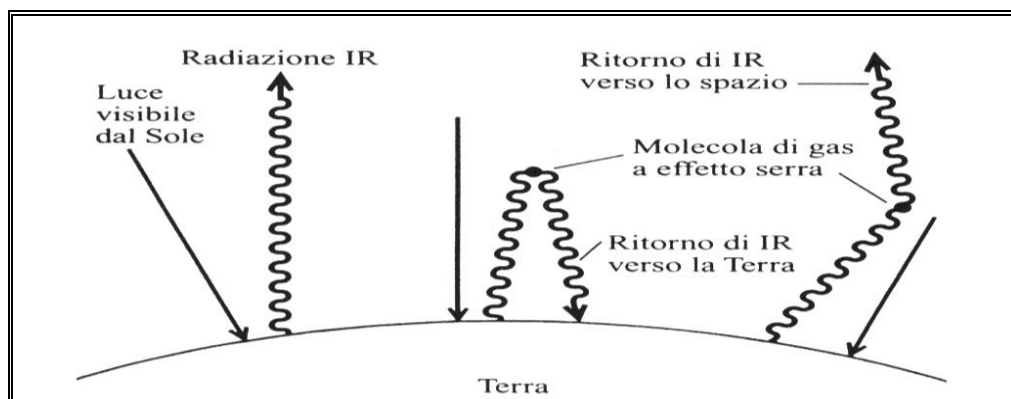
Lo scambio di Carbonio tra terra e atmosfera è un processo naturale e continuo. Esso avviene in forma ciclica sia tra l'atmosfera e le terre emerse, sia tra queste e gli oceani, praticamente in condizioni di equilibrio. Questo flusso continuo collega i tre grandi serbatoi di Carbonio: l'atmosfera, le terre emerse (biosfera) e gli oceani (idrosfera) (*Figura 1.2*). Le maggiori riserve di questo elemento si trovano nei sedimenti fossili, dove sono contenute circa 40.000 Gt¹ (1 Gt=10⁹ t) di Carbonio, di cui circa 4.000 utilizzabili come combustibile fossile. Gli oceani contengono circa 38.000 Gt, pari a circa 51 volte il contenuto dell'atmosfera. Sulle terre il maggiore serbatoio di Carbonio è costituito dal suolo, che contiene 1.500 Gt di Carbonio organico, mentre solo un terzo di questo ammontare si trova nella biomassa epigea. Il serbatoio più ridotto di Carbonio si trova, invece, nell'atmosfera, con circa 750 Gt (IPCC, 2001).

Il motore principale nel ciclo naturale del Carbonio è la fotosintesi clorofilliana, fenomeno legato alla capacità di alcuni organismi di assorbire e utilizzare l'energia solare

¹ 1 Gt=10⁹ t

per trasformare le molecole di biossido di Carbonio in molecole organiche, dando luogo, quindi, alla sintesi del glucosio e dei carboidrati. Una parte dei carboidrati è ossidata attraverso la respirazione che si manifesta maggiormente durante le ore notturne, quando la fotosintesi si arresta.

Figura 1.2 – Ciclo del Carbonio. Fonte AR4 (IPCC 2007)



Durante la respirazione viene consumato Ossigeno, questo viene sottratto all'ambiente, con la conseguente produzione di biossido di Carbonio che ritorna poi in atmosfera. Poiché la quantità di CO₂ immessa in atmosfera attraverso le foglie e le radici rappresenta solo il 30% della quantità assorbita per fotosintesi, il bilancio del ciclo registra un assorbimento netto di biossido di Carbonio.

Il Carbonio passa dall'atmosfera agli oceani mediante due lenti processi di natura chimica: nel primo processo, la CO₂ presente in atmosfera, si discioglie nelle acque formando ioni carbonato e bicarbonato; nel secondo processo, la CO₂ atmosferica degrada le rocce silicee con le quali entra in contatto, e i carbonati prodotti sono trasportati dai fiumi agli oceani.

In acqua, in presenza di calcio, lo ione carbonato forma carbonato di calcio che, a causa della sua bassa solubilità, realizza una “pompa oceanica” che rimuove la CO₂ dall'atmosfera per depositarla in forma di carbonati nei sedimenti oceanici.

Anche il fitoplancton contribuisce ampiamente alla sottrazione dell'anidride carbonica dall'atmosfera; infatti, la fotosintesi operata da questi organismi, fissa circa il 60% della CO₂ atmosferica che è stabilmente assorbita dalla superficie terrestre: l'ambiente marino rappresenta uno dei principali pozzi di assorbimento (*sink*) del biossido di Carbonio atmosferico. Gli scambi di CO₂ tra atmosfera e oceano interessano uno strato

superficiale di circa 100m di profondità (limite mediamente utile agli organismi fotosintetici per espletare la fotosintesi).

Il ciclo marino della CO_2 include l'assimilazione del fitoplancton da parte dello zooplancton e dei pesci. La decomposizione di questi organismi negli abissi oceanici restituisce anidride carbonica sotto forma di ioni carbonato e bicarbonato. Questi ioni risalgono molto lentamente attraverso i lenti movimenti di subduzione, che portano i sedimenti nella crosta terrestre dove, ad elevate pressioni e temperature, avvengono fenomeni di metamorfismo: il carbonato di calcio è riconvertito in silicato e l'anidride carbonica ritorna, quindi, in atmosfera per l'attività di vulcani e fumarole.

L'immissione della CO_2 in atmosfera, oltre che alla respirazione dei vegetali e alle attività vulcaniche, è collegata all'attività degli organismi presenti nel suolo (pedofauna) che mediano la decomposizione del materiale organico pervenuto al suolo. La pedosfera rappresenta il fulcro attorno al quale si svolge il ciclo globale del Carbonio nel comparto suolo: essa, infatti, immagazzina più Carbonio organico e inorganico di quello atmosferico e biosferico.

Purtroppo, all'immissione naturale di CO_2 in atmosfera, bisogna sommare anche la CO_2 proveniente dalle attività umane, che interferiscono con i delicati equilibri naturali del sistema climatico e contribuiscono al riscaldamento del pianeta Terra, in particolare, attraverso l'uso dei combustibili fossili e attraverso i processi di deforestazione tropicale.

1.3. L'aumento dell'effetto serra: le cause, le conseguenze e gli scenari previsti dall'IPCC

Già nel 1822, il matematico francese Fourier aveva paragonato l'atmosfera terrestre alle vetrate di una serra; più di un secolo dopo un ingegnere inglese, G.S. Callender, metteva in guardia i contemporanei sul pericolo che le incontrollate attività umane potevano avere, modificando i benefici effetti di questa serra.

In quel periodo, però, le attenzioni e le ansie del mondo erano rivolte a problemi più urgenti, più tangibili e drammatici: la seconda Guerra Mondiale. Quel monito fu quindi completamente ignorato fino agli anni settanta, quando, come afferma Camuffo (1990), finalmente, ci si accorge che il clima esercita la sua influenza e le sue variazioni

tendono a mettere in crisi la società umana e a condizionare il suo modo di vivere. In effetti, non è soltanto da tempi recenti che l'uomo avverte la sua influenza sul clima: già J. Forster, che accompagnò il capitano Cook durante la sua circumnavigazione del Pacifico (1772-1775), annotava come la deforestazione delle isole Barbados e Capo Verde avesse causato terribili siccità.

Nella colonizzazione delle Indie Orientali, gli inglesi si erano invece preoccupati di vincolare una certa estensione di “foreste riservate alla pioggia” sulle montagne più alte, vietandovi il taglio dei boschi.

Nei primissimi dell'ottocento, un agronomo inglese, J. Williams, in base ai risultati dei suoi studi sull'evapotraspirazione delle piante, evidenziò gli effetti climatici della rivoluzione agricola avvenuta nella seconda metà del settecento, come conseguenza della bonifica delle paludi, dell'introduzione di nuove specie arboree e forestali e della proliferazione delle siepi di biancospino.

Il padre della moderna climatologia, Alexander von Humboldt, chiedeva al Ministro del Commercio prussiano di operarsi per preservare le foreste del *Paese*. Egli affermava come quarant'anni di misurazioni avessero evidenziato una riduzione sistematica dei livelli idrici nei fiumi Reno, Elba e Oder, dovuti alla deforestazione delle zone montane per fare posto alle colture agricole.

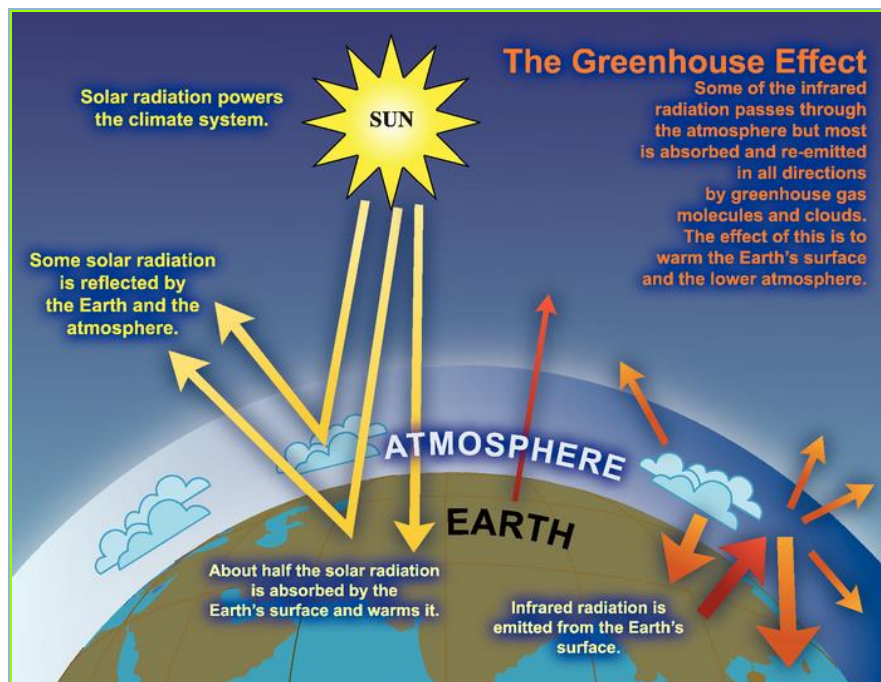
Nonostante storici e filosofi di quel periodo si fossero occupati di cambiamenti climatici, solo nei tempi moderni il problema ha iniziato a divenire una sfida globale: le azioni dell'uomo moderno contro quelle dell'uomo del passato.

L'effetto serra, condizione essenziale per la vita sulla Terra, fu spiegato scientificamente per la prima volta nel 1896 dallo scienziato svedese Svante Arrhenius (1896), come un fenomeno naturale determinato dalla capacità dell'atmosfera di trattenere, sotto forma di calore, parte dell'energia che proviene dal sole.

L'atmosfera protegge la Terra dalle radiazioni ultraviolette del sole e trattiene il calore necessario ai viventi, proprio grazie alla proprietà dei gas serra presenti. Quando la luce solare attraversa l'atmosfera e colpisce la superficie terrestre, viene in parte assorbita e in parte riflessa come radiazione infrarossa. Secondo Fourier, i gas serra assorbono

questa radiazione che determina il riscaldamento e contribuisce all'aumento della temperatura della superficie terrestre (*Figura 1.3*). Grazie a questo fenomeno la temperatura media della terra, che in assenza di questi gas avrebbe valori pari a circa -19°C e sarebbe un pianeta freddo e inospitale, si mantiene intorno ai 15°C.

Figura 1.3 - Modello idealizzato dell'effetto serra naturale. Fonte 4 (IPCC 2007)

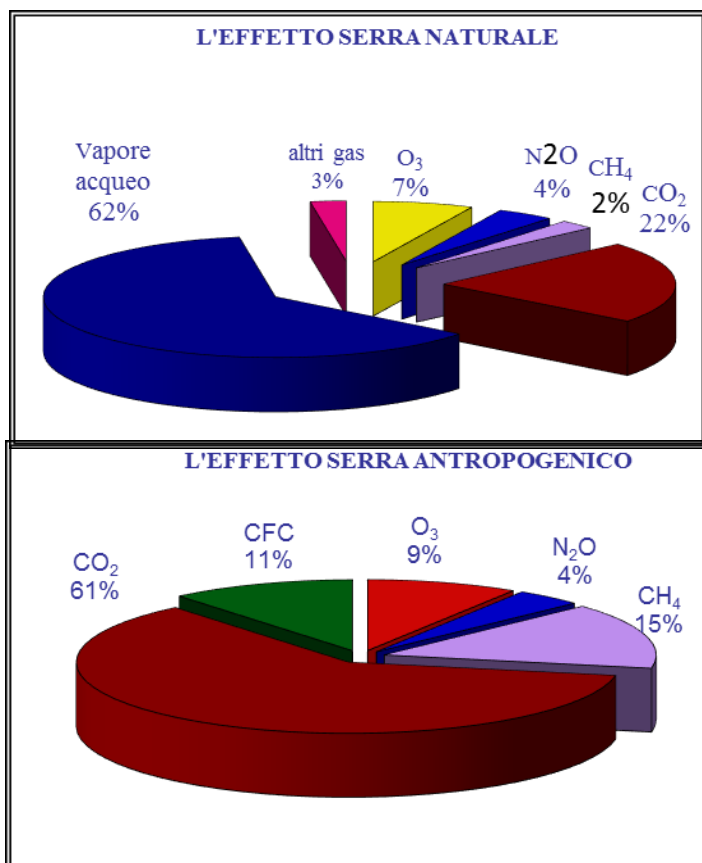


I gas maggiormente responsabili dell'effetto serra, oltre al vapore acqueo, principale gas serra naturale, sono l'anidride carbonica (CO_2), i clorofluorocarburi (CFC), il metano (CH_4), l'ossido di azoto (N_2O), e l'ozono troposferico (O_3) (*Figura 1.4*).

L'aumento in atmosfera dei gas a effetto serra altera i meccanismi dinamici del globo (circolazione generale dell'atmosfera e degli oceani) che sono alla base di tutti i fenomeni meteorologici e della loro distribuzione sulla superficie terrestre.

Per comprendere ciò bisogna, anzi tutto, fare chiarezza su alcuni aspetti di fondamentale importanza: tra cui la distribuzione dei diversi regimi climatici sul pianeta, che dipende dagli elementi del bilancio della radiazione solare nel corso dell'anno.

Figura 1.4 – Gas serra (%) maggiormente responsabili del fenomeno naturale e antropogenico (dati IPCC)



Durante l'arco di un anno, sulla superficie terrestre compresa fra i tropici, la quantità di radiazione solare ricevuta è eccedentaria rispetto a quella emessa e riflessa, mentre nella fascia compresa fra i tropici e i poli il bilancio è deficitario.

Tale naturale differenza mette in moto enormi quantità di energia che si spostano attraverso le correnti atmosferiche e quelle marine dalla fascia tropicale a quella delle regioni temperate e polari.

Anche un cambiamento apparentemente piccolo della temperatura media di un ampio sistema come l'intera superficie del pianeta, se sostenuto per diversi anni, può

causare cambiamenti sostanziali nelle dinamiche dei trasferimenti di calore tra oceani, terre emerse e atmosfera.

In condizioni normali, quando la temperatura globale è stabile, l'atmosfera restituisce allo spazio tutta l'energia termica ricevuta dal Sole; se ciò non avvenisse, la quantità totale di calore trattenuta dall'aria continuerebbe ad aumentare, e con essa la temperatura del globo. Considerato lo spessore dell'atmosfera e la sua struttura a strati, il calore passa piuttosto lentamente dai livelli inferiori a quelli superiori.

Anche quando la temperatura globale è stabile il trasferimento di calore avviene con un certo ritardo, che comporta un naturale surriscaldamento della superficie terrestre.

Tra i gas serra responsabili del fenomeno, il maggiore imputato è l'anidride carbonica, componente essenziale del ciclo naturale del Carbonio (*Figura 1.2*) e principale prodotto della combustione del petrolio e del carbone (*vedi paragrafo 1.1.2*), poiché dotata di una lunghissima vita media. I gas serra, infatti, prima di scomporsi, rimangono in atmosfera per tempi diversi. Ad esempio, il metano ha una vita media di circa un decennio, il diossido di azoto può persistere per più di un secolo e l'anidride carbonica per circa 2 secoli. E' per tale motivo che anche un'attenta politica globale volta alla drastica riduzione delle emissioni di anidride carbonica, vedrebbe i suoi risultati solo dopo vari decenni e l'assenza di intervento avrebbe conseguenze difficili da recuperare.

E' certo che le conseguenze più rilevanti dei cambiamenti climatici riguardano i sistemi naturali (in particolare gli ecosistemi terrestri e acquatici) e i sistemi antropici come l'agricoltura, le risorse idriche, l'ambiente marino-costiero, la salute umana.

I vegetali sono molto sensibili ai cambiamenti climatici, perché molte specie sono caratterizzate da nicchie ecologiche con ambiti di tolleranza molto ristretti rispetto alla temperatura (*i.e.* specie stenovalenti): un aumento di qualche grado potrebbe essere sufficiente a eliminare molte specie che dovrebbero migrare o soccombere. Alcuni ecosistemi potrebbero non raggiungere un equilibrio con le mutate condizioni climatiche e andare incontro a fenomeni di estinzione di massa come si è verificato in passato e come pare essere avvenuto per i dinosauri.

Durante le fluttuazioni tra ere glaciali e interglaciali, la maggior parte delle specie è sopravvissuta perché è riuscita a spostarsi verso zone con condizioni più favorevoli, ma oggi le profonde trasformazioni apportate dall'uomo all'ambiente limitano il numero di habitat disponibili.

Secondo quanto riportato nell'AR5, il quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (IPCC, 2014), che ha esaminato i diversi scenari futuri riguardanti le variazioni delle emissioni di gas serra, le conseguenze dell'aumento dell'effetto serra non sarebbero rassicuranti. Sempre secondo l'IPCC (2014), nel prossimo futuro, a seguito dei Cambiamenti Climatici, possiamo aspettarci conseguenze, quali: aumento della temperatura del pianeta, variazioni nel ciclo idrologico, diminuzione dei ghiacciai, crescita del livello del mare e aumento nella frequenza e nell'intensità di eventi climatici estremi.

È più che probabile che la temperatura superficiale globale superi l'aumento di 1,5°C, entro la fine del XXI° Secolo, rispetto al periodo 1850-1900. Sulla maggior parte delle terre emerse su scale temporali giornaliere e stagionali, saranno più frequenti eventi estremi caldi di temperatura rispetto agli estremi freddi, che in inverno saranno occasionali. È molto probabile che le ondate di calore avverranno con una frequenza e una durata via via maggiore.

L'aumento delle temperature nel corso del XXI° secolo avrà delle conseguenze importanti sul ciclo idrologico a livello globale. Il contrasto e le differenze nelle precipitazioni tra le regioni umide e secche, nonché tra le stagioni umide e secche aumenteranno, anche se potrebbero verificarsi eccezioni a livello regionale.

Alla fine del XXI° secolo, le regioni alle alte latitudini e l'Oceano Pacifico equatoriale registreranno probabilmente un aumento delle precipitazioni medie annuali; in molte regioni secche alle medie latitudini e dell'area sub-tropicale, le precipitazioni medie, invece, verosimilmente decresceranno, mentre in molte regioni umide alle medie latitudini, le precipitazioni medie probabilmente aumenteranno. Gli eventi estremi di precipitazione saranno molto probabilmente più intensi e più frequenti sulla maggior parte delle aree terrestri alle medie latitudini e delle regioni umide tropicali.

Nel corso del XXI° secolo, sempre secondo il quinto Rapporto di valutazione dell'IPCC (2014) a livello globale è probabile che i venti monsonici saranno più deboli, e

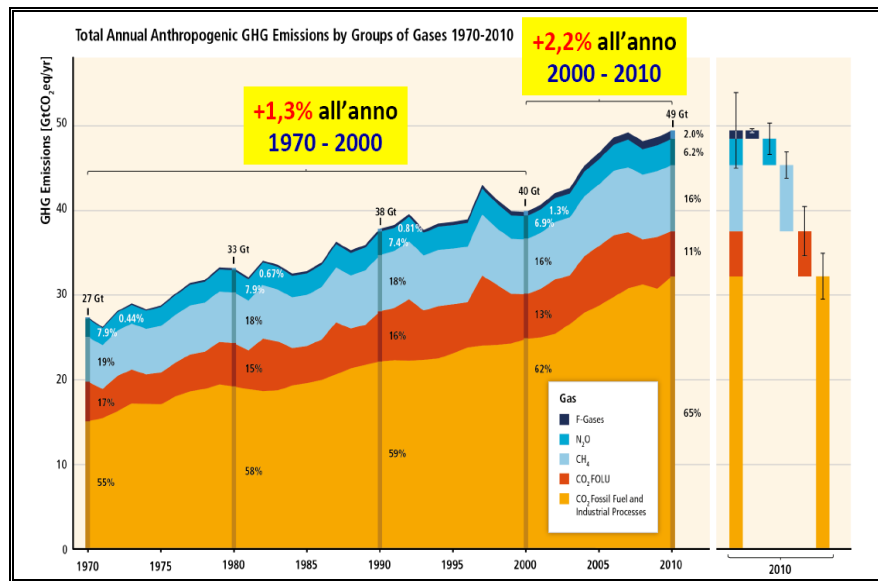
le precipitazioni monsoniche probabilmente si intensificheranno per effetto dell'aumento dell'umidità atmosferica. È probabile che in molte regioni si registrerà il protrarsi della stagione monsonica.

L'aumento delle temperature nel corso del XXI° secolo porterebbe a un parziale scioglimento dei ghiacciai e del *permafrost*, oltre che ad una diminuzione della copertura nevosa invernale in vaste aree del pianeta. Secondo le valutazioni IPCC (2014), è molto probabile che la copertura di ghiaccio marino artico continui a ridursi e ad assottigliarsi, e che la copertura nevosa in primavera dell'emisfero settentrionale diminuisca. Il volume globale dei ghiacciai diminuirà ulteriormente. Lo scioglimento dei ghiacciai e del *permafrost* porterà all'innalzamento del livello medio del mare che supererà quello osservato nel periodo 1971-2010.

Limitare gli effetti dei cambiamenti climatici attraverso la mitigazione può contribuire allo sviluppo sostenibile, all'equità e all'eliminazione della povertà. Nonostante le misure di riduzione già attuate in vari *Paesi*, le emissioni di gas serra hanno continuato a crescere, in particolare con un incremento negli ultimi anni. Le emissioni di gas serra, si legge nel quinto rapporto IPCC, sono oggi a livelli mai raggiunti prima e nel decennio che si è chiuso nel 2010 la crescita delle emissioni è stata più rapida che nei tre decenni precedenti.

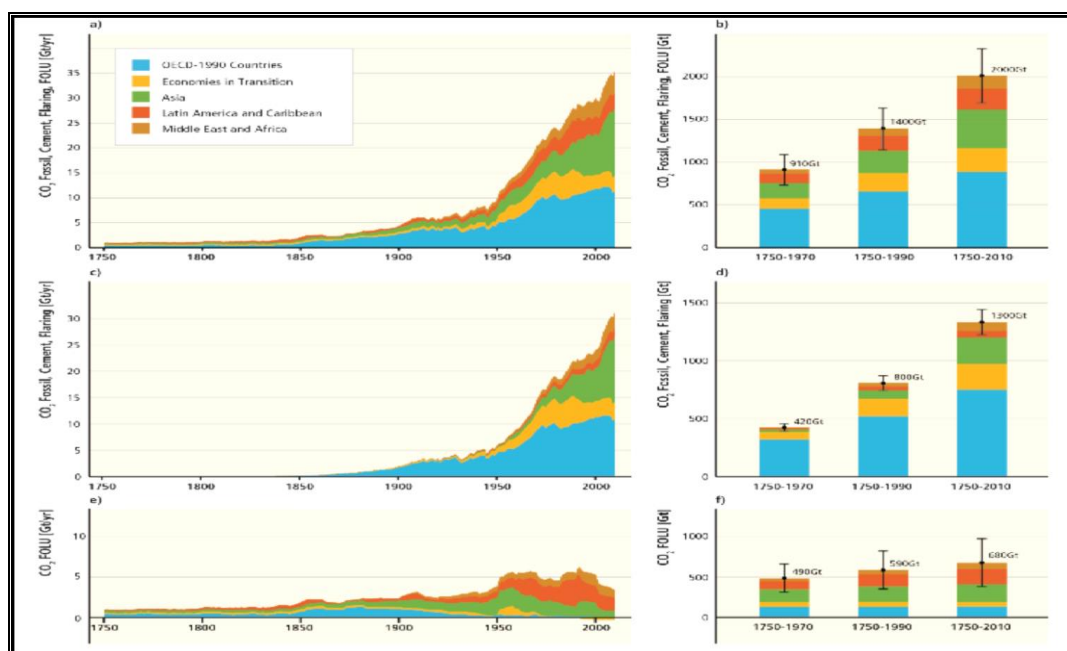
Le emissioni annuali di gas serra sono cresciute in media di 1 GtCO_{2eq} (2.2%) per anno dal 2000 al 2010, un aumento rispetto alla crescita annuale di 0.4 GtCO_{2eq} (1.3%) per anno dal 1970 al 2000 (*Figura 1.5*). Le emissioni antropogeniche totali di gas serra hanno raggiunto il livello più alto nella storia umana con 49 GtCO_{2eq}/anno nel 2010. Circa metà delle emissioni antropogeniche cumulative di CO₂ nel periodo 1750-2010 è avvenuta negli ultimi 40 anni e la crisi economica globale del 2007/2008 ha provocato solo una temporanea riduzione delle emissioni.

Figura 1.5 - Emissioni di gas serra antropogenici dal 1970 al 2010.
Fonte AR5 (IPCC, 2014) modificata.



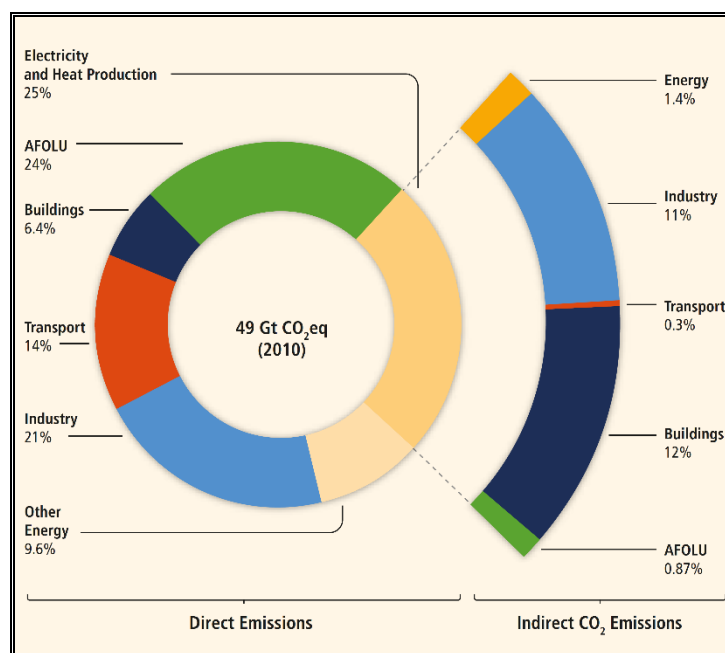
L'incremento dell'uso del carbone ha contribuito a questa crescita. Le emissioni di CO₂ da combustibili fossili e processi industriali rappresentano circa il 78% delle emissioni totali di gas serra nel periodo 1970-2010. Dal 1750 al 1970 le emissioni cumulative (da combustibili fossili, produzione di cemento e *flaring*) sono state pari a 420±35 GtCO₂. Nel 2010, queste emissioni cumulative sono triplicate e hanno raggiunto i 1300 ±110 GtCO₂. Dal 1750 le emissioni cumulative di CO₂ da foreste e uso del suolo (FOLU – *Forestry and Other Land Use*) sono aumentate: da 490±180 GtCO₂ nel 1970 a 680±300 GtCO₂ nel 2010 (Figura 1.6).

Figura 1.6 - Emissioni di CO₂ di origine antropica proveniente dall'uso dei combustibili fossili, dal *flaring*, dalla produzione del cemento, dalla silvicoltura e da altro uso della terra (FOLU), dal 1750 al 2010. Fonte AR5 (IPCC, 2014).



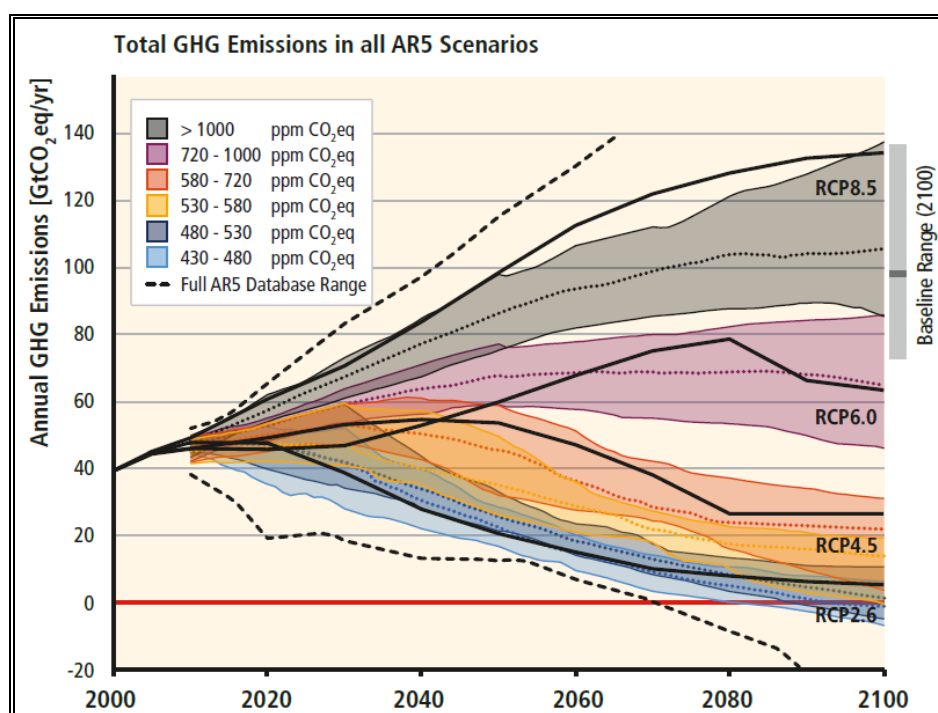
Secondo l'ultimo Rapporto di valutazione dell'IPCC (2014), le emissioni antropogeniche annuali di gas serra sono aumentate di 10 GtCO_{2eq} nel periodo 2000-2010 con i seguenti contributi dai diversi settori: fornitura di energia (47%), industria (30%), trasporto (11%), edilizia (3%). Dal 2000, infatti, le emissioni di gas serra sono aumentate in tutti i settori, ad eccezione di quello dell'agricoltura, foreste e altri usi del suolo (AFOLU). Nel 2010 il totale di 49 (±4.5) GtCO_{2eq} emesse in atmosfera era così suddiviso: 35% (17 GtCO_{2eq}) dal settore della fornitura di energia, 24% (12 GtCO_{2eq}, emissioni nette) dal settore AFOLU, 21% (10 GtCO_{2eq}) dal settore industriale, 14% (7,0 GtCO_{2eq}) da quello dei trasporti, e 6.4% (3,2 GtCO_{2eq}) dall'edilizia (Figura 1.7).

Figura 1.7 - Contributo dei diversi settori all'aumento di CO₂ dal 2000 al 2010. Fonte AR5 (IPCC, 2014)



Gli scenari delineati dall'IPCC (*Figura 1.8*) mostrano che la via per limitare l'aumento della temperatura del Pianeta entro i 2°C richiede un taglio molto importante delle emissioni e più ritardiamo le politiche di mitigazione, maggiori dovranno essere gli sforzi e i costi della riduzione delle emissioni.

Figura 1.8 - Scenari futuri delineati dall'IPCC. Fonte AR5 (IPCC 2014)



Le politiche climatiche al fine di soddisfare l'obiettivo dei 2°C (mantenere l'aumento della temperatura media globale al di sotto della soglia di +2°C rispetto ai livelli preindustriali, che significa mantenere l'aumento di circa poco più di 1°C rispetto ai livelli attuali), richiederanno riduzioni sostanziali delle emissioni di gas serra da attuarsi entro il 2050 e emissioni nulle di gas serra entro la fine di questo secolo al fine di giungere ad una società, cosiddetta, “*carbon-free*”.

1.4. Dalla prima Conferenza Mondiale sul Clima di Ginevra (1979) alla COP-22 di Marrakech (2016), passando per Kyoto e Parigi

Consapevoli che gli attuali modelli di consumo, nonostante gli incrementi di efficienza consentiti dalle nuove tecnologie, sono in conflitto con le capacità dell'ecosistema terrestre di sopportare impatti ambientali e prelievi indiscriminati delle risorse disponibili, come segno di una piena presa di coscienza della necessità di attuare interventi concreti, a Kyoto, nel 1997, venne stilato un protocollo con obiettivi precisi e vincolanti.

Il complesso dibattito internazionale sui temi dei cambiamenti ambientali, comunque, vanta una storia decennale che ha inizio nel febbraio del 1979, a Ginevra, con

la prima Conferenza Mondiale sul Clima, coordinata dalla *World Meteorological Organization* (WMO). Il quadro delle politiche internazionali sui cambiamenti ambientali, da allora, è divenuto molto articolato e molti sono stati gli obiettivi e le strategie proposte nel corso dei vari decenni dagli esperti in materia di ambiente. In *Tabella 1.1* è ricostruito un quadro sinottico dell'evoluzione storica, dal 1979 a oggi, delle politiche internazionali in materia di contenimento dell'effetto serra. Di seguito sono commentati i passaggi più rilevanti di questo percorso.

Tabella 1.1 – Quadro sinottico delle politiche internazionali attuate per il contenimento dell'effetto serra

ANNO	Sede	ORGANO	OBIETTIVI/RISULTATI
1979	Ginevra (Svizzera)	Prima Conferenza Mondiale sul Clima coordinata dalla WMO – (<i>World Meteorological Organization</i>)	Prevedere e prevenire potenziali cambiamenti del clima ad opera dell'uomo che possano contrastare con il benessere dell'umanità.
1987	Montreal (Canada)	Protocollo di Montreal	Viene adottato il principio delle responsabilità comuni ma differenziate: condivisione fra i vari stati dei doveri derivanti dall'emissione di sostanze inquinanti ma con impegni diversificati per ciascuno a seconda dei diversi ruoli giocati.
1988		Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPPC- <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>) costituito dal WMO e dall'UNEP (<i>United Nations Environment Programme</i> – Programma Ambientale delle Nazioni Unite)	L'IPCC deve valutare: 1. lo stato delle conoscenze scientifiche sui problemi dei cambiamenti climatici; 2. i possibili impatti ambientali e socio-economici di eventuali variazioni climatiche; 3. le potenziali strategie di prevenzione, limitazione e adattamento alle variazioni del clima.
1990	Ginevra (Svizzera)	L'Assemblea Generale delle Nazioni Unite crea l'INC (<i>Intergovernmental Negotiating Committee</i> – Comitato Intergovernativo di Negoziazione).	Seconda Conferenza Generale sul Clima. Stilato il I Rapporto di Valutazione dell'IPCC e firmata una dichiarazione d'intesa fra 137 Stati (oltre all'Unione Europea) su alcuni principi, tra cui il riconoscimento del Cambiamento Climatico, inteso come "problema comune dell'umanità".
1992	Rio de Janeiro (Brasile)	Dalla Conferenza di Rio prende origine la Conferenza delle Parti (COP), suo organo supremo, formato da tutti gli Stati che hanno ratificato il documento (si riunisce ogni anno).	I governi adottano la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) presentata a New York a Maggio e aperta alle firme a Rio nel mese di Giugno. Entra in vigore nel 1994. L'obiettivo principale è stabilizzare le concentrazioni di gas serra nell'atmosfera a livello tale che escluda qualsiasi pericolosa interferenza delle attività umane sul sistema

			climatico. Si affrontano anche altre questioni: Sviluppo sostenibile Agenda 21, Convenzione sulla Biodiversità.
1995	Berlino (Germania)	L'organo INC si scioglie e lascia pieni poteri alla COP. COP-1. Mandato di Berlino	Si chiedono vincoli più incisivi da parte dei <i>Paesi</i> industrializzati per il raggiungimento degli obiettivi comuni.
1996	Ginevra (Svizzera)	COP-2. II Rapporto di Valutazione	Si evidenziano chiare influenze delle attività umane sul cambiamento climatico e la possibilità di adottare strategie efficaci per contrastare gli effetti.
1997	Kyoto (Giappone)	COP-3. Protocollo di Kyoto	Riduzione CO ₂ del 5,2% entro il periodo 2008-2012 rispetto al 1990.
1998	Buenos Aires (Argentina)	COP-4. <i>Buenos Aires Action Plan</i>	Piano di Azione: termine di 2 anni per consolidare l'attuazione della Convenzione e preparare l'entrata in vigore del protocollo di Kyoto. La COP affronta questioni relative ai cambiamenti nell'uso dei suoli e alle foreste; precisa che le quote di riduzione di emissioni assegnate ai <i>Paesi</i> possono essere modificate sulla base di attività di forestazione e riforestazione a partire dal 1990.
1999	Bonn (Germania)	COP-5. Linee guida per le revisioni tecniche degli inventari dei gas serra	Si delineano meglio l'inclusione dei progetti forestali nel CDM (<i>Clean Development Mechanism</i>).
2000	L'Aia (Olanda)	COP-6. Non viene raggiunto nessun accordo	Nonostante alcuni accordi preliminari tra gli USA e alcuni Stati europei, in particolare il Regno Unito, l'Unione Europea, guidata da Danimarca e Germania, rifiutò le posizioni di compromesso, e le discussioni in corso collassarono. Jan Pronk, il Presidente della COP-6, sospese i lavori senza giungere ad accordi, aspettando che le negoziazioni potessero riprendere. Fu quindi annunciato che gli incontri della COP-6, con la denominazione di "COP-6 bis, sarebbero ricominciati a Bonn.
Luglio 2001	Bonn (Germania)	COP-6bis. Adottato il documento di attuazione del Piano di Azione di Buenos Aires.	La delegazione statunitense a questo meeting declinò la sua partecipazione ai negoziati relativi al Protocollo, e scelse di agire come osservatrice all'incontro. Mentre le altre parti negoziavano le questioni chiave, venne raggiunto l'accordo su: Meccanismi flessibili, Credito per l'abbattimento del Carbonio, Finanziamenti per fornire assistenza per i bisogni associati ai cambiamenti climatici.

Ottobre- Novembre 2001	Marrakech (Marocco)	COP-7. Rapporto <i>“The Elaboration of Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry for the Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.”</i> Accordi di Marrakesh	Vengono convalidati gli accordi programmatici presi a Bonn; si ridefiniscono i termini di <i>“sink”</i>, forestazione, riforestazione. Non vengono posti limiti sulla quantità di crediti ottenibili con l’art. 3.3 del Protocollo. Si discute della gestione delle superfici forestali, della rivegetazione, della gestione dei suoli agricoli, della gestione dei prati e dei pascoli, ecc. Le principali decisioni del COP-7 comprendevano: Regole operative per il commercio internazionale delle emissioni tra le parti del protocollo, per il CDM e per l’implementazione congiunta; Un regime di conformità che delinei le conseguenze del mancato rispetto degli obiettivi, ma demands alle parti del protocollo, una volta entrato in vigore, di decidere se queste conseguenze sono vincolanti dal punto di vista legale; Procedure di contabilizzazione per i meccanismi di flessibilità; Una decisione per considerare al COP-8 come ottenere una revisione dell’adeguatezza degli impegni che possa spingere verso una discussione sugli impegni dei futuri <i>Paesi</i> in via di sviluppo.
2002	Nuova Delhi (India)	COP-8. <i>“New Delhi Declaration”</i>	Il documento sottolinea la priorità dello sviluppo sostenibile e l’urgenza di radicare la povertà nei <i>Paesi</i> in via di sviluppo; si ribadisce la comune ma differenziata responsabilità tra <i>Paesi</i> del mondo nelle misure da adottare per la riduzione delle emissioni nocive. La Conferenza rende operativo il CDM (<i>Clean Development Mechanism</i>).
2003	Milano	COP-9. Adozione delle modalità e delle procedure per la realizzazione dei progetti del CDM di afforestazione e riforestazione.	Si riconosce l’importanza dei progetti sui <i>sinks</i> che potranno avere un impatto significativo sull’ambiente e sulle realtà socio-economiche dei <i>Paesi</i> nei quali verranno sviluppati
2004	Buenos Aires	COP-10. Adozione delle modalità e delle procedure semplificate per la realizzazione di progetti CDM di afforestazione e riforestazione di piccola scala.	
2005	Montreal (Canada)	COP-11. Adozione formale delle regole operative del Protocollo di Kyoto (Accordi di Marrakesh)	Primo incontro delle Parti (COP/MOP-1) che hanno ratificato il Protocollo di Kyoto. L’argomento principale è la riduzione drastica delle emissioni di <i>CFC</i> (clorofluorocarburi)

		<i>CMP-1</i> Prima riunione organi protocollo di Kyoto	che provocano il "buco dell'ozono". E' introdotto anche il tema della riduzione delle emissioni di CO ₂ da deforestazione nei <i>Paesi</i> in via di sviluppo.
2006	Nairobi (Kenia)	COP-12. Si tenta di stabilire nuovi obiettivi specifici di riduzione per il periodo post-2012 (2013-2018).	Maggiore coinvolgimento degli stati africani nei progetti <i>Clean Development Mechanism</i> (CDM) e sulla possibilità di rendere eleggibili come progetti CDM i progetti di cattura e sequestro del Carbonio (CCS – <i>Carbon Capture and Storage</i>). La Conferenza è stata un passo in avanti anche verso la
2007	Bali (Indonesia)	COP-13. (<i>Bali Action Plan</i>)	E' incentivato un meccanismo per la riduzione delle emissioni da deforestazione e degrado forestale e la conservazione e aumento degli <i>stock</i> forestali di Carbonio e la gestione sostenibile delle foreste nei <i>Paesi</i> in via di sviluppo (REDD+).
2008	Poznan (Polonia)	COP-14.	Si raggiungono accordi sui principi per il finanziamento di un fondo per aiutare le nazioni più povere per far fronte alle conseguenze del cambiamento climatico.
2009	Copenaghen (Danimarca)	COP-15. Copenhagen Accord (non adottato formalmente dalla COP)	Si stabilisce l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale a +2°C (rispetto all'era pre-industriale) e la necessità di un impegno comune seppure differenziato tra <i>Paesi</i> più sviluppati e <i>Paesi</i> meno avanzati.
2010	Cancun (Messico)	COP-16. <i>Cancun Agreements Green Climate Funded Technology Mechanism</i>	Si mettono a punto gli strumenti operativi per raggiungere l'obiettivo, ovvero il <i>Green Climate Funded</i> il Technology Mechanism.
2011	Durban (Sud Africa)	COP-17. Creazione ADP, lancio formale negoziato per il regime post-2020	Si prospetta un regime "pledge and review", ossia di impegni non vincolanti ma volontari, da verificare collettivamente
2012	Doha (Qatar)	COP-18. <i>Doha Climate Gateway Kyoto Protocol Amendment</i>	
2013	Varsavia (Polonia)	COP-19. REDD+ Warsaw Framework <i>Loss and Damage – WIM</i> <i>Accordo sul concetto di INDC</i>	A Varsavia il processo decisionale ha fatto deboli e insufficienti passi avanti. I pochi risultati raggiunti hanno riguardato: 1. Adozione del pacchetto metodologico per il REDD+ 2. <i>Loss and damage</i> : definisce le perdite e i danni associati agli impatti del cambiamento climatico nei <i>Paesi</i> in via di sviluppo.
2014	Lima (Perù)	COP-20. <i>Lima Call for Climate Action Loss and Damage</i>	Il <i>Lima Call for Climate Action</i> riafferma il principio di responsabilità comune ma differenziata, introdotto già nella Convenzione UNFCCC del 1992, con il <i>Loss</i>

		Elementi per una bozza di testo negoziale	<i>and Damage</i> i <i>Paesi</i> in via di sviluppo particolarmente vulnerabili alle conseguenze dei cambiamenti climatici, potranno ricevere delle compensazioni per le calamità naturali legate al clima che sono ormai inevitabili. Viene stilato anche il documento “Elementi per una bozza di testo negoziale”, che contiene le basi del futuro trattato di Parigi. Vengono, inoltre, stanziati finanziamenti per un totale di 10,14 miliardi di dollari al <i>Green Climate Fund (GCF)</i>, di cui 3 dagli Stati Uniti e circa uno da Francia, Gran Bretagna e Germania; l'Italia contribuirà con 313 milioni di dollari (250 milioni di Euro).
.2015	Parigi (Francia)	COP2-21 Accordo di Parigi Decisione 1/CP.21	I principali elementi del nuovo accordo di Parigi: 1. Obiettivo a lungo termine: i governi hanno convenuto di mantenere l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto di 2°C in più rispetto ai livelli preindustriali e di proseguire gli sforzi per limitarlo a 1,5°C. 2. Contributi: prima e durante la conferenza di Parigi i <i>Paesi</i> hanno presentato piani d'azione nazionali globali in materia di clima finalizzati a ridurre le rispettive emissioni. 3. Ambizione: i governi hanno deciso di comunicare ogni cinque anni i propri contributi per fissare obiettivi più ambiziosi. 4. Trasparenza: hanno accettato inoltre di comunicare - l'un l'altro e al pubblico - i risultati raggiunti nell'attuazione dei rispettivi obiettivi al fine di garantire trasparenza e controllo. 5. Solidarietà: l'UE e gli altri <i>Paesi</i> sviluppati continueranno a fornire finanziamenti per il clima ai <i>Paesi</i> in via di sviluppo per aiutarli sia a ridurre le emissioni che a diventare più resilienti agli effetti dei cambiamenti climatici.
2016	Marrakech (Marocco)	COP-22.	

Il 1988 segna la nascita del Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC), fondato dal WMO e dal Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP – *United Nations Environment Programme*), che si occupa di valutare: lo stato delle conoscenze scientifiche sui problemi dei cambiamenti climatici, i possibili impatti ambientali e socio-economici di eventuali

variazioni climatiche e le potenziali strategie di prevenzione, limitazione e adattamento alle variazioni del clima (*Box 1.1*).

Nel 1992 viene istituita la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), con la quale 154 nazioni si sono impegnate ad affrontare il problema attraverso una riduzione delle loro emissioni. Dalla UNFCCC, prende origine la Conferenza delle Parti (COP), l'organo supremo che si riunisce con cadenza annuale per monitorare gli impegni presi e migliorare le azioni volte a fronteggiare i cambiamenti climatici. Le decisioni assunte dalla COP annualmente rappresentano la base giuridica per l'attuazione effettiva della Convenzione.

Il carattere non vincolante dell'UNFCCC, però, non consente di incidere adeguatamente sul problema dei cambiamenti climatici ed è per queste ragioni che nel 1997 durante la COP 3 che si è svolta a Kyoto, venne stilato un documento fondamentale: il Protocollo di Kyoto.

Il Protocollo di Kyoto è lo strumento operativo legalmente vincolante dell'UNFCCC. Con questo trattato i *Paesi dell'Annex I* del Protocollo (*Box n. 1.1*) si impegnano a ridurre complessivamente, le principali emissioni di gas capaci di alterare l'effetto serra naturale del nostro pianeta, del 5,2%, rispetto al 1990, nel periodo compreso fra il 2008 ed il 2012 (*First Commitment Period*).

Box n. 1.2 – I Paesi dell'Annex I, II, III del Protocollo di Kyoto (Fonte UNFCCC)

Le nazioni o parti coinvolte nell'UNFCCC, sono distinte in 3 gruppi sulla base delle specifiche caratteristiche di sviluppo economico e del conseguente diverso impatto ambientale dovuto alle loro emissioni:

I **Paesi dell'Annesso I** (*Annex I Parties*), sono i *Paesi* industrializzati, membri dell'Organizzazione per la Cooperazione Economica e lo Sviluppo (*Organization for Economic Co-operation and Development*, OECD) nel 1992, più i **Paesi con economie in transizione** (*Economy In Transition - EIT Parties*) che comprendono la Federazione Russa, i *Paesi* Baltici e diverse nazioni dell'Europa dell'Est. I *Paesi Annex I* si impegnano ad adottare misure e politiche nazionali finalizzate a ridurre le emissioni di gas serra ai livelli del 1990 entro l'anno 2012. Ai *Paesi* con economie in transizione è garantito un maggiore grado di flessibilità nell'implementazione dei vincoli per l'abbattimento delle emissioni; diversi *Paesi* hanno esercitato questo diritto per scegliere un anno (anno base) diverso dal 1990 come riferimento del livello di emissioni di gas serra da raggiungere.

I **Paesi dell'Annesso II** (*Annex II Parties*) sono i *Paesi Annex I* ad eccezione dei *Paesi* con economie in transizione: questo gruppo si impegna a fornire le risorse finanziarie per permettere ai *Paesi* in via di sviluppo di intraprendere azioni di riduzione delle emissioni nell'ambito della

Convenzione e ad aiutarli nel percorso di mitigazione degli effetti avversi dei cambiamenti climatici; si impegnano, inoltre, a favorire la promozione dello sviluppo e il trasferimento di tecnologie a basso impatto ambientale verso i *Paesi* con economie in transizione e i *Paesi* in via di sviluppo.

I ***Paesi che non rientrano nell'Annesso I*** (*Non-Annex I Parties*), sono, per la maggior parte, i *Paesi* in via di sviluppo, riconosciuti dalla Convenzione come particolarmente vulnerabili agli impatti dei cambiamenti climatici, come quelli geograficamente collocati in aree a rischio di desertificazione o in zone costiere, topograficamente non elevate, a potenziale rischio di sommersione. In questo gruppo sono incluse le nazioni che basano la loro economia sulla produzione ed il commercio di combustibili fossili e che quindi temono le potenziali ripercussioni economiche indotte dalle misure adottate per il raggiungimento degli obiettivi della convenzione. Le Parti appartenenti a gruppo *Non-Annex I* che hanno ratificato anche il Protocollo, non hanno nessun impegno riguardo alla diminuzione delle emissioni dei gas serra ma possono beneficiare dei meccanismi di flessibilità regolamentati dall'articolo 12 (CDM).

Non tutti i *Paesi* devono raggiungere gli stessi obiettivi di riduzione (UNFCCC, 1998); la riduzione totale, infatti, è stata suddivisa in maniera tale che ogni Parte dell'*Annex I* (*Paesi* con obbligo di riduzione delle emissioni) abbia un suo limite individuale alle emissioni.

Questa diversificazione dei tassi di riduzione sono stati stabiliti dopo intense negoziazioni tra le Parti stesse. I 15 membri dell'Unione europea (di quegli anni), che si erano impegnati nel loro insieme a ridurre le emissioni totali dell'8 %, grazie all'accordo "*burden sharing*", hanno ripartito tale limite al loro interno tra i differenti *Paesi* dell'UE. Vi sono quindi nazioni, come la Germania, che si sono impegnate a ridurre le loro emissioni fino al 21 %, ed altre a cui è stato concesso un aumento di emissioni fino al 30 %, come nel caso della Grecia. L'Italia si è impegnata a ridurre le proprie emissioni di gas serra del 6.5 % rispetto a quelle del 1990.

Generalmente le Parti devono ridurre o limitare le loro emissioni rispetto ai livelli riscontrati nel 1990 (denominato *base year*, ovvero "anno base"). I *Paesi* in economia di transizione possono scegliere un anno base diverso dal 1990. Inoltre ogni Parte può scegliere un differente anno base tra il 1990 e il 1995 per le emissioni di specifiche emissioni, quali, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo, al fine di considerare l'incremento di questi gas che nei primi anni novanta hanno sostituito le sostanze già bandite dal Protocollo di Montreal.

Il Protocollo di Kyoto è stato aperto alla firma il 16 Marzo del 1998 ed è entrato in vigore solo il 16 febbraio del 2005, grazie alla ratifica del protocollo da parte della Russia; per entrare in vigore, infatti, è dovuto essere ratificato da non meno di 55 Nazioni della Convenzione, tra le quali

i *Paesi* sviluppati, le cui emissioni totali di biossido di Carbonio, rappresentano almeno il 55 % della quantità totale emessa nel 1990. Questo significava che l'impegno per ridurre le emissioni doveva essere preso dai "grandi inquinatori" per divenire vincolante per tutti. In attesa dell'entrata in vigore del Protocollo, le Parti, dovevano comunque continuare ad adempiere agli impegni assunti a norma della convenzione.

Per raggiungere gli obiettivi di riduzione prefissati, il Protocollo di Kyoto, proponeva sia alle Parti dell'*Annex I* sia a quelle *non- Annex I*, una serie di provvedimenti, di seguito elencati:

- i. Promozione delle efficienze energetiche in tutti i settori;
- ii. Sviluppo delle *fonti rinnovabili* per la produzione di energie e delle tecnologie eco-compatibili ed innovative per la riduzione delle emissioni;
- iii. Protezione ed estensione delle foreste per l'assorbimento del Carbonio;
- iv. Promozione dell'agricoltura sostenibile;
- v. Riduzione delle emissioni degli altri gas dagli usi industriali e commerciali;
- vi. Misure fiscali per disincentivare le emissioni dei gas serra;
- vii. Cooperazione nella ricerca scientifica e costituzione di una rete internazionale di osservazioni climatiche;
- viii. Promozione di programmi di educazione e sensibilizzazione sui cambiamenti climatici e di aggiornamento per la creazione d'iniziative di *capacity-building*.

Il Protocollo di Kyoto forniva ai *Paesi* industrializzati anche gli strumenti per integrare le azioni adottate sui propri territori nell'adempiere agli impegni di riduzione delle emissioni: i cosiddetti "Meccanismi Flessibili (*Box n. 1.3*), creando, di fatto, un mercato delle emissioni, noto come *Carbon Market*.

Box n. 1.3 Meccanismi Flessibili (*Fonte UNFCCC*)

- i. *Attuazione congiunta (Joint Implementation, JI, art. 4)*: che permette ai *Paesi Annex I* di implementare progetti che riducono le emissioni, o incrementano gli assorbimenti per mezzo dei *sinks*, in altri *Paesi Annex I*.
- ii. *Sviluppo pulito (Clean Development Mechanism, CDM, art. 12)*: che permette ai *Paesi dell'Annex I* di implementare progetti che riducono le emissioni, o incrementano gli assorbimenti per mezzo
- iii. *Scambio dei diritti di emissione (Emission Trading, ET, art. 6)*: permette ai *Paesi*

Annex I di trasferire parte delle quote di emissione assegnate, sotto forma di unità definite *Assigned Amount Units* (AAUs), ad altri *Paesi Annex I* che ne abbiano bisogno per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni previsti dal Protocollo. Anche i CER, gli ERU o gli RMU acquisiti per mezzo di progetti CDM, JI o attività del settore agro-forestale possono essere trasferiti secondo questo meccanismo. Tuttavia per evitare che le Parti *Annex I* rischino di vendere eccessivamente le proprie quote, non riuscendo in seguito a rimanere sotto i livelli di emissione fissati dal proprio obiettivo, una quantità minima di AAU, CER, ERU e RMU, non possono essere trasferiti costituendo una riserva per il periodo di impegno.

Raggiunta la quota di riduzione, assegnata al *Paese* o alle grandi aziende che hanno impegni di riduzione delle emissioni, attraverso le attività per la riduzione delle emissioni e/o per l'aumento dell'assorbimento di CO₂, possono essere generati dei crediti di emissione, detti “crediti di Carbonio”. I crediti di Carbonio, sono quote di emissione (o “permessi ad emettere”) che possono essere capitalizzati e che, nell'ambito *dell'Emission Trading* (istituito a livello internazionale, come spiegato pocanzi, dal Protocollo di Kyoto), possono entrare in un circuito di scambio tra *Paesi* e aziende: creando, in questo modo, il mercato dei crediti di Carbonio, il *Carbon Market*: un mercato regolamentato che segue il criterio *Cap and Trade*, ovvero *target* prestabiliti, al raggiungimento dei quali è possibile commercializzare le quote di Carbonio eccedenti. Inoltre, le attività che creano e scambiano crediti sono rigorosamente disciplinate, controllate e registrate, con una rendicontazione dei risultati operata da organismi statali.

I crediti di Carbonio, detti anche quote o quantità di emissioni assegnate (*Assigned Amount Units*, AAUs), sono espressi in tonnellate di CO₂ equivalente (tCO_{2eq}). La nomenclatura assegnata ai crediti di Carbonio differisce in base alle attività che li generano, come riportato nella *Tabella 1.2*. Un esempio di mercato regolamentato è il Sistema europeo di scambio delle quote di emissione (EU Emissions Trading System, EU- ETS)².

Tabella1.2 – Definizione dei crediti di Carbonio

ACRONIMO	DEFINIZIONE	TIPOLOGIA CREDITO
AAU	<i>Assigned Amount Unit</i>	Rilasciato da un <i>Paese Annex I</i> sulla base del proprio limite della quantità di emissioni secondo gli

² http://ec.europa.eu/clima/policies/ets_it

		articoli 3.7 e 3.8 del Protocollo
ERU	<i>Emission Reduction Unit</i>	Generato da un progetto JI (<i>Joint Implementation</i>) in base all'articolo 6 del Protocollo
RMU	<i>ReMoval Unit</i>	Rilasciato da un <i>Paese Annex I</i> sulla base di attività LULUVD secondo gli articoli 3.3 e 3.4 del Protocollo
CER	<i>Certified Emission Reduction</i>	Crediti generati da progetti energetici CDM (<i>Clean Development Mechanism</i>) in base all'articolo 12 del Protocollo
ICER/tCER	<i>Long term/temporary Certified Emission Reduction</i>	Crediti generati da progetti CDM forestali (<i>Afforestation and Reforestation activities under Clean Development Mechanism</i>) in base all'articolo 12 del Protocollo e alla decisione 19/CP9

Facendo un passo indietro, nel 1998, durante la COP 4 che si svolge a Buenos Aires, per finalizzare le regole operative per l'attuazione del Protocollo, si diede inizio ad un nuovo periodo di intense negoziazioni. Parallelamente alle negoziazioni sull'attuazione di alcuni aspetti della Convenzione (come il trasferimento di risorse finanziarie e tecnologiche), si arrivò, quindi, a stilare un ambizioso piano di lavoro chiamato “Piano di Azione di Buenos Aires” (*Buenos Aires Plan of Action*). Il termine di tali negoziazioni, stabilito alla COP 6 del 2000 a L'Aja. Durante la COP 6, infatti, l'ingente mole di lavoro inerente il piano di Azione e alcune difficoltà negoziali portarono ad una spaccatura tra le Parti e all'interruzione delle trattative.

I lavori ripartono a Bonn nel giugno del 2001 (COP 6 *bis*), quando i governi arrivarono ad una comune intesa (l'“Intesa di Bonn”), risolvendo le controversie politiche che il Piano d'Azione di Buenos Aires aveva creato. Quattro mesi dopo, alla COP 7 tenutasi a Marrakesh, dall'Intesa di Bonn si giunse alla stesura di un pacchetto di decisioni (conosciuto oggi come gli “Accordi di Marrakesh”) contenenti le regole operative per il Protocollo di Kyoto ed altre indicazioni per l'attuazione della Convenzione.

Qui vennero riconosciuti i “*sink*” agricoli e forestali quali elementi fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi fissati dal Protocollo di Kyoto. I *sink* generano crediti di Carbonio in proporzione al loro bilancio netto annuale di gas serra espresso in tonnellate di CO₂equivalente, e sono denominati diversamente a seconda del meccanismo che li ha generati. I crediti di Carbonio possono essere generati attraverso *sinks* localizzati sul proprio territorio (*Removal Units* – RMUs) o all'estero. Questi ultimi possono rientrare nei progetti di *Joint Implementation* – JI (Art.6) e di *Clean Development Mechanism* - CDM (Art.12).

In sintesi, le regole che governano il settore agro-forestale, come stabilito dal Protocollo di Kyoto e dagli accordi negoziali successivi, considerano quattro elementi fondamentali:

- i. Principi guida;
- ii. Attività eleggibili;
- iii. Definizioni comuni;
- iv. Sistema di quattro limitazioni (*cap*) che regolano l'uso delle attività agroforestali (*Box n. 1.4*).

Box n. 1.4 – I quattro elementi fondamentali che regolano il settore forestale (Fonte UNFCCC)

i) PRINCIPI GUIDA

Gli accordi di Marrakesh e il Protocollo di Kyoto si basano sul **principio dell'addizionalità**: solo gli assorbimenti indotti dall'uomo dal 1990 (*Land-Use Change*) si possono considerare eleggibili ai fini del Protocollo, questi inoltre devono essere addizionali agli assorbimenti che si sarebbero comunque ottenuti senza l'intervento umano (*Land Use*). Inoltre, si riconosce la necessità di un rigore scientifico e di metodologie solide per l'implementazione del Protocollo e dell'importanza della conservazione della biodiversità.

ii) ATTIVITA' ELEGGIBILI

Il Protocollo di Kyoto stabilisce che le emissioni e gli assorbimenti derivanti dalle attività di **Afforestazione, Riforestazione e Deforestazione (ARD)** devono essere considerate, in maniera vincolante, ai fini della generazione di crediti di Carbonio (*art. 3.3*). Inoltre, vengono designate altre quattro attività addizionali, quindi eleggibili, a discrezione della singola Parte, quali, la rivegetazione e la gestione forestale, agricola e dei pascoli (*art. 3.4*).

iii) DEFINIZIONI COMUNI

Come riportato dall'IPCC *LULUCF Special Report* (IPCC 2000) i termini usati all'interno del Protocollo di Kyoto (*art. 3.3 e art. 3.4*) come “foresta”, “afforestazione”, “riforestazione”, sono stati causa di una notevole confusione tra le varie agenzie internazionali, ognuna delle quali ha una propria definizione che può differire da quella delle altre agenzie. Al fine di chiarire i termini utilizzati, le Parti del Protocollo hanno concordato a Marrakesh le definizioni di:

- **Forest (foresta)**: terreno di area minima compresa tra 0,05 ed 1,0 ettaro con copertura delle chiome degli alberi (o equivalente indicatore di copertura arborea) di più del 10-30 per cento con alberi con altezza potenziale a maturità, in situ, di almeno 2-5 metri. Una foresta può

consistere in formazioni forestali chiuse, dove alberi dei vari strati e del sottobosco coprono un'alta porzione del suolo, oppure in formazioni forestali aperte. I giovani soprassuoli naturali e tutti gli impianti che non hanno ancora raggiunto una densità di copertura del 10-30 per cento od un'altezza di 2-5 metri sono considerati foresta, come fossero aree normalmente formanti parte della superficie forestale che, per intervento dell'uomo (ad es. le utilizzazioni), o per cause naturali, sono temporaneamente prive di copertura ma che ci si aspetta ritornino boscate.

- **Afforestation (afforestazione/imboschimento):** conversione in foresta, direttamente indotta dall'uomo, di terreno, che non risultava forestato da almeno 50 anni, attraverso la piantagione, la semina e/o la promozione di fonti naturali di semi.
- **Reforestation (riforestazione/rimboschimento):** conversione in foresta, direttamente indotta dall'uomo, di terreno non forestato attraverso la piantagione, la semina e/o la promozione di fonti naturali di semi su terreno che era forestato ma che è stato deforestato. Per il primo periodo d'impegno le attività di rimboschimento saranno limitate ai rimboschimenti realizzati su quelle terre che non risultavano forestate al 31 dicembre 1989.
- **Deforestation (deforestazione):** conversione, direttamente indotta dall'uomo di terre forestate in terre non forestate.

iv) I QUATTRO “CAP”

- Se un'attività ARD ha un bilancio positivo di emissioni, allora una Parte può controbilanciarlo attraverso gli assorbimenti derivanti dalla gestione forestale, fino a un livello massimo di 9 Mt di Carbonio l'anno, per i cinque anni di impegno.
- I limiti per l'uso della gestione forestale (oltre le 9 Mt) sono stati stabiliti individualmente per ciascun Paese e sono elencati negli Accordi di Marrakesh. In questo CAP sono inclusi anche i crediti di Carbonio derivanti dai progetti di *Joint Implementation*.
- i. Le emissioni e gli assorbimenti derivanti dalla gestione delle terre agricole e dei pascoli (*Sap*) vengono contabilizzati facendo la differenza tra il bilancio netto (emissioni meno assorbimenti) degli scambi di gas serra esistente nella stessa porzione di territorio (*A*) nel 1990 (*N90*) moltiplicato per cinque, e il bilancio netto degli scambi di Carbonio del periodo di impegno(*N08-12*) nella stessa porzione di territorio.
- ii. Per il meccanismo del CDM, solo le attività di afforestazione e riforestazione risultano eleggibili, e l'assorbimento annuale dei gas serra da questi progetti può essere utilizzato fino ad un valore massimo pari all'1 % del valore delle emissioni del Paese nel 1990, moltiplicate per cinque. Per l'Italia corrisponde a 5 MtCO₂eq, potenzialmente pari a circa il 5 % dell'impegno

A Montreal, nel dicembre 2005, durante la COP 11 (primo incontro delle Parti che hanno ratificato il Protocollo di Kyoto, COP/MOP 1), sono stati adottati gli Accordi di Marrakesh: per la prima volta si parla di un meccanismo che si occupa contemporaneamente, sia della “Riduzione delle emissioni dovute ad attività di deforestazione e degrado delle foreste” (REDD), e del ruolo dell’incremento degli *stock* forestali di Carbonio e della conservazione e gestione sostenibile delle foreste nei *Paesi* in via di sviluppo.

Come accennato precedentemente, nel 2007 a Bali (COP 13) venne adottata la “*Bali Roadmap*”, un piano di azione che prevedeva, entro il 2009, la sottoscrizione di un nuovo accordo globale sul clima. L’accordo avrebbe avuto l’ambizione di chiamare in causa tutti i *Paesi* del pianeta, non solo quelli più sviluppati e industrializzati, e proponeva azioni di adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici, finanziamenti per i *Paesi* in via di sviluppo per le politiche energetiche innovative e le nuove tecnologie, incentivando tra l’altro la riduzione delle emissioni da deforestazione e degrado delle foreste, la conservazione e incremento degli *stock* forestali di Carbonio, e la gestione sostenibile delle foreste nei *Paesi* in via di sviluppo (REDD+).

Due anni dopo (2009), tuttavia, alla COP 15 che si svolse a Copenhagen, nonostante la presenza massiccia di molti capi di Stato, le aspettative vennero deluse: le nazioni presero solo atto del documento chiamato “Accordo di Copenhagen”, senza assumersi obblighi formali di nessun tipo. La incombente crisi economica globale, inoltre, ridusse drasticamente le risorse da destinare ad investimenti sui temi dell’innovazione, della ricerca, del sostegno pubblico, così come delle energie rinnovabili e delle nuove tecnologie.

A causa del fallimento della COP di Copenhagen, durante la COP 17 a Durban nel 2011, vennero istituiti gruppi di lavoro *ad hoc*.

Successivamente, alla COP 18 (che si svolse a Doha nel dicembre del 2012), venne approvato il “*Doha Climate Gateway*”, che fece da *trait d’union* tra il Protocollo di Kyoto e la nuova dichiarazione di impegno, denominata “Kyoto 2” per il secondo periodo di impegno 2013-2020 (UNFCCC, 2012) del Protocollo di Kyoto. L’obiettivo del Kyoto 2, impegno appoggiato solo da parte dei firmatari del Protocollo di Kyoto, è colmare il *gap*

delle emissioni attese (58 GtCO₂ eq), riduzione raggiungibile con gli attuali impegni (52 – 57 GtCO₂ eq) e il limite di 44 GtCO₂ eq che gli scienziati considerano invalicabile per sperare di limitare il riscaldamento climatico a + 2°C.

Questa enorme differenza, che varia tra gli 8 e i 13 miliardi di tonnellate di CO₂ eq, ci porterebbe in maniera irreversibile verso un riscaldamento stimato tra i 3.5°C e i 6°C, che stravolgerebbe gli equilibri naturali del nostro Pianeta e la vita sullo stesso.

Inoltre, con l'uscita del Giappone, della Nuova Zelanda, del Canada e della Russia dal Protocollo, la situazione si fece ancora più preoccupante perché il nuovo trattato "Kyoto 2" copre solo il 15% circa delle emissioni di gas serra globali, principalmente rappresentati dalle emissioni dell'Unione europea, l'Australia, la Norvegia e la Svizzera.

Anche durante la COP 19 che si svolse a Varsavia nel 2013, il processo decisionale fece piccolissimi passi avanti, se non per il programma REDD+, con l'approvazione del cosiddetto "Quadro REDD+ di Varsavia", un pacchetto di sette decisioni che di fatto completa quasi del tutto il quadro metodologico per l'attuazione del REDD+, la cui completa definizione avverrà due anni più tardi a Parigi, con le ultime tre decisioni. Altro tema che ha fatto grandi passi in avanti a Varsavia, con grande soddisfazione dei *Paesi* in via di sviluppo, è il, cosiddetto "*Loss and Damage*", che definisce le perdite e i danni associati agli impatti del cambiamento climatico nei *Paesi* in via di sviluppo.

L'anno successivo (2014) a Lima, la COP 20, introdusse le *Intended Nationally Determined Contributions* (INDC): ad ogni *Paese* l'onere di presentare il proprio piano di riduzione delle emissioni di gas serra. L'accordo, pur avendo carattere volontario e non essendo di per sé vincolante, ha un valore politico rilevante. La scelta di individuare strategie nazionali, permette di prendere impegni dal basso che andranno via via consolidati e via via adeguati agli scenari delineati dall'IPCC e le necessarie riduzioni di emissioni a livello globale. Questa è la risposta alla lezione del fallimento della COP di Copenaghen e la fine dell'approccio *top-down* che ha caratterizzato il Protocollo di Kyoto.

Il momento in cui, nel 2015 alla COP 21 di Parigi, il Presidente della Conferenza e Ministro degli Esteri francese, Laurent Fabius, comunicò all'assemblea plenaria l'adozione dell'Accordo di Parigi sul clima, ha quindi rappresentato un momento di svolta decisivo per la comune lotta ai cambiamenti climatici: all'accordo aderisce tutto il mondo,

compresi i quattro più grandi “inquinatori”: Europa, Cina, India e Stati Uniti. Per entrare in vigore nel 2020, l’accordo deve essere ratificato, accettato o approvato da almeno 55 *Paesi* che rappresentano complessivamente il 55 % delle emissioni mondiali di gas serra. Ciò avverrà in tempi record, già a novembre 2016, prima della COP 22 di Marrakech, tali soglie sono state ampiamente superate.

L’accordo di Parigi stabilisce che l’aumento delle temperature medie mondiali va contenuto ben al di sotto dei 2°C, e tendere a raggiungere +1,5°C. Per centrare l’obiettivo, le emissioni devono cominciare a calare dal 2020. Il testo prevede un processo di revisione degli obiettivi di riduzione delle emissioni presentati dai singoli *Paesi*, che deve svolgersi ogni cinque anni, e già nel 2018 gli Stati devono aumentare i tagli delle emissioni; il primo controllo quinquennale, quindi, è imposto nel 2023. I *Paesi* più industrializzati devono stanziare 100 miliardi l’anno (dal 2020) per diffondere in tutto il mondo le tecnologie verdi e decarbonizzare l’economia. Infine, l’accordo prevede anche un meccanismo di rimborsi per compensare le perdite finanziarie causate dai cambiamenti climatici nei *Paesi* più vulnerabili geograficamente, che spesso sono anche i più poveri.

Per concludere, si può dire che l’Accordo di Parigi ha chiuso un ciclo – quello del Protocollo di Kyoto – e ne ha aperto un altro, più grande in termini di partecipazione rispetto ai risultati passati e aperto a miglioramenti futuri.

Tra le questioni concrete, che erano state lasciate senza risposta nell’accordo di Parigi, la COP di Marrakesh affronta: le modalità in cui le Parti avrebbero comunicato il loro impegno per la mitigazione, l’adattamento, la finanza del clima, il trasferimento di tecnologie e il *capacity building*, come gli sforzi sarebbero stati revisionati e migliorati nel tempo e come il processo di implementazione sarebbe stato facilitato e promosso nel tempo. Tutti questi aspetti costituiscono il cosiddetto “*Rulebook*” di Marrakech, contributo per rendere l’Accordo operativo ed implementabile.

1.5. Il ruolo delle foreste nella mitigazione dei cambiamenti climatici e la risposta della comunità internazionale: il REDD+

Secondo stime IPCC (Denman et al 2007) le foreste e i relativi processi di degrado forestale e deforestazione, sono responsabili del 20% del totale delle emissioni antropiche

di gas serra. Stime più aggiornate valutano tale contributo pari al 12%, ovvero emissioni pari a $1.2 \text{ Pg C anno}^{-1}$ (Van der Werf et al 2009).

D'altra parte, studi recenti (Le Quéré et al. 2014) hanno dimostrato che gli ecosistemi terrestri – e in particolare le foreste – costituiscono un importante sink di Carbonio, pari al $2,9 \pm 0,8 \text{ Pg C anno}^{-1}$, ovvero, ca. il 30 % di assorbimento del totale delle emissioni dovute a combustibili fossili e produzione di cemento ($8,9 \pm 0,4 \text{ Pg C anno}^{-1}$) e cambio di uso del suolo ($1 \pm 0,5 \text{ Pg C anno}^{-1}$). Mentre la restante parte di emissioni viene assorbita dall'atmosfera ($4,3 \pm 0,1 \text{ Pg C anno}^{-1}$), ovvero il 44 %, e dagli oceani ($2,6 \pm 0,5 \text{ Pg C anno}^{-1}$), pari a ca. il 26 %.

Considerando che, mentre i processi emissivi di cui sopra sono processi estremamente veloci ($1-10^2$ giorni) e gli assorbimenti sono caratterizzati da processi molto più lenti ($10^3 - 10^4$ giorni) appare evidente la cruciale importanza della conservazione delle foreste per la mitigazione dei cambiamenti climatici.

Inoltre, lo stesso studio (Le Quéré et al. 2014) ha evidenziato un trend negativo in termini di emissioni dal settore cambio d'uso del suolo (LUC – Land Use Change), le quali sono passate da $1,5 \pm 0,5 \text{ PgC anno}^{-1}$ nel periodo 1960-1990 a $1,0 \pm 0,5 \text{ PgC anno}^{-1}$ dal 2000. I fattori che in maggior misura condizionano il livello emissivo relativo al LUC sono le attività di deforestazione in aree tropicali, degrado forestale, rimboschimento e rigenerazione forestale. La diminuzione in emissioni è attribuibile prevalentemente al rallentamento dei processi di deforestazione registrati nell'ultimo decennio i quali sono passati da $11,55 \text{ Mha anno}^{-1}$ nel periodo 1990-2000 a $8,62 \text{ Mha anno}^{-1}$

Considerando le emissioni e gli assorbimenti legati agli ecosistemi terrestri, il risultante bilancio fa degli ecosistemi terrestri un *sink* netto, capace di rimuovere $1,6 \text{ PgC anno}^{-1}$. Le foreste contribuiscono per il 66-78% del *sink* di Carbonio terrestre, di cui il 70% è accumulato nel suolo (Dixon R.K., 1994; Schimel, 1995). La stima dei flussi di Carbonio dal settore LUC è affetta da elevata incertezza dovuta non solo alla quantificazione del contenuto di carbonio relativo alle varie categorie di copertura del

³ $1 \text{ Pg C} = 10^{15} \text{ g}$ di Carbonio

suolo, ma anche alla comprensione delle dinamiche che determinano le sue variazioni (Baccini, et al. 2012).

In questo quadro, le foreste tropicali assolvono un ruolo di centrale importanza, con un serbatoio di carbonio stoccato nella biomassa legnosa della vegetazione pari a 228 PgC – di cui il 35% è collocato nelle foreste di Brasile ed Indonesia, le quali sono anche le nazioni che producono le più alte emissioni da deforestazione a livello mondiale (Baccini, et al. 2012).

Alla luce dei continui alti tassi di deforestazione nei *Paesi* in via di sviluppo e delle risultanti emissioni di gas serra, già nel 1992, nel suo preambolo, la Convenzione delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici ha riconosciuto agli ecosistemi terrestri e marini il ruolo di assorbitori attivi di anidride carbonica atmosferica, nonché di serbatoi di tale elemento. Inoltre, è stato stabilito che ogni nazione firmataria avesse l’obbligo di riportare le emissioni/assorbimenti di CO₂ nel settore agroforestale denominato “uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e settore forestale” (*LULUCF, settore 5 dell’IPCC*). Seppur il LULUCF sia entrato nella contabilizzazione di Kyoto (*art. 3.3 e 3.4*) per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei *Paesi* sviluppati, si è dovuto aspettare dicembre 2005 (COP 11, Montreal) prima che la riduzione di emissioni da deforestazione e degrado forestale delle zone tropicali venisse inserita nell’agenda negoziale, grazie alla proposta di Papua Nuova Guinea e Costa Rica, successivamente poi supportata da tutte le Parti. Questo ha fatto registrare un nuovo impulso legato al settore forestale nel contesto UNFCCC. La proposta per sviluppare un meccanismo in grado di creare incentivi positivi per i *Paesi* che riescono a diminuire le emissioni dovute al settore forestale e contribuire così alla riduzione delle emissioni globali di gas a effetto serra introdotta prenderà poi il nome REDD+.

Con l’acronimo “REDD+” si intendono le attività di Riduzione delle Emissioni dovute a Deforestazione e Degrado delle foreste, e incentivazione della conservazione e gestione sostenibile delle foreste e aumento degli *stock* forestali di Carbonio nei *Paesi* in via di sviluppo (PVS). Questo meccanismo è nato nell’ambito dell’UNFCCC con un processo iniziato formalmente con il “*Bali Action Plan*” nel 2007⁴ (*dec. 1/CP13 e dec.*

⁴ Decisione 2/CP.13 (*vd. Allegato 1*)

2/CP.13) e conclusosi a Parigi, nel 2015, con un pacchetto di 16 decisioni che definiscono tutto il quadro normativo del REDD+. L'idea alla base del REDD+ è creare un meccanismo d'incentivazione per i Paesi in via di sviluppo nella riduzione delle emissioni di gas serra dovute a deforestazione e degrado delle foreste, attraverso l'attuazione d'idonee politiche e misure d'incentivazione volte alla diminuzione, arresto e inversione di tendenza dei tassi di deforestazione. Tra i maggiori punti di forza di questo nuovo approccio, che rendono il REDD+ originale e innovativo rispetto al resto dei progetti volti alla protezione delle foreste, vanno annoverati:

- La scala nazionale (sub-nazionale solo come condizione *ad-interim* tendente all'approccio nazionale), che limita il rischio di *leakage* (sostanziale spostamento nello spazio dei fenomeni di deforestazione e degrado forestale al di fuori dell'area di interesse del REDD+) e inoltre responsabilizza i governi dei Paesi in via di sviluppo che sono chiamati ad attuare strategie nazionali volte al perseguimento degli obiettivi REDD+;
- L'approccio "*result based*" della fase finale del REDD+, cioè incentivi economici, ovvero pagamenti, basati sulle reali riduzioni delle emissioni o aumento degli assorbimenti derivanti dal settore forestale.

Gli **ambiti di applicazione** del REDD+ vanno oltre la deforestazione ed il degrado forestale, includendo anche il mantenimento e incremento degli *stock* forestali di Carbonio (inclusi anche i rimboschimenti) e la gestione sostenibile delle foreste, attività che costituiscono il "+" dell'acronimo.

Nello specifico, le attività ammesse nel contesto del REDD+ sono cinque:

- i. Riduzione delle emissioni dovute a deforestazione;
- ii. Riduzione delle emissioni dovute a degrado forestale;
- iii. Conservazione degli *stock* forestali di Carbonio;
- iv. Gestione sostenibile delle foreste.
- v. Incremento degli *stock* forestali di Carbonio

L'IPCC individua sei categorie principali di uso del suolo per la stima e reporting delle emissioni di gas serra (GHG) e degli assorbimenti dovuti a uso del suolo e cambio d'uso del suolo: foreste; terreni agricoli; pascoli, zone umide, insediamenti e altre terre.

Le tipologie di azioni REDD+ che possono essere incluse nelle strategie nazionali ruotano quindi intorno a attività correlate alla categoria “*forest land*” e relative conversioni previste dall’IPCC:

- i. “*Forest land remaining forest land*”, ad esempio nel caso delle attività di gestione sostenibile delle foreste o volte a ridurre il degrado forestale (vd. Attività ii-v);
- ii. “*Land converted to forest*”, ad esempio per le attività di incremento degli *stock* di Carbonio (rimboschimenti) (vd. Attività v);
- iii. “*Forest to a non-forest land use*”, nel caso di deforestazione (vd. Attività i).

Come detto in precedenza, il REDD+ è caratterizzato da una **scala prevalentemente nazionale**, scale sub-nazionali sono accettate solo se di natura temporanea (*ad interim*). Anche se è ancora possibile che le attività si trasferiscano in altri *Paesi* limitrofi, la scala nazionale garantisce una maggiore efficacia e coordinamento delle azioni sul territorio.

Per quanto riguarda la sua implementazione il meccanismo è strutturato in tre fasi successive:

- i. **Fase preparatoria** che prevede la strategia nazionale REDD+ e *capacity building*;
- ii. **Fase pilota** o fase di attuazione delle strategie nazionali che prevede i piani d’azione ed ulteriori attività di *capacity building*;
- iii. **Fase di *result-based payment (RBP)*** o fase di piena attuazione del meccanismo che prevede misure di incentivi basate su riduzioni reali e verificate delle emissioni.

Un *Paese* può accedere ad una o l’altra fase in base al suo grado di maturità istituzionale e di capacità interna. **Per accedere alla terza fase del meccanismo, i PVS** si devono dotare dei seguenti strumenti:

- Strategia nazionale o piano d’azione;

- Livello di riferimento nazionale delle emissioni, o sub-nazionale quale misura provvisoria, il quale dovrà essere sottoposto a revisione da un team di esperti selezionati dal Segretariato;
- Sistema di monitoraggio forestale nazionale, o subnazionale se opportuno e quale misura provvisoria, per il monitoraggio e *reporting* delle attività REDD+.
- Sistema che fornisca informazioni su come le misure di tutela relative all'integrità ambientale e sociale del meccanismo (*safeguard*) siano state affrontate e rispettate nell'attuazione delle attività REDD+.

Le attività di misurazione, reporting e verifica (MRV) del REDD+ possono seguire due procedure diverse se il PVS viene finanziato da fondi esterni o se si autofinanzia. Nel secondo caso le informazioni relative al livello di riferimento e alle emissioni o assorbimenti dal comparto forestale dovranno essere riportate nel rapporto biennale di aggiornamento (*Biennial Update Report – BUR*), che i Paesi sottopongono ogni due anni al Segretariato riguardo agli inventari di gas serra. Questi rapporti vengono sottoposti ad un processo di verifica “politico” in ambito COP, ovvero il *processo di review e valutazione internazionale*, e non ad un vero e proprio check tecnico. Se invece il PVS riceve fondi da un Paese terzo, allora i dati e le informazioni vengono sottoposte ad una valutazione tecnica da parte di un team di esperti che dovranno redigere un rapporto di valutazione delle informazioni riportate. Ovviamente questo sistema dovrà essere rivisto nel caso il REDD+ rientri nei meccanismi di mercato, a seconda delle regole di MRV che verranno decise nell'ambito di tali meccanismi.

Per quanto riguarda le fonti di finanziamento, mentre le prime due fasi vedono l'impiego dei fondi pubblici (tramite fondi di cooperazione bilaterali o multilaterali) la terza fase riconosce anche gli investimenti privati, prevedendo un ruolo chiave del *Green Climate Fund* (*dec. 9/CP.19 e dec. 1/CP.21 par. 55 – Allegato I*). Viene anche riconosciuto il ruolo del mercato a supporto della terza fase, rimandando però i dettagli di come questo possa operare alle decisioni future della COP (*dec. 2/CP.17 par 66 e dec. 14/CP.19 par. 15 – Allegato I*).

1.6. Il ruolo delle foreste e del REDD+ nell'Accordo di Parigi

Il settore forestale, e in particolare il REDD+, occupa un posto di primo piano nell'Accordo, essendo l'unico settore ad avere un articolo dedicato (*art. 5*), nel quale si invitano i *Paesi* ad attuare azioni che conservino o aumentino gli assorbimenti e gli *stock* di carbonio degli ecosistemi terrestri e marini. In particolare si incoraggiano le nazioni a implementare azioni per il supporto del REDD+, con particolare riferimento alla terza fase del meccanismo.

L'articolo 5, costituisce quindi un chiaro messaggio politico per le Parti ad attuare azioni di conservazione e aumento degli *stock* forestali di carbonio da parte degli ecosistemi, sia marini che terrestri. Per quanto riguarda il REDD+, l'articolo rimanda al meccanismo esistente già definito con le precedenti decisioni UNFCCC (*vd. Tabella 1.1*).

Il REDD+ viene anche menzionato nella decisione che accompagna l'Accordo di Parigi (*dec 1/CP21, par. 55 – Allegato I*), nella parte relativa alla finanza, nella quale si riconosce l'importanza da parte degli Stati di fornire supporto finanziario adeguato per la fase di attuazione (terza fase) del REDD+. Questo articolo include anche un riferimento specifico al *Green Climate Fund (GCF)*, conferendo un ruolo preminente a questo fondo per il finanziamento di azioni REDD+. La decisione incoraggia anche il coordinamento dei finanziamenti tra fonti private e pubbliche, bilaterali e multilaterali *ecc.* L'assenza però di un *target* finanziario specifico e del riconoscimento diretto del REDD+ come meccanismo di mercato rende difficile prevedere come il suo finanziamento possa essere effettivamente stimolato nel breve periodo.

2. Materiali e Metodi

2.1. **Review delle decisioni UNFCCC sul REDD+: le fonti e gli strumenti dell'analisi**

Al fine di indagare in che misura il tema della biodiversità forestale (e della sua conservazione) sia considerata nell'attuazione del meccanismo REDD+, è stata necessaria una analisi approfondita di tutte le Decisioni relative a dieci anni di negoziato sul REDD+ nel contesto della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), che ne hanno definito il quadro metodologico e politico.

In particolare, sono state analizzate le Decisioni elencate in *Tabella 2.1* e presenti in allegato. Inoltre, è stata presa in esame sia, la letteratura rilevante riguardo alla prospettiva politico-negoziale, che alla prospettiva ecologica.

Tabella 2.1 – Decisioni UNFCCC sul REDD+

Decisione	Titolo
2/CP.13	<i>Reducing emissions from deforestation in developing countries: approaches to stimulate action</i>
4/CP.15	<i>Methodological guidance for activities relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries</i>
1/CP.16	<i>The Cancun Agreements: Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention</i>
2/CP.17	<i>Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention</i>
12/CP.17	<i>Guidance on systems for providing information on how safeguards are addressed and respected and modalities relating to forest reference emission levels and forest reference levels as referred to in decision 1/CP.16</i>
1/CP.18	<i>Agreed outcome pursuant to the Bali Action Plan</i>
9/CP.19	<i>Work programme on results-based finance to progress the full implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70</i>
10/CP.19	<i>Coordination of support for the implementation of activities in relation to mitigation actions in the forest sector by developing countries, including institutional arrangements</i>
11/CP.19	<i>Modalities for national forest monitoring systems</i>
12/CP.19	<i>The timing and the frequency of presentations of the summary of information on how all the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix I, are being addressed and respected</i>

13/CP.19	<i>Guidelines and procedures for the technical assessment of submissions from Parties on proposed forest reference emission levels and/or forest reference levels</i>
14/CP.19	<i>Modalities for measuring, reporting and verifying</i>
15/CP.19	<i>Addressing the drivers of deforestation and forest degradation</i>
16/CP.21	<i>Alternative policy approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests.</i>
17/CP.21	<i>Further guidance on ensuring transparency, consistency, comprehensiveness and effectiveness when informing on how all the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix I, are being addressed and respected.</i>
18/CP.21	<i>Methodological issues related to non-carbon benefits resulting from the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70</i>

2.2. Analisi dei principali parametri e indici di biodiversità utilizzati nel contesto del REDD+

Al fine di giungere a una valutazione completa del modo in cui la biodiversità forestale sia considerata nell'attuazione del REDD+, oltre all'analisi delle decisioni UNFCCC, si è ritenuto opportuno esaminare alcuni progetti pilota REDD+ attuati in questi anni sotto lo standard *Climate Community Biodiversity Alliance (CCBA)*, il più utilizzato per progetti che tengano in considerazione gli aspetti sociali e ambientali (vd Box 2.1), per comprendere se e in che modo, nell'attuazione di progetti REDD+ siano stati utilizzati parametri ed indicatori che mettano in relazione la biodiversità e il contributo alla mitigazione e stoccaggio di Carbonio.

Esempi di tali progetti sono visionabili in numerosi database pubblici, disponibili in rete (e.g. <http://www.climate-standards.org/category/projects/>). Esistono fondamentalmente due principali categorie di progetti: attività di incremento degli *stock* di Carbonio tramite imboschimenti e riforestazioni (A/R); attività orientate a ridurre le emissioni da deforestazione o degrado forestale (REDD).

Nel mercato volontario dei crediti di Carbonio, l'unico attualmente utilizzabile per lo scambio di crediti di Carbonio derivanti da progetti REDD+, la valutazione dei progetti avviene attraverso un sistema di *standard* (ad esempio, gli Standard CCBA, VCS e Plan Vivo), che consentano di verificare gli effetti degli interventi applicati, sia in termini degli obiettivi REDD+ perseguiti, che in termini di ricadute generate dai progetti su aspetti ambientali o sociali (vd Box 2.1).

In particolare gli standard CCBA (*Climate, Community & Biodiversity Alliance*) prendono in considerazione gli impatti sociali (*Social Impact Assessment*) e quelli sulla biodiversità (*Biodiversity Impact Assessment*). L'ultima versione dei manuali per l'analisi di entrambi gli impatti sono disponibili on line (www.ccba.org).

Box n. 2.1 – Esempi di Standard per la Valutazione dei Progetti (Fonte: siti di riferimento degli standard)

Climate Community Biodiversity Standard

Il *Climate Community Biodiversity* (CCB) (<http://www.climate-standards.org/>, 2016) è uno standard internazionale creato dalla **Climate Community and Biodiversity Alliance** (CCBA), un'alleanza tra Organizzazioni Non Governative (The Nature Conservancy e Conservation International) e compagnie che ricevono il supporto da centri di ricerca. E' stato concepito esclusivamente per progetti forestali, va oltre l'aspetto prettamente legato ai crediti di Carbonio e valuta i benefici sociali, ambientali ed economici e di salvaguardia della biodiversità che derivano dai progetti. Al contrario degli altri standard non emette crediti di Carbonio, per queste ragioni, può essere utilizzato in concomitanza con altri standard di certificazione come ad esempio il VCS.

Il Programma CCB promuove l'eccellenza e l'innovazione fin dalle prime fasi di progettazione, sviluppo e realizzazione del progetto. I criteri del CCB garantiscono che i progetti possano:

- Identificare tutte le parti interessate e garantire la loro piena ed efficace partecipazione
- Riconoscere e rispettare i diritti internazionali e statutari
- Ottenere consenso libero, preventivo e informato
- Valutare e controllare i costi diretti e indiretti, i benefici e rischi
- Identificare e mantenere alti i valori di conservazione
- Dimostrare benefici per il clima, le comunità e la biodiversità

Ad oggi sono stati convalidati oltre 100 progetti attraverso le norme CCB, oltre 40 dei quali hanno raggiunto una piena verifica. I progetti CCB coprono oltre 40 *Paesi* in tutti i continenti, tranne l'Antartide. I progetti validati e verificati per gli Standard CCB comprendono più di 10 milioni di ettari.

Il CCB è il principale standard utilizzato in combinazione con il VCS per i progetti AFOLU (agricoltura, selvicoltura e uso del suolo), all'interno del mercato volontario. Gli standard possono essere applicati a tutti i tipi di progetti di gestione del territorio: riforestazione, rimboschimento, rivegetazione, settori agroforestali, agricoltura sostenibile, ecc.

I progetti sviluppati nell'ambito del CCB devono seguire un rigoroso processo di valutazione al fine di essere certificati. Le norme CCB esplicano le regole ed i requisiti che tutti i progetti devono seguire per ottenere la certificazione e per garantire che le norme siano rispettate e le metodologie applicate correttamente, tutti i progetti CCB sono soggetti ad un esame della documentazione prodotta e alle verifiche di campo da parte di terzi indipendenti dal progetto, altamente qualificati e del personale VCS.

I progetti possono utilizzare qualsiasi metodo che accetta le regole del CCB. Il VCS e il CCBA forniscono la guida su appropriate metodologie.

Verified Carbon Standard (VCS)

Il Verified Carbon Standard (VCS) è uno standard internazionale, creato nel 2005 dallo IETA (International Emission Trading Association), il WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) e il Climate Group. Il VCS è lo standard volontario più usato al mondo e, ad oggi, più di 1300 progetti certificati VCS hanno collettivamente ridotto o rimosso più di 185 milioni di tonnellate di emissioni

di gas serra dall'atmosfera.

E' lo standard che ha un riconoscimento maggiore nel mercato volontario e richiede che i progetti rispondano a precisi requisiti quali la verificabilità degli assorbimenti avvenuti, la loro misurabilità e permanenza, l'addizionalità rispetto ad uno scenario *business-as-usual* (scenario di baseline), verifiche indipendenti e che le quote sequestrate vengano utilizzate per una sola compensazione. A tal fine si appoggia ad un Sistema di Registro multiplo, fornendo ai partecipanti più alternative su dove aprire l'account per il registro coinvolgendo APS Inc (compagnia del Nord America), *Caisse des Dépôts* (un'istituzione finanziaria europea) e Markit (un registro per i mercati finanziari internazionali in US, UK e Sud-est asiatico). I crediti generati (*Voluntary Carbon Units*) possono essere trasferiti da un registro all'altro senza il bisogno di creare account differenti. Ogni credito ha un numero di registrazione che è riferito al progetto che l'ha emesso, garantendo la piena tracciabilità del credito.

I progetti sviluppati nell'ambito del Programma VCS devono seguire un rigoroso processo di valutazione al fine di essere certificati. I progetti VCS coprono una vasta gamma di settori, tra cui le energie rinnovabili (come i progetti nel campo dell'eolico e dell'idroelettrico), della selvicoltura (compresa la diminuzione della deforestazione e del degrado delle foreste), ecc. I progetti VCS sono spesso realizzati su attività singole che operano in un luogo specifico, ma possono riguardare progetti raggruppati che presentano, nel tempo, nuove unità di attività e si sviluppano in vari luoghi.

Le riduzioni di emissioni certificate dallo standard sono idonei per essere rilasciato come VCU.

E' necessario precisare, a tal proposito che il VCS non è un'impresa di investimento, e come tale, non fornisce alcuna consulenza diretta per l'acquisto o il commercio di VCU. Chi vuole effettuare transazioni VCU deve essere a conoscenza di tutti i rischi associati a una determinata decisione.

Il VCS standard definisce le norme ed i requisiti che tutti i progetti devono seguire per ottenere la certificazione. Le regole VCS rappresentano la spina dorsale del programma. Essi definiscono le norme e i processi che tutti i progetti devono seguire per ottenere la certificazione.

Per garantire che le norme e le metodologie siano rispettate e applicate correttamente, tutti i progetti VCS sono soggetti ad un esame della documentazione prodotta e ad una verifica di campo da parte dei revisori noti come *validation/verification bodies* (VVB) che hanno appunto il compito di validare i progetti e verificare le riduzioni effettive delle emissioni.

Tutti i progetti del programma VCS ricevono una verifica indipendente controllati per garantire la conformità con i rigorosi requisiti VCS. Attualmente, nei cinque continenti, ci sono più di 36 VVB accreditati per lavorare in specifici settori che spaziano dall'energia rinnovabile, a quello agricolo e a quello forestale. I VVB sono idonei a fornire servizi di validazione e verifica nell'ambito del VCS se hanno firmato l'accordo richiesto con i programmi VCS e sono accreditati attraverso un organismo di accreditamento riconosciuto secondo le regole VCS.

I progetti vengono valutati utilizzando una metodologia di quantificazione dell'effettiva riduzione delle emissioni di gas serra relativa ad un determinato progetto.

Il VCS ha creato una partnership con il CCBA per promuovere la doppia iscrizione/ certificazione sia con il VCS e sia con il CCB e per fornire un sistema più robusto per la contabilità e per le garanzie sociali e ambientali.

Plan Vivo

Il Sistema Plan Vivo (<http://www.planvivo.org>) è stato sviluppato nel 1994 dal Centro di Edimburgo per la Gestione del Carbonio (ECCM), dall'Università di Edimburgo e da El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur) grazie al finanziamento del Dipartimento Britannico per lo Sviluppo.

Tra le attività di progetto ammesse ci sono l'imboschimento, il rimboschimento, l'agroforestry, la protezione delle foreste e la riduzione della deforestazione e del degrado delle foreste (attività REDD+).

Sono ammissibili solo progetti su piccola scala (anche se possono essere incluse più comunità partecipanti e aree più estese) che vedono il coinvolgimento di comunità locali (piccoli proprietari) con attività realizzate su terre di loro proprietà o su terre dove queste comunità hanno i diritti di uso. Plan Vivo, infatti, è un programma al sostegno delle comunità per la gestione delle proprie risorse naturali in modo sostenibile, al fine di limitare l'impatto sul clima, garantire i mezzi di sussistenza alle popolazioni e i benefici ecosistemici. Le comunità locali, in base alle loro esigenze e priorità assumono, un ruolo di primo piano nella produzione e nella realizzazione del proprio piano di gestione.

Lo standard Plan Vivo, infatti, oltre alla certificazione delle riduzioni delle emissioni di gas serra, comprende misure di tutela socio-ambientali (per es. biodiversità) e si concentra in particolare sulla generazione di co-benefit.

La verifica del progetto è condotta da un organismo terzo indipendente approvato dalla Fondazione Plan Vivo e accreditato da un'autorità internazionale di certificazione (ONU, ISO, California Climate Action Registry, FSC).

Plan Vivo utilizza il Markit Environment Registry come registro per la certificazione dei crediti, che rappresentano, a lungo termine, il sequestro o la riduzione di una tCO₂eq e i benefit collegati alla biodiversità e alla riduzione della povertà.

Plan Vivo ha un approccio unico per accreditare i crediti di carbonio, in quanto consente di conteggiarli sia ex-post sia ex-ante, a seconda del progetto e l'attività, il che significa che i progetti possono emettere e ritirare i crediti per la riduzione prima che si verifichino.

In termini generali gli impatti dei progetti sulla biodiversità sono riferiti a varie dimensioni ecologiche (composizione, struttura, funzionalità) e scale di analisi.

Con questa logica è stata effettuata una *review* di progetti svolti nel contesto del REDD+ in Africa. I progetti sono stati selezionati tra quelli già analizzati a scala globale da Panfil e Harvey (2015). L'analisi è stata effettuata allo scopo di individuare i gruppi di parametri relativi a composizione, struttura e funzionalità, utilizzati per il monitoraggio dei progetti. I dati sono stati estrapolati dalla documentazione disponibile sui siti internet dei progetti.

3. Risultati e discussione

3.1. Il quadro metodologico definito dalle decisioni UNFCCC sul REDD+: implicazioni sulla biodiversità forestale

La COP-21 di Parigi ha segnato la chiusura di dieci anni di intenso negoziato sul REDD+ che ne hanno definito il quadro metodologico. Alla luce del quadro delineato, la biodiversità forestale, ormai lontana – al contrario di quanto si pensava inizialmente – dall’essere considerata un obiettivo a cui tendere o un aspetto strumentale agli obiettivi principali del REDD+ (la riduzione delle emissioni e incremento degli assorbimenti di carbonio derivanti dal settore forestale), appare invece relegata quale oggetto delle misure volte ad evitare che le attività REDD+ producano effetti negativi (le cosiddette *safeguard*) o quale *co-benefit* e/o *non-carbon benefit*. L’analisi delle implicazioni sulla biodiversità forestale dell’approccio metodologico REDD+, così come definito dal Negoziato UNFCCC, non può prescindere da un attento esame delle decisioni che ne hanno segnato l’evoluzione e l’attuale fisionomia. Questo paragrafo illustra i risultati della review di tutte le decisioni UNFCCC inerenti al REDD+ (vd. *Tabella 2.1*), approfondendo in particolare quelle rilevanti per la biodiversità forestale, relative alle COP di Cancùn (2010), Durban (2011) e Varsavia (2013), evidenziandone le potenziali implicazioni negative.

L’introduzione del tema REDD+ all’interno dell’agenda UNFCCC è avvenuta durante la COP 11 di Montreal nel 2005. Siamo all’inizio del negoziato del dopo Kyoto (ormai entrato in vigore) e a differenza di molti altri punti in agenda, questa iniziativa, inizialmente proposta da Papua Nuova Guinea e Costa Rica, è stata accolta positivamente, non solo dai potenziali *Paesi* beneficiari, ma anche da molti *Paesi* industrializzati (i futuri donatori), dal mondo scientifico e dalle organizzazioni non governative (ONG), tutti attratti dalla prospettiva di una significativa riduzione delle emissioni e, allo stesso tempo, dalle notevoli nuove risorse finanziarie aggiuntive che sarebbero state messe a disposizione per la protezione delle foreste. Siamo all’inizio del dibattito accademico e politico sull’argomento, la convinzione è che un’iniziativa volta alla riduzione del degrado

delle foreste si sarebbe tradotta anche in un vantaggio per la tutela della biodiversità forestale.

Negli anni successivi, tuttavia, il meccanismo è diventato oltremodo ambizioso (Angelsen et al 2009). Il meccanismo REDD+ da potenziale enorme opportunità per la conservazione della biodiversità comincia a considerare la biodiversità solo un *effetto collaterale* per il quale dover prevedere una specifica misura di tutela (o *safeguard*). Tale deriva inizia a delinearsi con l'estensione del campo di applicazione: dall'iniziale proposta ("AD", ovvero *Avoided Deforestation*) che aveva come obiettivo la diminuzione e arresto della deforestazione - riferendosi dunque alle sole foreste già esistenti – (categoria IPCC "*forest land remaining forest land*"), al degrado forestale, la gestione sostenibile delle foreste e l'aumento degli *stock* forestali di Carbonio. Quest'ultima attività (voluta fortemente da Cina e India) rappresenta un radicale cambio d'indirizzo dell'approccio REDD+, che si estende anche ad aree prive di copertura forestale, potendo includere, in linea teorica, anche attività di riforestazione e rimboschimento. Le implicazioni sulla biodiversità forestale di questo cambio d'indirizzo saranno trattate in modo puntuale e approfondito nel paragrafo successivo.

Ma andiamo con ordine nell'analisi delle principali tappe che hanno segnato il percorso negoziale del REDD+. Alla proposta iniziale di Papua Nuova Guinea e Costa Rica è seguito un processo di due anni dell'Organo consultivo della Convenzione, il *Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (SBSTA)*, tramite vari workshop tecnici sull'argomento. Ciò ha portato all'inclusione del tema nel Piano di Azione di Bali alla COP 13 nel 2007 con l'acronimo definitivo: REDD+ (Riduzione delle emissioni dovute a deforestazione e degrado forestale, e ruolo della conservazione, gestione sostenibile delle foreste e incremento degli *stock* forestali di Carbonio nei *Paesi* in via di sviluppo).

La decisione 2/CP.13 (vd. *Allegato 1*), specifica sul REDD+, adottata a Bali, è parte integrante di un passaggio destinato a segnare per sempre il negoziato UNFCCC: si passa da un approccio in cui solo i *Paesi Annex I* (i *Paesi* industrializzati), avrebbero implementato azioni di mitigazione, ad un approccio in cui tutte le Parti sarebbero state invitate a farlo – ponendo così le basi per i *Paesi Non-Annex I* ad implementare azioni di mitigazione. Col senno di poi, potremmo affermare che la COP di Bali è stato il precursore

di un accordo in cui tutti i *Paesi* si impegnano in vario modo nello sforzo per mitigare i cambiamenti climatici, approccio che verrà codificato e messo nero su bianco dall'Accordo di Parigi, otto anni più tardi. Bisognerà attendere due anni, la COP 15 di Copenaghen, e la decisione 4/CP.15 (vd. *Allegato 1*) per l'approvazione dei primi principi e guide metodologiche sul REDD+, quali la ad esempio la definizione delle linee guida per gli inventari forestali (*paragrafo 1 della decisione*) e per la costruzione dei livelli di riferimento (*FREL/FRL*) delle emissioni sulla base dei quali stabilire gli incentivi (*paragrafo 7 della decisione 4/CP.15 – Allegato 1*). La biodiversità forestale non compare ancora, almeno formalmente, in tale dibattito. Questa decisione sul REDD+ e il sostanziale accordo tra le parti sui punti chiave di tale meccanismo (che saranno poi adottati alla COP successiva) rappresentano di fatto i soli risultati positivi di una COP che aveva grandi aspettative ma che invece è rimasta alla storia per il suo sostanziale fallimento.

Un anno più tardi, con l'approvazione degli "Accordi di Cancùn", dopo giorni estenuanti di negoziato che si sono protratti ben oltre il limite prefissato, sarà messa in piedi la prima struttura dell'approccio REDD+, definendo, al paragrafo 70 della decisione 1/CP.16 (vd. *Allegato 1*), le cinque attività ammissibili:

- a) Riduzione della deforestazione (*Reducing emission from deforestation*);
- b) Riduzione del degrado forestale (*Reducing emission from forest degradation*);
- c) Conservazione degli *stock* forestali di Carbonio (*Conservation of forest carbon stocks*);
- d) Gestione sostenibile delle foreste (*Sustainable management of forests*);
- e) Aumento degli *stock* forestali di Carbonio (*Enhancement of forest carbon stocks*).

L'ammissibilità delle tre ulteriori attività di uso del suolo (c, d, e), correlate al "+" dell'acronimo, dimostrano l'abbandono dell'idea originale di un meccanismo "semplice", volto esclusivamente alla riduzione delle emissioni dovute alla deforestazione e degrado forestale. L'inclusione di queste attività, e in particolare l'aumento degli *stock* forestali di Carbonio, ha suscitato grandi preoccupazioni da parte della comunità scientifica (Gardner et al. 2012) e delle organizzazioni non governative (ONG) e della stessa Convention on Biological Diversity (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2011) per il rischio che i *Paesi* puntino più ad attività di riforestazione e rimboschimento (anche con

piantagioni produttive e di specie esotiche) che all'effettiva riduzione della deforestazione e riduzione del degrado delle foreste esistenti.

È importante sottolineare che né a Cancùn né nelle decisioni degli anni successivi sarà data una regola chiara circa le attività ammissibili, lasciando quindi ai singoli *Paesi* ampia flessibilità sul tipo di attività da includere nelle strategie REDD+ nazionali. Gli Accordi di Cancùn definiscono un programma di lavoro dettagliato per il completamento dell'approccio metodologico e introducono le misure di tutela socio-ambientali che dovrebbero essere rispettate nell'attuazione del REDD+. Tra queste, elencate nell'appendice I della decisione (vd. Box 3.1), una riguarda la biodiversità forestale. La decisione 1/CP.16 di Cancùn definisce la struttura del REDD+ articolata in tre fasi:

1. Una prima fase preparatoria (o di *readiness*) in cui vengono definiti la strategia nazionale REDD+ e i piani d'azione. Sostanzialmente attività di *capacity building*;
2. Una seconda fase in cui al completamento del percorso preparatorio e alle ulteriori attività di *capacity building* si affianca una iniziale attuazione delle strategie nazionali e piani d'azione definiti nella prima fase. È una fase caratterizzata da investimenti e implementazioni di attività;
3. La terza fase, o di piena attuazione del REDD+, prevede pagamenti in favore dei *Paesi* in via di sviluppo a fronte di reali riduzioni di emissioni o aumento di assorbimenti verificati, derivanti dall'applicazione delle misure REDD+.

Gli Accordi di Cancùn definiscono inoltre un programma di lavoro dettagliato per il completamento dell'approccio metodologico, ma soprattutto definiscono le misure di tutela socio-ambientali che dovrebbero essere rispettate nell'attuazione del REDD+, ovvero misure volte ad evitare che le attività REDD+ provochino effetti negativi di carattere ambientale e sociale. Tra queste, elencate nell'appendice I della decisione (vd. Box 3.1), una riguarda la biodiversità forestale.

i) Gli Accordi di Cancùn e la *safeguard* sulla biodiversità

Gli Accordi di Cancùn rappresentano la prima decisione adottata dall'UNFCCC che affronta il tema delle misure di tutela socio-ambientali relative al REDD+ e fornisce una prima guida su come queste misure possano trovare applicazione. In questa decisione, al *paragrafo 2*, lettera "e", dell'*Appendice I* (vd.

Box 3.1), riguardo al tema della biodiversità si asserisce che le azioni REDD+ *dovrebbero* essere coerenti con la conservazione delle foreste naturali e la conservazione della biodiversità. Si afferma inoltre che tali azioni non dovrebbero avere l'obiettivo di convertire le foreste naturali, ma al contrario dovrebbero incentivare la protezione e conservazione delle foreste naturali, dei servizi ecosistemici e aumentare altri benefit ambientali. Tale *safeguard* appare in linea con concetti basilari dell'ecologia forestale: preservare le foreste naturali, caratterizzate da maggiori livelli di biodiversità, dalla deforestazione o dal degrado è la chiave anche per la conservazione nel lungo termine degli *stock* di Carbonio e della loro resilienza al cambiamento climatico. In realtà un'analisi più attenta, che tenga in considerazione il peso che il negoziato internazionale UNFCCC attribuisce ad ogni singola parola, rivela potenziali rischi irrisolti da tale formulazione. Tali aspetti, che verranno approfonditi nel paragrafo successivo, riguardano ad esempio l'assenza di una chiara definizione di foresta naturale, l'assenza, nel contesto UNFCCC e delle decisioni sul REDD+ di una differenziazione tra foresta naturale e formazioni forestali quali le piantagioni produttive, e a monte, il fatto che tali *safeguard* non costituiscono dei requisiti di ammissibilità, ma soltanto raccomandazioni, ovvero misure opzionali che dovrebbero (“*should*” e non “*shall*”) essere promosse e supportate.

Box n. 3.1 – Misure di tutela socio-ambientali (*safeguard*) contenute nell'appendice 1 alla decisione 1/CP.16 (Decisione 1/CP.16 *Cancun*, 2010)

[Decisione 1/CP.16, Appendice 1, paragrafo 2]

“When undertaking the activities referred to in paragraph 70 of this decision, the following safeguards should be promoted and supported:

- a) That actions complement or are consistent with the objectives of national forest programmes and relevant international conventions and agreements;*
- b) Transparent and effective national forest governance structures, taking into account national legislation and sovereignty;*
- c) Respect for the knowledge and rights of indigenous peoples and members of local communities, by taking into account relevant international obligations, national circumstances and laws, and noting that the United Nations General Assembly has adopted the United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples;*
- d) The full and effective participation of relevant stakeholders, in particular indigenous peoples and local communities, in the actions referred to in paragraphs 70 and 72 of this decision;*
- e) That actions are consistent with the conservation of natural forests and biological diversity,*

ensuring that the actions referred to in paragraph 70 of this decision are not used for the conversion of natural forests, but are instead used to incentivize the protection and conservation of natural forests and their ecosystem services, and to enhance other social and environmental benefits;

- f) *Actions to address the risks of reversals;*
- g) *Actions to reduce displacement of emissions*

Il percorso per la definizione delle metodologie applicabili al REDD+ nel 2011 cambia continente, trasferendosi in Africa, a Durban, dove dopo due settimane di negoziazioni e uno sfioramento di quasi quaranta ore della deadline per la fine della sessione, all'alba dell'11 dicembre si conclude la diciassettesima Conferenza delle Parti, che adotta due decisioni sul REDD+ particolarmente significative: la decisione 2/CP.17 e la 12/CP.17 (vd. *Allegato 1*).

La prima decisione (2/CP.17), che in realtà è una parte (sezione "C") della decisione 2/CP.17 che tratta tutti i temi affrontati dal Gruppo di lavoro ad hoc *LCA* (*Long-term Cooperative Action*) sulla cooperazione di lungo periodo, riguarda i finanziamenti della fase di piena attuazione del meccanismo REDD+, o terza fase. Rilevante in fatto di *safeguard*, e quindi di biodiversità, è il richiamo (*paragrafo 63*) all'Appendice 1 della decisione 1/CP.16 di Cancùn; viene ribadito che l'attuazione delle attività REDD+ dovrebbe essere coerente con l'applicazione delle *safeguard* elencate nell'appendice. La decisione 12/CP.17, specifica sul REDD+, affronta questioni metodologiche quali le modalità relative alla costruzione dei livelli forestali di riferimento (*Forest Reference Levels - FRLs*) e quelli di emissioni forestali (*Forest Reference Emission Levels - FRELs*). Questi costituiscono i livelli (*benchmarks*) sulla base dei quali quantificare le performance relative alle azioni REDD+ di terza fase, i primi riferibili alle attività di gestione sostenibile delle foreste, conservazione ed aumento degli *stock* di Carbonio, i secondi alle attività di deforestazione e degrado forestale. La decisione stabilisce che i livelli di riferimento debbano basarsi, per quanto possibile, sulle serie storiche, aggiungendo che si potranno apportare modifiche che tengano in considerazione particolari circostanze nazionali. La decisione risulta evasiva nel definire specificatamente le modalità di costruzione dei livelli di riferimento, ma definisce solo alcuni principi (quali trasparenza, consistenza e stime prudenziali coerenti con gli inventari nazionali dei gas serra) e regole generali da seguire nella loro costruzione (quali la comunicazione della definizione di foresta utilizzata, elenco dei comparti di Carbonio considerati e attività incluse), lasciando di fatto ad ogni singolo *Paese* la scelta di approcci e metodi da utilizzare (Perugini et al.,

2012). Per la loro definizione viene ammesso un processo graduale (per passi successivi) dando ai *Paesi* in via di sviluppo la possibilità di incorporare dati e metodologie più aggiornati e di coprire gradualmente l'intero territorio nazionale. A tal proposito, possono essere utilizzati anche livelli di riferimento sub-nazionali, ma solo in forma transitoria. I livelli forestali di riferimento e quelli di emissioni forestali dovranno essere trasmessi su base volontaria al segretariato UNFCCC, resi pubblici attraverso una piattaforma web, e sottoposti a un processo di verifica tecnica. La decisione 12/CP.17 di Durban affronta nello specifico anche il tema delle *safeguard*. Di seguito vengono esposti i principali risultati:

- La COP di Durban e le ulteriori guide sulle *safeguard*

La decisione fornisce ai *Paesi* in via di sviluppo guide generali sul sistema per fornire informazioni sulle modalità di attuazione delle *safeguard* di Cancùn (SIS – *Safeguards Information System*), che andrebbero garantite nell'attuazione delle azioni REDD+. Secondo la decisione approvata a Durban, i *Paesi* in via di sviluppo dovrebbero fornire informazioni trasparenti e coerenti, utilizzando, ove possibile, gli schemi nazionali esistenti (Vd. Box 3.2).

Box n. 3.2 – SIS – Sistemi per fornire informazioni sulle modalità di attuazione delle *safeguard* di Cancùn (Decisione 12/CP.17, Durban 2011)

[Decisione 12/CP.17, Sezione 1, paragrafo 2]

“[...] systems for providing information on how safeguards [...] are addressed and respected should, taking into account national circumstances and respective capabilities, and recognizing national sovereignty and legislation, and relevant international obligations and agreements, respect gender considerations:

- a) Be consistent with the guidance identified in decision 1/CP.16, appendix I, paragraph 1;*
- b) Provide transparent and consistent information that is accessible by all relevant stakeholders and updated on a regular basis;*
- c) Be transparent and flexible to allow for improvements over time;*
- d) Provide information on how all of the safeguards referred to in appendix I to Decision 1/CP.16 are being addressed and respected;*
- e) Be country-driven and implemented at the national level;*
- f) Build upon existing systems, as appropriate.”*

Un riassunto delle informazioni dovrà essere fornito periodicamente e incorporato nelle Comunicazioni nazionali o attraverso altri canali decisi dalla Conferenza delle Parti della Convenzione. La decisione reitera il tema della sovranità nazionale dei *Paesi*, che sono quindi chiamati a costruire il loro SIS secondo le specifiche

esigenze nazionali, abbandonando così l'idea iniziale di uno schema comune da seguire, utile anche per il confronto delle informazioni fornite. Vi saranno dunque tanti sistemi (SIS) quanti saranno i *Paesi* aderenti al REDD+. Fatto ancor più grave da notare è da notare che non vi è alcun obbligo di segnalazione del successo, o peggio delle lacune, nell'attuazione delle misure di tutela, né sono previste penalizzazioni nel caso che non vengano attuate in modo efficace, quest'ultimo elemento, insieme all'assenza di sistemi adeguati per controllarne l'effettiva applicazione, è causa di critiche al meccanismo REDD+, soprattutto da parte delle organizzazioni non-governative ed alcuni *Paesi* in via di sviluppo.

La COP-19 di Varsavia costituisce una pietra miliare per il REDD+, viene infatti approvato un pacchetto sostanziale di sette decisioni (il *Framework* REDD+ di Varsavia) che di fatto completa il quadro metodologico del REDD+ (vd. *Allegato 1*). La COP 19 chiarisce alcuni punti ancora irrisolti riguardanti risultati della fase tre e relativi pagamenti, ruolo degli strumenti finanziari, del Fondo Verde per il Clima (GVD). Il *Framework* REDD+ di Varsavia comprende decisioni sul coordinamento del supporto finanziario, sui sistemi nazionali per il monitoraggio delle foreste, sulla revisione tecnica dei livelli di riferimento per le foreste (FRLs/FRELs), sull'importanza dell'affrontare i driver di deforestazione e sulle modalità per le misurazioni, reporting e verifica (MRV). Riguardo al sistema MRV (misurazioni, reporting, verifica), assume particolare importanza la decisione 14/CP.19 (vd. *Allegato 1*) del *Framework* REDD+ di Varsavia. I *Paesi* REDD+ che vogliono ricevere gli incentivi economici per le azioni REDD+ basate sulle performances (fase tre o di piena implementazione) dovranno presentare:

- Livello di riferimento (FRL) o livello di riferimento delle emissioni (FREL) sulla base del quale verranno quantificate le performance delle azioni
- Informazioni e dati utilizzati per la stima delle tCO₂ evitate/assorbite come conseguenza dell'implementazione delle attività REDD+

Questo *set* di informazioni verranno sottoposti a valutazione tecnica nel contesto UNFCCC.

Pacchetto di **7 decisioni** sul REDD+:

- **9/CP.19:** pagamenti basati sui risultati, risorse pubbliche e private, ruolo chiave del Green Climate Fund
- **10/CP.19:** coordinamento del supporto finanziario, meeting volontari dei Focal Point nazionali e review dei risultati nel 2017
- **11/CP.19:** sistemi nazionali per il monitoraggio delle foreste (linee guida IPCC, trasparenza, coerenza, informazioni adatte a MRV)
- **12/CP.19:** Summary sull'applicazione delle safeguard (Comunicazioni nazionali, REDD+ Web Platform)
- **13/CP.19:** linee guida per la valutazione tecnica dei RLs/REs
- **14/CP.19:** modalità per le MRV (valutazione tecnica delle informazioni)
- **15/CP.19:** driver di deforestazione e degrado forestale (predisposizione di attività per affrontare il problema e condivisione informazioni)

Ai fini degli obiettivi del presente studio si ritiene opportuno approfondire soltanto l'analisi della decisione 12/CP.19 relativa alle *safeguard*.

- Come viene affrontata la biodiversità forestale nel “Framework REDD+ di Varsavia”?

Nel Framework di Varsavia, due sono i principali elementi riguardanti le *safeguard*. Il primo riguarda la richiesta ai *Paesi* in via di sviluppo che vogliono ricevere incentivi finanziari per la terza fase del REDD+, di presentare una sintesi contenente informazioni sull'attuazione delle misure di tutela socio-ambientali (*safeguard*) previste dagli Accordi di Cancùn. Tale richiesta è oggetto della decisione 9/CP.19 (vd. *Allegato 1*), al paragrafo 4. Il secondo elemento è una decisione ad hoc sulle tempistiche e la frequenza di presentazione di tali sintesi (summary).

Gli elementi chiave della decisione sono:

- La pubblicazione, su base volontaria, delle informazioni sulla piattaforma web UNFCCC REDD+⁵;
- La tempistica con cui presentare le comunicazioni, sia attraverso le Comunicazioni Nazionali (National Communications) che attraverso la piattaforma web, quando si iniziano a implementare le attività REDD+;

⁵ <<http://unfccc.int/redd>>

- Concordezza tra la frequenza con cui fornire le informazioni e le National Communications, dunque una cadenza almeno quadriennale, anche se il Paese può pubblicare le informazioni anche prima sulla piattaforma web.

È doveroso inoltre segnalare che il testo non obbliga le Parti a presentare tale sintesi (“*summary*”), si usa infatti il condizionale (“*should provide*”). Ciò denota la scarsa attenzione che le Parti hanno dato a un pilastro fondamentale dell’approccio REDD+, quello del rispetto delle misure socio-ambientali, che nel loro insieme costituiscono i presupposti affinché il REDD+ non evolva in un meccanismo perverso che non tenga nella dovuta considerazione la conservazione della biodiversità e il rispetto per i principi socio-ambientali.

Due anni dopo, a Parigi, durante la COP 21, oltre al tanto atteso Accordo di Parigi, le Parti hanno adottato varie decisioni, tra cui tre relative al REDD+. In particolare è stato trovato un accordo (decisione 16/CP.21) sul riconoscimento della proposta boliviana su approcci alternativi non legati al mercato, quali gli approcci congiunti su mitigazione e adattamento per la gestione sostenibile e integrale delle foreste. La decisione 18/CP.21 riguarda i cosiddetti *non-carbon benefits*, decisione 18/CP.16 (vd. Allegato 1), cioè benefici associati alle attività REDD+ che possono contribuire alla sostenibilità nel lungo termine delle attività REDD+ stesse e all’adattamento ai cambiamenti climatici. Tale decisione è stata frutto di un lungo e difficile processo fortemente voluto dai Paesi africani e iniziato formalmente alla COP-18 di Doha che segna l’inizio di tre programmi di lavoro: uno sui pagamenti di terza fase (RBPs), uno sul coordinamento del supporto finanziario e uno appunto sui *Non-carbon benefits* (NCBs). Seppur snaturata del suo obiettivo iniziale - al paragrafo 5 viene sentenziato che i NCBs non costituiscono un requisito per ricevere i pagamenti di terza fase – questa decisione resta un chiaro segnale e impulso a fare in modo che le attività REDD+ perseguano obiettivi molteplici che vadano oltre il mero stoccaggio del Carbonio, non trascurando cioè la molteplicità di servizi eco-sistemici e sociali forniti dalle foreste. Seppur non specificato nella decisione, in cui le Parti interessate sono chiamate a definirne la natura, scala e importanza, molte Parti includono tra i NCBs anche la biodiversità e i servizi ecosistemici a essa associati.

Infine, la decisione 17/CP.21 riguarda ulteriori linee guida sulla presentazione delle safeguard (vd. Box 3.4).

Box n. 3.4 – Elementi da includere nei sistemi per fornire informazioni sulle modalità di attuazione delle *safeguard* (Decisione 17/CP.21, Parigi, 2015)

[Decisione 17/CP.21, paragrafo 5]

“[...] Strongly encourages developing country Parties, when providing the summary of information referred to in paragraph 1 above, to include the following elements, where appropriate:

- a) Information on national circumstances relevant to addressing and respecting the safeguards;*
- b) A description of each safeguard in accordance with national circumstances;*
- c) A description of existing systems and processes relevant to addressing and respecting safeguards, including the information systems referred to in decision 12/CP.17, in accordance with national circumstances;*
- d) Information on how each of the safeguards has been addressed and respected, in accordance with national circumstances.”*

Si tratta di una decisione di compromesso e sostanzialmente un’occasione mancata. I Paesi in via di sviluppo, infatti, si sono battuti per non avere imposte, e neanche indicate, delle vere linee guida sulla presentazione della sintesi riguardanti le informazioni sull’applicazione delle *safeguard*. Le indicazioni presenti su questa decisione appaiono infatti molto vaghe.

In conclusione, da questa analisi sembra emergere chiaramente che il quadro metodologico del negoziato per il REDD+ non riconosca un legame diretto tra la biodiversità e gli obiettivi di mitigazione, relegandola a un semplice beneficio aggiuntivo o non-carbon benefit. Il paragrafo successivo analizzerà nello specifico quali potrebbero essere gli impatti negativi e incentivi perversi di una tale visione.

3.1.1. REDD+ e biodiversità o REDD+ vs. biodiversità? Il caso del Ghana

Non riconoscere alla biodiversità un ruolo nel perseguimento del principale obiettivo del REDD+, quello di mitigazione, - come appare dai risultati della review delle decisioni REDD+ - può portare con se rischi gravi per il raggiungimento degli obiettivi di lungo termine del REDD+. Questo paragrafo illustra i potenziali rischi per la biodiversità legati ad una attuazione delle attività REDD+ che non tenga nella dovuta considerazione la biodiversità forestale, individuando infine le azioni chiave volte ad evitare tali rischi e includere le considerazioni sulla biodiversità nel contesto del REDD+. I principali timori riguardo alla conservazione della biodiversità nel contesto del REDD+ sono legati a rischi di vario tipo che vanno dalla potenziale incentivazione della conversione delle foreste naturali - come possibile risultato del focalizzarsi esclusivamente sugli stock di Carbonio a discapito degli aspetti concernenti la biodiversità, ad esempio puntando

sull'attività 5 del REDD+ (aumento degli *stock* forestali di Carbonio) a discapito della conservazione delle foreste naturali – al potenziale degrado forestale dovuto all'applicazione di pratiche gestionali nelle foreste naturali che spesso si traduce in utilizzazioni forestali non sostenibili che ne mettono a rischio gli equilibri naturali. La *Tabella 3.1* illustra sinteticamente i potenziali rischi per la biodiversità dovuti a una corretta o meno attuazione delle azioni REDD+, e le potenziali soluzioni.

Table 3.1 – Attività REDD+ e rischi potenziali per la biodiversità

Attività REDD+	Rischi potenziali	Potenziali soluzioni
Riduzione delle emissioni dovute a deforestazione e degrado forestale	- Spostamento delle emissioni in aree non incluse nel regime REDD+ o a basso contenuto di Carbonio e alto livello di biodiversità; - <i>Leakage</i> (nazionale e internazionale) - Degrado forestale o deforestazione non intercettati da definizioni di foresta che non differenziano tra foreste naturali e piantagioni	- Politiche e strategie REDD+ su scala nazionale; - Presentazione di livelli forestali di riferimento (FRL/FREL) nazionali. - Definizione nazionale di foresta che differenzi le foreste naturali dalle piantagioni; - Garantire l'accesso al REDD+ per il maggior numero di <i>Paesi</i> con foreste tropicali.
Conservazione e gestione sostenibile delle foreste	- Attività di gestione forestale in foreste naturali, che producono degrado forestale - Perdita di biodiversità e <i>stock</i> di Carbonio	- Stabilire definizioni chiare e univoche di "gestione sostenibile delle foreste" da applicare al REDD+ su scala nazionale
Aumento degli <i>stock</i> forestali di Carbonio	- Incentivazione delle piantagioni monocolturali a discapito della conservazione delle foreste naturali; - Rischio di sostituzione delle foreste naturali con piantagioni con specie arboree anche per la produzione di prodotti agricoli (es. olio di palma, cocco) - Introduzione di specie aliene	- Definizione di foresta che escluda chiaramente le piantagioni produttive pur raggiungendo i criteri minimi (copertura, superficie, altezza alberi) della definizione di foresta.

i. Le attività di riduzione della deforestazione e del degrado forestale

In generale i rischi principali legati alle attività di riduzione della deforestazione e del degrado forestale sono legati alla possibilità che da una parte il REDD+ remunererà i *Paesi* per le azioni di terza fase volte alla diminuzione delle emissioni, ma dall'altra che tali fenomeni si spostino nelle aree non interessate dal regime del REDD+ o a basso contenuto di Carbonio ma alto valore per la biodiversità. In gergo negoziale tale fenomeno si chiama “leakage” o semplicemente “displacement of emissions”. Al fine di diminuire tale rischio, i *Paesi* dovrebbero pianificare sia le strategie che le politiche REDD+, nonché i livelli di riferimento su scala nazionale. Tuttavia anche questa raccomandazione non scongiora il rischio del leakage internazionale, cioè che i fenomeni di deforestazione e degrado forestale si trasferiscano oltre i confini nazionali. Purtroppo tale rischio è stato quasi ignorato in questi dieci anni di negoziato. L'Unione europea, anche su impulso italiano, ha provato a portarlo sul tavolo negoziale, proponendo la possibilità di prevedere, quale condizione per l'entrata in funzione del meccanismo REDD+, un numero minimo di *Paesi* partecipanti al REDD+, a cui corrispondesse un'alta percentuale di foresta a livello globale, ma tale misura sarebbe stata di difficile attuazione e avrebbe potuto ritardare ulteriormente la fase di attuazione del meccanismo. Un altro rischio legato alle attività di riduzione della deforestazione e del degrado forestale è legato alla definizione nazionale di foresta adottata dal *Paese*, e in particolare se questa differenzi tra foreste naturali, foreste gestite e piantagioni. Una definizione troppo generale che includa ad esempio anche le piantagioni monospecifiche ad uso produttivo non legnoso nella definizione di foresta, rischierebbe di tradurre le attività REDD+ in incentivi perversi che per assurdo potrebbero consentire la trasformazione di foreste naturali in piantagioni. Questo tema sarà affrontato in modo approfondito nel caso studio sulle foreste tropicali del Ghana, nei prossimi paragrafi.

ii. La conservazione e la gestione sostenibile delle foreste

L'evidenza empirica dimostra l'importanza unica delle foreste primarie per la conservazione della biodiversità (Barlow et al. 2007). Secondo alcuni studi le piantagioni

di alberi non presentano necessariamente bassi indici di biodiversità (ad es Barlow et al., 2007, Brockenhoff et al. 2008) e possono catturare significative quantità di Carbonio, ma altri dimostrano l'impatto negativo complessivo di piantagioni di legname su larga scala sulla biodiversità in paesaggi di foreste primarie (ad esempio, Kanowski al., et 2005). La gestione sostenibile delle foreste e la conservazione degli *stock* forestali di Carbonio rappresentano due delle cinque attività ammissibili al REDD+. Il concetto di Sustainable Forest Management (SFM) - gestione forestale sostenibile - è considerato un concetto in evoluzione, che si basa sui "principi forestali" adottati a Rio nel 1992 in occasione della Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e lo Sviluppo (UNCED). Il concetto di SFM è ampiamente accettato e riconosciuto dal Forum delle Nazioni Unite sulle foreste (UNFF) e nell'ultimo ventennio vari studi ne hanno approfondito il significato, anche esplicitando gli aspetti pratici relativi alle misure selvicolturali. Ad esempio, l'Organizzazione ITTO (*International Tropical Timber Organization*) nel 2005 ha lavorato su un sistema di criteri e indicatori per la SFM, e nel 2009 il Segretariato della CBD e l'IUCN hanno pubblicato una guida sulla SFM (SCBD, 2009). Pur essendo un concetto sufficientemente esplorato e già adottato in più contesti, l'UNFCCC lo esclude categoricamente, e non compare in nessuna delle decisioni sul REDD+. Al concetto ormai affermato di SFM, infatti, il negoziato UNFCCC contrappone il concetto "nuovo" poiché non definito di Sustainable Management of Forests - SMF, ovvero gestione sostenibile delle foreste. A tutt'oggi la motivazione non è ben chiara neanche a molti negozianti UNFCCC, che continuano a intendere che le due locuzioni sottendano lo stesso concetto, mentre altri si sono sempre battuti per tenerle ben distinte, facendo intendere che esse esprimono due concetti diametralmente opposti. Mentre alcuni sostengono che la conservazione delle foreste primarie, ad esempio, in aree protette, potrebbe e dovrebbe essere parte integrante della SFM, altri ne associano anche il rischio dello sfruttamento delle risorse forestali volto ad ottimizzare i profitti - anche in foreste primarie - preferendo quindi la locuzione SMF (propria del negoziato UNFCCC) e differenziandola nettamente dal Sustainable Forest Management ampiamente definito in altri fora. Restaurare e riabilitare le foreste naturali sono attività di respiro a lungo termine spesso meno redditizie di impianti arborei produttivi o piantagioni e inoltre risultano più impegnative e complesse in termini di tempo e competenze. In generale, le attività di gestione hanno impatti diversi sulle foreste a cui sono dirette e sugli ecosistemi circostanti - a seconda del tipo di attività e delle circostanze specifiche della zona in cui viene implementata. Ad esempio, la realizzazione

di attività di gestione "sostenibili" ha impatti più gravi sulla biodiversità nelle foreste primarie intatte che in foreste che siano già utilizzate per il legname (Barlow et al. 2007, SCBD 2009). L'assenza di una definizione di SMF e la poca chiarezza delle decisioni REDD+ in materia di SMF potrebbero risultare dunque in effetti negativi sulla biodiversità forestale, per cui ad esempio attività REDD+ di SMF potrebbero tradursi in interventi quali i tagli selettivi in foreste primarie potrebbero risultare in degrado delle stesse (vd caso studio Ghana, paragrafo 6), se almeno su scala nazionale non viene definito, e in modo univoco, il concetto di "gestione sostenibile delle foreste".

iii. Aumento degli *stock* forestali di Carbonio

Su scala globale vi è un grande potenziale di aumento degli *stock* forestali di carbonio attraverso attività quali riforestazione, restauro forestale o promozione della rinnovazione naturale (Piper et al. 2009). La domanda crescente di assortimenti legnosi e prodotti non legnosi è intimamente legata all'attività v del REDD+, l'aumento degli *stock* forestali di carbonio, e al peso che questa attività può assumere nei confronti delle altre quattro, tutte rivolte esclusivamente ad aree in cui vi è già presenza di foreste.

Anche se in teoria, gli interventi consentiti ai REDD+ (vd. nota 7) possono essere considerati separatamente in pratica sono spesso strettamente legati e potrebbero consentire pratiche di gestione insostenibili causa la mancanza di definizioni specifiche ed esaurienti. Non essendoci una definizione in ambito REDD+ delle attività riferite all'aumento degli *stock* forestali di Carbonio, queste possono essere attuate indistintamente in aree prive di copertura forestale (attività di imboschimento o riforestazione) o in aree forestali, ad esempio attraverso attività di restauro forestale. Le implicazioni sulla biodiversità forestale possono essere rilevanti in dipendenza dell'area di intervento e del tipo di attività. Ad esempio, dove le foreste naturali sono già state degradate, attività di restauro e di riabilitazione volte a migliorare gli *stock* di Carbonio sono in grado di produrre benefici aggiuntivi sulla biodiversità maggiori di quanti se ne avrebbero con la creazione di nuove piantagioni (Karosakis 2009, Harvey et al. 2010, Von Scheliha et al. 2009).

Le implicazioni sulla biodiversità forestale appaiono ancora più chiare se confrontiamo l'assenza nel contesto del REDD+ di una definizione di "aumento degli *stock* forestali di Carbonio" con l'approccio del Centro per la conservazione e il

Monitoraggio mondiale dell'UNEP (UNEP-WCMC, 2007), che in materia di restauro forestale include nella definizione una componente qualitativa definendolo “*lo sforzo per ripristinare struttura, produttività e diversità di specie della foresta originariamente presente. Con il tempo, i processi ecologici e le funzionalità delle foreste restaurate andranno a coincidere con quelli della foresta originale*”. Di contro nel contesto UNFCCC le uniche definizioni assimilabili a questa attività REDD+ sono quelle di imboschimento (*afforestation*) e riforestazione (*reforestation*) della decisione 11/CP.7⁹ relativa al Protocollo di Kyoto, che non contengono alcuna componente qualitativa che possa differenziare tra il restauro di una foresta naturale e l’impianto di una piantagione monospecifica (vd caso studio su foreste ghanesi, paragrafo 6).

iv. Il problema irrisolto delle definizioni di foresta: il caso del Ghana

Dieci anni di intenso negoziato sul REDD+, sedici decisioni *ad hoc* distribuite in dieci COP, decine di workshop, seminari e centinaia di incontri formali e informali non sono bastati per riuscire a produrre per il REDD+ una definizione di foresta, o dei criteri sui quali ogni Paese possa basarsi per definirla, che tenesse in considerazione caratteri qualitativi quali il grado di naturalità o di biodiversità forestale e complessità strutturale che differenziano le formazioni naturali da quelle caratterizzate dall’intervento antropico.

Quello della definizione di foresta resta uno dei problemi che non ha trovato soluzione nel quadro metodologico delineato dai negoziati UNFCCC sul REDD+. Purtroppo è lecito pensare che la mancata differenziazione, in ambito UNFCCC e nello specifico REDD+, tra le definizioni di foresta naturale e, ad esempio, di piantagione, possa avere risultati anche gravi in termini di perdita di biodiversità nell’implementazione delle attività REDD+ e in ultima analisi allontanare il REDD+ dal suo principale obiettivo, quello della conservazione delle foreste e riduzione delle emissioni ad esse connesse. La mancata differenziazione delle foreste naturali diminuisce anche il valore e l’applicabilità della *safeguard* volta alla non conversione delle foreste naturali: appare infatti difficile evitare qualcosa di cui non si conosce la definizione. Al fine di evitare una conversione delle foreste naturali, è importante definire con chiarezza ciò che costituisce “naturale” una foresta (Sasaki & Putz 2009).

Bisognerà dunque rimettersi alla responsabilità e al buon senso dei singoli Paesi, che sono chiamati a dare la loro definizione nazionale di foreste naturali: di fatto potremmo trovarci con tante definizioni quanti sono i Paesi REDD+. Ciò avrebbe indubbe conseguenze anche in termini di comparabilità degli sforzi per il rispetto della relativa *safeguard* “e” sulla non-conversione delle foreste naturali.

Alla luce di quanto esposto, possiamo affermare che nonostante esista una specifica *safeguard* che richiede la non-conversione delle foreste naturali (vd paragrafo 3.1), i rischi di trasformazione di queste in piantagioni non possono essere effettivamente esclusi, se il Paese non distingue nettamente le foreste naturali da tutte le altre formazioni con specie arboree.

Al problema della definizione, si lega il problema della determinazione dei rispettivi livelli di riferimento (di emissione) delle foreste (FRL/FRELs) per accedere alla fase tre del REDD+.

Di seguito, a titolo esemplificativo, si tratta il caso del Ghana che, per via del cambio della definizione nazionale di foresta – e l’inclusione nella definizione precedente di alcune piantagioni monospecifiche ad uso produttivo non legnoso – ha presentato lo scorso gennaio al Segretariato UNFCCC un FREL (2017), la cui superficie totale di foreste si discosta per più di 3.600.000 ha (pari a più del 20% del territorio nazionale del Ghana) dal valore presentato dal Ghana al FRA 2015, appena due anni fa. Per approfondimenti sugli aspetti tecnici relativi alle differenti definizioni si rimanda al paragrafo 5.1.

In generale, la selezione della definizione è una scelta non priva di conseguenze e ha degli impatti su aspetti differenti, come l’estensione della superficie forestale del Paese e l’impatto sugli ecosistemi naturali.

La scelta di una soglia minima di copertura bassa (10%), come quella applicata dal Ghana nel FRA 2010 e 2015, ha determinato un aumento delle superfici classificate come “forestali”, poiché anche aree molto degradate con pochi alberi sono finite per ricadere all’interno della definizione di foresta, anche se in realtà il loro uso è differente da quello forestale. A tal proposito è da notare, come approfondito nel paragrafo 5.1, che la definizione di foresta sottomessa dal Ghana al Segretariato UNFCCC già nel 2011, includeva alcune piantagioni arboree anche ad uso non legnoso. Si tratta di un aspetto

particolarmente rilevante nel contesto del REDD+, in quanto, come illustrato sopra, la mancata differenziazione netta tra foresta naturale e piantagioni (per di più ad uso produttivo non legnoso) potrebbe innescare meccanismi perversi, risultanti in un considerevole degrado delle foreste primarie che rischierebbero di essere convertite in piantagioni senza perdere il loro status di foresta.

Un altro impatto della definizione di foresta è legato alle caratteristiche degli ecosistemi naturali presenti nel Paese di riferimento. Nel caso del Ghana, ad esempio, ecosistemi di savana africana che presentano delle densità di copertura arborea bassa, inferiore al 15% stabilito nella definizione di foresta del FREL (2017), con acacie e baobab (*Adansonia*) come formazione climax di questo ecosistema, sono stati esclusi dalla definizione di foresta. Tale esclusione potrebbe però a sua volta innescare meccanismi di degrado anche in questi importanti ecosistemi naturali.

In conclusione, appare evidente che la definizione di foresta applicata influisce sensibilmente sia nella costruzione del livello di riferimento per le emissioni forestali, sia nel ridurre eventuali rischi di degrado e di perdita di biodiversità legati anche all'implementazione delle attività REDD+.

Il caso studio trattato nella sezione II approfondirà nello specifico tale tema, mettendo in relazione la biodiversità e lo *stock* di carbonio in formazioni forestali con differenti gradienti di naturalità e intervento antropico, quali le foreste primarie e le piantagioni monospecifiche.

3.2. Risultati dell'analisi dei principali parametri di biodiversità utilizzati nel monitoraggio dei progetti REDD+

L'analisi ha consentito di analizzare 26 progetti svolti in diversi *Paesi* africani. I progetti sono elencati in *Tabella 3.2*. La stragrande maggioranza dei progetti è stata attuata in Africa sud-orientale e solo uno nell'area del Bacino del Congo.

Tabella 3.2 – Progetti REDD+ svolti in Africa (Fonte REDD+)

Nome del progetto	Tipo	versione dei CCB Standard usata	Stato	Area del progetto (ha)	Anno di inizio	Documenti Analizzati
-------------------	------	---------------------------------	-------	------------------------	----------------	----------------------

Reforestation in Grassland of Uchindile, Kilombero, Tanzania & Mapanda, Mufindi, Tanzania	A/R	2	Tanzania	12,905	1997	PDD, Monitoring Plan, PIR
TIST Program in Kenya CCB-002	A/R	2	Kenia	2,55610	2004	PDD, PIR
TIST Program in Kenya CCB-004	A/R	2	Kenia	2,72400	2004	PDD, Monitoring Report, PIR
TIST Program in Uganda CCB-002	A/R	2	Uganda	11.596	2003	PDD, PIR
TIST Program in Uganda CCB-001	A/R	2	Uganda	14.875	2003	PDD, Monitoring Report, PIR
TIST Program in Kenya CCB-003	A/R	2	Kenia	74.192	2004	PDD, Monitoring Report, PIR
TIST Program in Kenya	A/R	2	Kenia	15.652	2004	PDD, Monitoring Report, Monitoring Report, PIR
The Kasigau Corridor REDD Project Phase I – The Rukinga Sanctuary	RED	2	Kenia	30,166	2006	PDD, Monitoring Plan, PIR
The Kasigau Corridor REDD Project, Kenya Phase II	RED	2	Kenia	169,741	2010	PDD, Monitoring Plan, PIR
Mai Ndombe	RED	2	Repubblica Democratica del Congo	299,645	2011	PDD, Monitoring Plan, PIR
Humbo Ethiopia Assisted Natural Regeneration Project	A/R	1	Etiopia	2,728	2006	PDD
Forest Again Kakamega Forest	A/R	1	Kenia	490	2009	PDD
Kuzuko Lodge Private Game Reserve Thicket Restoration Project	A/R	2	Sud Africa	16,000	2012	PDD
Makira Protected Forest Area Project	RED	2	Madagascar	360,060	2005	PDD
Sodo Community Managed Reforestation (Forest Regeneration) Project	A/R	2	Etiopia	503	2006	PDD

Buffelsdraai Landfill Site Community Reforestation Project	A/R	2	Sud Africa	520	2008	PDD
Abote Community-Managed Reforestation Project	A/R	2	Etiopia	5446	2012	PDD
Addo Elephant National Park, Baviaanskloof Nature Reserve and Great Fish River Nature Reserve Restoration Project (ABFRP)	A/R	2	Sud Africa	5,285	2004	PDD
Sofala Community Carbon Project	Agro-forestry e RED	2	Mozambico	9599 per REDD e 1800 per agro forestry	2002	PDD
Sustainable Agriculture in a Changing Climate	A/R	2	Kenia	132629	2010	PDD
Kariba REDD+ Project	RED	2	Zimbabwe	784782	2011	PDD, Monitoring Plan
Kachung Forest Project: Afforestation on Degraded Lands	A/R	2	Uganda	2,669	2006	PDD
Reforestation in Grassland Areas of Idete, Mufindi District, Iringa Region, Tanzania	A/R	1	Tanzania	11,663	2006	PDD
Kikonda Forest Reserve Reforestation Project	A/R	1	Uganda	12,182	2001	PDD
Niassa Forest Project	A/R	2	Mozambico	5,252	2007	PDD
Lower Zambezi REDD+ Project	RED	2	Zambia	38,781	2009	PDD

L'analisi ha portato ad individuare come fattori comuni ai progetti alcuni parametri. In nessun caso è stato possibile risalire agli obiettivi specifici del monitoraggio e ai relativi protocolli applicati.

I parametri sono stati categorizzati come di seguito:

- i. **Diversità tassonomica.** Composizione specifica, negli strati strutturali. Ricchezza specifica, lista floristica e abbondanza di individui per specie, sia spontanee (in

particolare quelle con *High Conservation Value* – HCV) che aliene. Vulnerabilità delle specie;

- ii. **Struttura a scala vasta e di popolamento delle superfici forestali.** Superficie della foresta naturale o impiantata, grado di frammentazione delle aree forestali e di connettività attraverso corridoi ecologici, densità dell'impianto;
- iii. **Parametri ecofisiologici.** Produzione primaria netta della foresta;
- iv. **Parametri di pressione.** Frequenza degli incendi;
- v. **Parametri ecologici.** Numero di specie di uccelli usato come indicatore dello stato di naturalità delle foreste e del successo della piantagione, monitoraggio della successione ecologica (nel caso di impianti su praterie).

In particolare dalla lettura dei documenti dei progetti emerge un completo disaccoppiamento del monitoraggio degli effetti della biodiversità sull'incremento degli *stock* di Carbonio ove siano realizzati imboschimenti e riforestazioni (A/R) o sulla riduzione delle emissioni da deforestazione o degrado forestale (ove siano messe in atto misure REDD), con il monitoraggio di attributi forestali connessi alla biodiversità forestale che possono aver generato questi effetti. In altre parole, la questione se (il mantenimento o la creazione) formazioni forestali con maggiori livelli di biodiversità (compositiva, strutturale, funzionale) generino maggior benefici anche in termini di obiettivi REDD+ (conservazione e incremento degli *stock* di Carbonio) o maggior resilienza degli *stock* di Carbonio nel tempo, viene completamente elusa dagli obiettivi del monitoraggio.

In conclusione si evidenzia, che i parametri riscontrati, non vengono utilizzati per indicare una relazione con la mitigazione dei cambiamenti climatici, bensì sono legati ai *co-benefit*. Tale analisi avvalora i risultati ottenuti dalla *review* del negoziato REDD+, cioè che il ruolo della biodiversità viene inteso solo in termini di benefici aggiuntivi e non in termini strumentali rispetto alla capacità degli ecosistemi di mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso l'assorbimento di Carbonio atmosferico.

3.3. Considerazioni Conclusive

Sin da principio, quando nel 2005 è stata introdotta l'idea di incentivi per la deforestazione e il degrado forestale evitati, si è ipotizzato che biodiversità e altri servizi eco-sistemici avrebbero automaticamente beneficiato delle riduzioni di emissioni dovute a

deforestazione e degrado delle foreste e, al contempo, contribuito al raggiungimento degli obiettivi. Tuttavia, man mano che le attività incluse nel programma REDD+ sono state ampliate, includendo anche la gestione forestale e l'aumento degli stock di carbonio, e dunque anche attività di riforestazione e imboschimenti, si è compreso che il legame tra queste attività e la conservazione della biodiversità non era così scontato. Al contrario, sono emersi diversi potenziali rischi in termini di obiettivi sociali e ambientali, e, in ultima analisi, anche di capacità degli ecosistemi di fornire nel lungo periodo un mirato servizio di stoccaggio del carbonio per l'ecosistema.

In particolare, l'analisi del negoziato sul REDD+ ha portato alla luce il mancato riconoscimento di un rapporto diretto tra biodiversità e mitigazione dei cambiamenti climatici, considerando la biodiversità solo un effetto positivo aggiuntivo, da tutelare attraverso la definizione di specifiche *safeguard*, che non hanno comunque carattere di obbligatorietà. Non solo, la review delle decisioni UNFCCC, che definiscono l'attuale quadro metodologico del REDD+, ha messo in luce che un programma interamente focalizzato sul carbonio, che ignori la possibile relazione *win-win* tra conservazione della biodiversità e stock di carbonio, rischia di trasformarsi in un incentivo perverso per la conversione di foreste primarie e foreste degradate in piantagioni commerciali.

Pertanto, adesso che il quadro metodologico sul REDD+ è completo e ci avviamo alla fase di implementazione del REDD+, anche su scala nazionale, è fondamentale proporre una serie di raccomandazioni su come l'implementazione del REDD+ potrebbe tener conto di considerazioni sulla biodiversità onde incentivarne il contributo per il raggiungimento degli obiettivi principali di mitigazione.

A tal fine, è necessario dimostrare quanto la biodiversità forestale, intesa come diversificazione della composizione e della struttura delle foreste, sia strumentale agli obiettivi di mitigazione del REDD+. A questa domanda cerca di rispondere il caso di studio delle foreste tropicali del Ghana, presentato nella sezione successiva.

SEZIONE II

BIODIVERSITÀ E STOCK FORESTALI DI CARBONIO NELLE FORESTE TROPICALI: IL CASO STUDIO DEL GHANA

4. Introduzione al caso studio: la relazione tra biodiversità forestale e *stock* forestali di carbonio nelle foreste tropicali

Le relazioni tra biodiversità, Carbonio, foreste e interventi antropici sono complesse e interdipendenti. Per assicurare che i benefici del REDD+ vengano raggiunti, è importante capire le premesse scientifiche per la riduzione delle emissioni derivanti da deforestazione e degradazione forestale, tra Carbonio e biodiversità e come l'attività umana – gestione e governance – la influenzano (Parrotta 2012).

Come messo in luce nei primi paragrafi di questo lavoro, le foreste svolgono un ruolo determinante, sia nel ciclo del globale del Carbonio, che per importanti servizi ecosistemici, oltre a detenere una porzione significativa della biodiversità terrestre.

In particolare, gli *habitat* forestali tropicali custodiscono la più alta biodiversità del pianeta, da cui consegue l'enormità di una potenziale perdita di specie e di una probabile serie di alterazioni della struttura e dell'organizzazione della comunità (Lewis 2008).

Per biodiversità si intende la variabilità degli organismi viventi compresa quella all'interno delle specie, tra le specie e gli ecosistemi (ONU 1992). Numerosi studi hanno individuato forti relazioni tra biodiversità, resilienza e, quindi, la permanenza a lungo termine degli *stock* di Carbonio delle foreste (Diaz et al 2009; Thompson et al 2009). Conclusioni definitive sono tuttavia estremamente difficili da trarre a causa della complessità del problema e della nostra incapacità di condurre esperimenti realistici sul campo (Gardner et al 2010). Numerosi studi in tutti i tropici hanno rilevato come l'intervento dell'uomo, a vario titolo e diverse intensità, stia interferendo nella ricchezza di specie o varietà di particolari gruppi di vegetali e animali (come evidenziato, ad esempio, da Barlow et al 2007; Greiser Johns 1997; Putz, et al. 2001).

Vi è la crescente convinzione, che le riserve di Carbonio presenti in foreste intatte, naturali e ricche di biodiversità si rivelino più resistenti ai cambiamenti climatici e in grado di conservare le scorte di Carbonio delle foreste anche in condizioni avverse, rispetto a quelle di foreste piantate e meno ricche di biodiversità (ad esempio, Fischer et al 2006. Bodin e Wiman 2007). La capacità degli ecosistemi forestali di resistere (“resistenza”) e di recuperare rapidamente da effetti negativi, ristabilendo il loro equilibrio eco-funzionale (“resilienza”), potrebbe rappresentare la chiave per il successo a lungo termine del REDD + e delle motivazioni più ampie per cui è nato.

In effetti, una foresta più resiliente può avere una maggiore capacità di mantenere la sua biomassa di Carbonio in condizioni avverse, e / o può recuperare più rapidamente da episodi di perdita, e quindi adattarsi ai cambiamenti climatici, contribuendo a mantenere un positivo equilibrio tra il guadagno e la perdita di Carbonio nel corso del tempo. Nelle rispettive ipotesi su 'diversità-stabilità' e "assicurazione" (Lehman e Tilman 2000; Yachi e Loreau 1999), si sostiene che l'aumento della biodiversità è destinato ad accrescere la capacità di resistenza degli *stock* di Carbonio delle foreste: se diverse specie, con tolleranze climatiche diverse, svolgono un ruolo funzionale simile, allora una relativa abbondanza di specie simili, può cambiare in risposta ai cambiamenti climatici, mantenendo la funzione di stoccaggio del Carbonio. Il Carbonio immagazzinato nelle foreste naturali intatte (spesso caratterizzate da una elevata biodiversità) è di gran lunga più resistente all' impatto dei cambiamenti climatici e ad altre pressioni rispetto al Carbonio immagazzinato in foreste naturali o piantagioni degradate (che di solito mostrano una modesta biodiversità). Questo, perché il sistema naturale può contenere non solo una maggiore diversità di specie, ma anche una maggiore diversità strutturale e genetica (Mackey et al. 2008).

Ad oggi la maggior parte degli studi sullo stoccaggio di Carbonio in ambiente tropicale sono stati svolti su ecosistemi relativi a piantagioni di specie erbacee, piuttosto che su ecosistemi forestali.

I risultati dei pochi studi già condotti in piantagioni forestali, lasciano però intendere che, ad esempio, la produttività aumenta con l'aumentare della biodiversità: piantagioni di specie arboree miste tendono a produrre più di quando la stessa specie viene coltivata in regime di monocoltura (Thompson et. al., 2009). Non a caso, la letteratura in

materia rivendica il ruolo della biodiversità nella promozione della resilienza. Ci sono anche dati sperimentali e teorici che suffragano l'ipotesi che livelli più elevati di biodiversità aumentino la capacità di recupero delle biomasse di fronte cambiamenti climatici, ma si tratta per la maggior parte di dati che riguardano pascoli e non la biodiversità forestale (Miles et al 2004); è dimostrato tuttavia anche in questo caso, che foreste ad alto contenuto di biodiversità aumentano il loro contributo alla mitigazione dei cambiamenti climatici nel lungo periodo. Per questo motivo, si è sentita la necessità di indagare sulle implicazioni a livello forestale nel seguente caso studio sulle foreste tropicali del Ghana.

5. Materiali e Metodi

5.1. Le foreste naturali e le piantagioni del Ghana

Il Ghana si estende sulla costa occidentale dell'Africa alla latitudine 11.50N e 4.50S e alla longitudine 3.50W and 1.30E, e ha una superficie di 238.540 Km² (23.854.000 ha) (*Ghana's National Communication*, 2015). Il Paese è delimitato dal Burkina Faso a nord, dall'Oceano Atlantico a sud, dal Togo a est e dalla Costa d'Avorio a ovest (*Figura 5.1*). È suddiviso in dieci regioni amministrative (*Figura 5.2*), ha come capitale Accra e una popolazione di 26,8 milioni di abitanti (FAO, 2016).

Figura 5.1 – Inquadramento geografico del Ghana

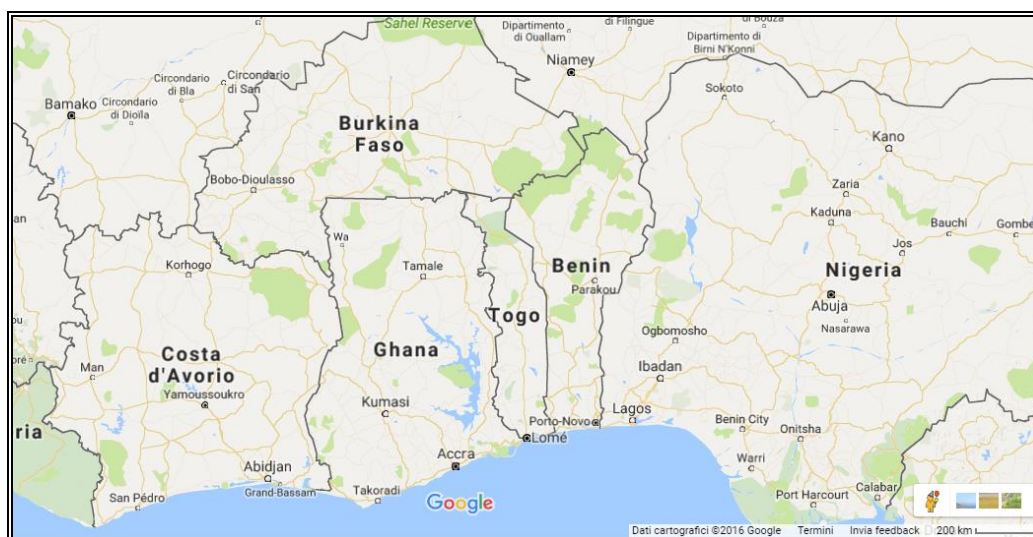
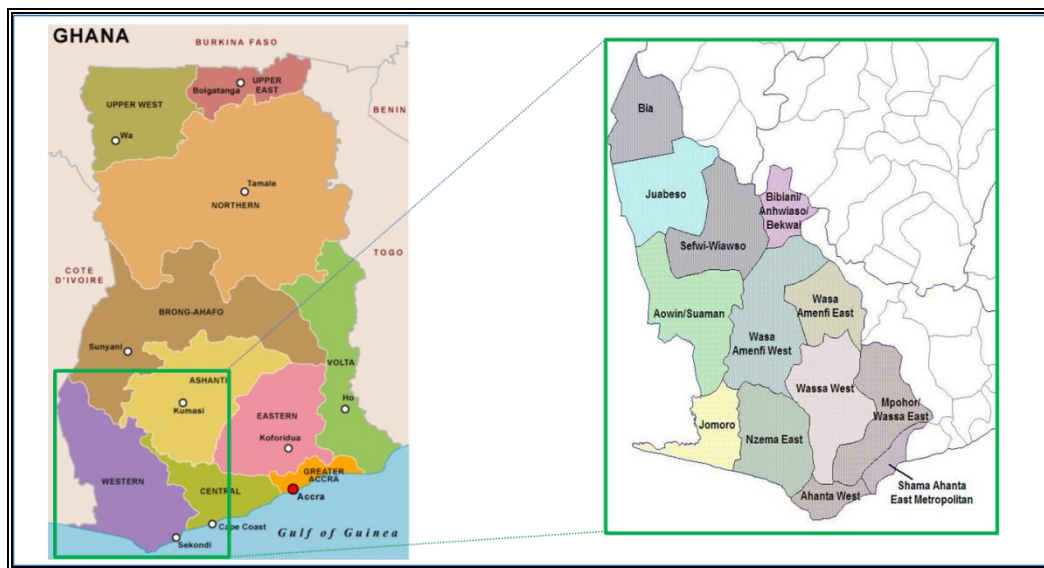


Figura 5.2 – Regioni amministrative del Ghana e distretti della *Western Region*



Il fiume più importante del Ghana è il Volta che insieme al Pra, all'Ankobra e al Tano formano un importante sistema di drenaggio da cui si forma un vasto lago artificiale che si estende per oltre 770.000 ha, dalla diga di Akosombo nel sud-est del Ghana alla città di Yapei a nord, e rappresenta il più grande serbatoio di acqua di tutto il mondo.

Secondo dati FAO⁶, i suoli del Ghana hanno origine alluvionale (Fluvisuoli), generalmente si presentano eterogenei, erosi, poco profondi (Leptosuoli) e con una bassa fertilità per l'eccessivo sfruttamento derivante dalle attività antropiche. Le zone forestali sono caratterizzate da Oxisuoli e suoli a Gley acidi; si tratta di suoli porosi, ben drenati e generalmente argillosi. Differiscono dai suoli della zona di savana per il maggiore accumulo della sostanza organica sulla superficie, dovuto alla maggiore quantità di biomassa presente nelle zone di foresta rispetto alle zone di savana. Gli Oxisuoli e i suoli a Gley acidi sono presenti nelle aree occupate da rocce magmatiche, metamorfiche e sedimentarie. I suoli delle zone di savana presentano, come sopradetto, un basso contenuto di sostanza organica (meno del 2% in superficie), concrezioni elevate di ferro e sono soggetti a spinti fenomeni di erosione.

⁶<http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/ghana/Ghana.htm>

Secondo il report nazionale del Ghana redatto dalla FAO⁷, il clima del Ghana è tropicale e varia in base alla regione geografica e alla stagione. Nella parte sud del *Paese* si registrano due stagioni di piogge, da aprile a luglio e da settembre a novembre. A sud-ovest le precipitazioni sono molto elevate e vanno dai 1.250mm/anno ai 2.150 mm/anno. A sud-est si hanno sempre due stagioni di pioggia ma con livelli di precipitazioni più bassi, mediamente pari a 750 mm/anno. A nord del *Paese*, invece, la pioggia varia mediamente dai 1.100 mm/anno ai 1.250 mm/anno e si registra una sola stagione di pioggia che va da aprile a settembre.

Le temperature medie variano tra i 26°C e i 29°C. Il clima è influenzato anche dal “*harmattan*”, un vento secco proveniente dal deserto del Sahara che soffia verso sud tra dicembre e febbraio e produce una diminuzione dell’umidità.

La classificazione delle zone ecologiche globali della FAO (FAO, 2012), sviluppata sulla base della mappa di Köppen-Trewartha (Trewartha, 1968, in FAO, 2012), individua cinque zone climatiche (Climate Domain), suddivise a loro volta in zone ecologiche (Ecological Zones) (*Tabella 5.1*). Le cinque zone climatiche sono: Tropicale, Subtropicale, Temperata, Boreale e Polare.

Tabella 5.1- Zone Ecologiche Globali (Fonte FAO 2012 e IPCC 2006, modificata).

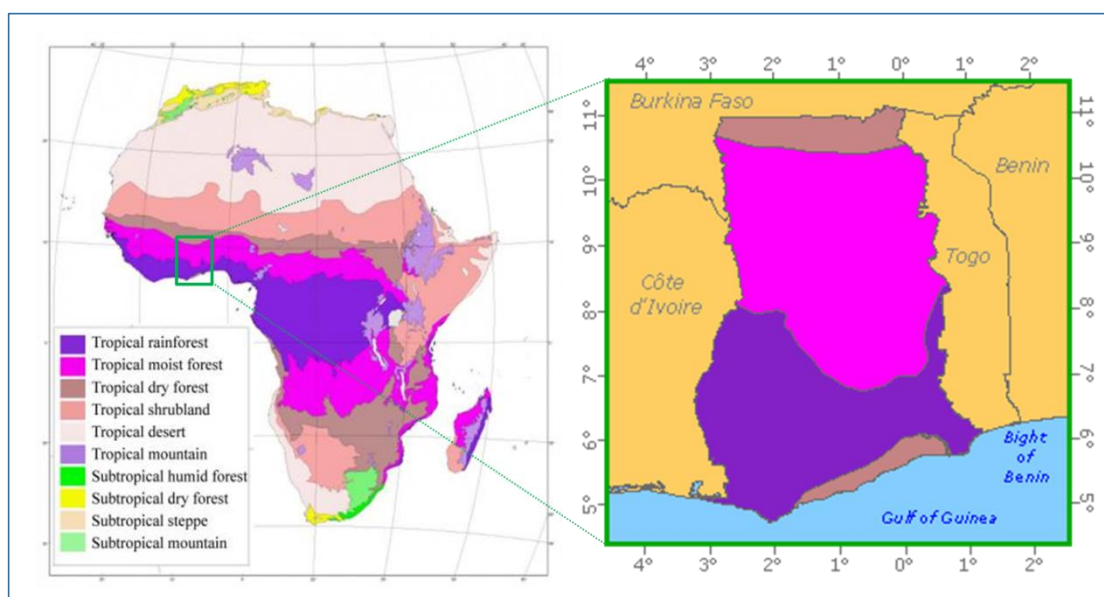
CLIMATE DOMAINS, CLIMATE REGIONS, AND ECOLOGICAL ZONES				
Climate domain		Climate region		
Domain	Domain criteria		Ecological Zone	Zone criteria
Tropical	All months without frost; in marine areas, temperature >18°C	Tropical wet	Tropical rain forest	wet: ≤ 3 months dry,
		Tropical moist	Tropical moist deciduous forest	mainly wet: 3-5 months dry,
		Tropical dry	Tropical dry forest	mainly dry: 5-8 months dry, during winter
			Tropical desert	arid: all months dry
			Tropical shrubland	semi-arid: evaporation > precipitation
		Tropical montane	Tropical mountain systems	altitudes approximately >1000 m, with local

⁷<http://www.fao.org/forestry/country/18310/en/gha/>

Sub-tropical	≥ 8 months at a temperature >10°C	Warm temperate moist	Subtropical humid forest	humid: no dry season
		Warm temperate dry	Subtropical dry forest	seasonally dry: winter rains, dry summer
			Subtropical steppe	semi-arid: evaporation
			Subtropical desert	arid: all months dry
		Warm temperate moist or dry	Subtropical mountain systems	altitudes approximately 800 m- 1000 m
Temp-erate	4-8 months at a temperature >10°C	Cool temperate moist	Temperate oceanic forest	oceanic climate: coldest month >0°C
			Temperate continental forest	continental climate: coldest month <0°C
		Cool temperate dry	Temperate steppe	semi-arid: evaporation > precipitation
			Temperate desert	arid: all months dry
		Cool temperate moist or dry	Temperate mountain systems	altitudes approximately >800 m
Boreal	≤ 3 months at a temperature >10°C	Boreal moist	Boreal coniferous forest	coniferous dense forest dominant
		Boreal dry	Boreal tundra woodland	woodland and sparse forest dominant
		Boreal moist or dry	Boreal mountain systems	altitudes approximately >600 m
Polar	all months <10°C	Polar moist or dry	Polar	all months <10°C
Climate domain: Area of relatively homogenous temperature regime, equivalent to the Köppen-Trewartha climate groups (Köppen, 1931). Climate region: Areas of similar climate. Ecological zone: Area with broad, yet relatively homogeneous natural vegetation formations that are similar, but not necessarily identical, in physiognomy. Dry month: A month in which Total Precipitation (mm) ≤ 2 x Mean Temperature (°C).				

In base a questa classificazione l’Africa ricade in due zone climatiche: Tropicale e Subtropicale; il Ghana rientra nella zona climatica Tropicale e in tre zone ecologiche, evidenziate in *Tabella 5.1*, e nello specifico: *Tropical rainforest*, *Tropical moist deciduous forest* e *Tropical dry forest* (*Figura 5.3*).

Figura 5.3 – Zone ecologiche dell’Africa e del Ghana (FRA, 2015b)



Il Ghana è un *Paese* ricco di risorse naturali, la cui economia si basa largamente sul settore agricolo, che contribuisce per il 28,5% al prodotto interno lordo (CIA, 2012). Il settore forestale contribuisce per il 6% al prodotto interno lordo, dando lavoro a più di 100.000 persone e contribuendo al sostentamento di 2 milioni e mezzo di abitanti.

Secondo il FRA, dal 1990 al 2015 la copertura forestale del Ghana nel suo complesso è passata da circa 8.627.000 ha a circa 9.337.000 ha (*Tabella 5.2*), con un incremento, quindi, dell’8,2% (FRA, 2015; FAO, 2016).

Tabella 5.2 – Superfici (ha) per categorie di uso del suolo in Ghana dal 1990 al 2015 (Fonte: FRA, 2015b)

Categorie	1990	2000	2005	2010	2015
Foreste	8.627.000	8.909.000	9.053.000	9.195.000	9.337.000
Altre terre	14.127.000	13.845.000	13.701.000	13.559.000	13.417.000
Riserve idriche	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000
Totale	23.854.000	23.854.000	23.854.000	23.854.000	23.854.000

Tuttavia, dal 1990 si è registrato un tasso di degrado delle foreste di circa 46.000 ha all'anno⁻¹ (*Tabella 5.3*) con la perdita di circa 1 milione di ha di foresta chiusa in favore dell’aumento delle formazioni aperte. La definizione di degrado forestale utilizzata dal Ghana è quella del *Forest Preservation Program (FPP)*, (National REDD+ Secretariat), programma finanziato dal Governo giapponese con l’obiettivo di stimare la copertura del suolo del Ghana, e si intende la conversione dalla foresta chiusa, con un grado di copertura

delle chiome maggiore del 60%, alla foresta aperta, dove la copertura forestale è compresa tra il 15% e il 60% (FRA, 2015).

Tabella 5.3 – Degrado delle foreste del Ghana dal 1990 al 2010 (FRA, 2015b)

Anno	Foresta chiusa (ha)	Foresta aperta (ha)	Superficie forestale (ha)
1990	2.704.422	5.922.980	8.627.402
2000	2.317.166	6.591.441	8.908.607
2010	1.785.802	7.409.335	9.195.137

Sempre secondo i dati FRA 2015 in Ghana, dal 1990 al 2015, le superfici ricoperte dalle *foreste primarie* (395.000 ha) sono rimaste invariate. Questa categoria (*sensu* FRA 2012) è costituita da “foreste a rigenerazione naturale di specie native in cui non vi sono segni chiaramente visibili di attività antropiche e i processi ecologici non sono significativamente disturbati”. Esse sono rappresentate dagli ultimi lembi di foresta vergine scampati fino ad oggi al degrado forestale, spesso grazie alla localizzazione in zone impervie, ma anche grazie all’istituzione di aree protette e parchi nazionali che ne hanno vietato interventi gestionali.

Le foreste naturali gestite, nello stesso periodo, sono invece aumentate, passando da 8.182.000 ha a 8.617.000 ha. Questa categoria è definita come “foreste naturali in cui vi sono chiari segnali di attività antropiche” (FRA, 2012). Le foreste naturali gestite sono rappresentate, perlopiù, da superfici forestali utilizzate tramite tagli selettivi (*selective logging*) oppure da foreste secondarie derivanti da rigenerazione di foreste primarie utilizzate in passato tramite tagli a raso (*clearcut*). In Ghana, come in altri Paesi dell’Africa tropicale, il *selective logging* è una pratica largamente diffusa ed è considerata ammissibile anche ai fini della certificazione della sostenibilità della gestione forestale dal Forest Stewardship Council (Cazzolla Gatti et al., 2014).

Anche le piantagioni forestali hanno subito un netto incremento, passando dai 50.000 ha del 1990 ai 325.000 ha del 2015 (*Tabella 5.4*). In questa categoria sono compresi impianti forestali realizzati tramite semina o piantagione per la produzione di prodotti legnosi o non legnosi (es. gomma). Si tratta generalmente di una o due specie con sesto di impianto regolare. Sono comunque escluse le piantagioni con specie arboree per la produzione di prodotti agricoli (es. olio di palma, cocco).

Tabella 5.4 – Variazione dal 1990 al 2015 delle superfici (ha) delle categorie Foreste primarie, Foreste naturali gestite e Piantagioni (Fonte: FRA, 2015)

Categorie	1990	2000	2005	2010	2015
Foreste Primarie	395.000	395.000	395.000	395.000	395.000
Foreste naturali gestite	8.182.000	8.454.000	8.498.000	8.540.000	8617.000
Piantagioni	50.000	60.000	160.000	260.000	325.000
Copertura forestale Totale	8.627.000	8.909.000	9.053.000	9.195.000	9.337.000

I dati di superficie forestale riportati dal FRA 2015 contrastano tuttavia notevolmente con quelli riportati sul *Ghana's National Forest Reference Level* (National REDD+ Secretariat, 2017), sottomesso all'UNFCCC e pubblicato sul *REDD+ information hub*⁸ nonché con i dati riportati nel FRA 2010 (*Tabella 5.4*).

Secondo il FRL 2017, infatti, le foreste ghanesi si estendono su una superficie di 5.768.678 ha, dato riferito al 2015, e si sono ridotte ad un tasso di deforestazione annuo pari al 3% nel periodo 2000-2010 corrispondente ad una perdita di 320.803 ha/anno. Rispetto alla superficie stimata dal FRA 2015 si rileva dunque una differenza di circa 3.670.000 ha.

La spiegazione delle differenze tra il FRL ed il FRA 2015 è da ricercarsi nelle differenti definizioni applicate (*Tabella 5.6*).

La definizione del FRL 2017 è più restrittiva rispetto ai criteri di copertura delle chiome (15%) e all'area minima (1 ha) ed include solo piantagioni forestali a uso produttivo legnoso⁹. A tal proposito, è necessario precisare che anche la definizione nazionale di foresta utilizzata dal Ghana nei più recenti inventari, nonché adottata nel reporting UNFCCC (FC, 2015) fino alla recente modifica del FRL 2017 è diversa dalla definizione FAO e include le piantagioni monospecifiche, anche con destinazione produttiva prevalentemente agricola (es. palma da cocco), purché gli impianti rispettino i parametri di area minima, grado di copertura e di altezza degli alberi (*Tabella 5.4*).

⁸ <http://redd.unfccc.int/submissions.html?topic=6>

⁹ Il Ghana ha recentemente (gennaio 2017) sottomesso all'UNFCCC il *Forest Reference Level* REDD+ contenente una nuova definizione nazionale di foresta che pur mantenendo gli stessi parametri di superficie, copertura e altezza, esclude esplicitamente le piantagioni a uso produttivo non legnoso.

Ulteriore confusione nella stima della superficie forestale e delle sue variazioni nel tempo in Ghana si è generato anche nell'ambito FRA, benchè le definizioni di foresta siano le stesse. Il FRA 2010 riportava una tendenza alla diminuzione delle foreste, in linea con i tassi di deforestazione storicamente rilevati in Ghana e con il FRL 2017 (*Tabella 5.5*). Le differenze di stima della superficie forestale al 2010, sono attribuibili al fatto che la stima della superficie forestale nel FRA 2015, all'anno 2010, è stata basata su un progetto di mappatura del land cover effettuato utilizzando le categorie di uso del suolo dell'IPCC 2006 (FRA 2015b). Ciò ha fatto sì che venissero classificate come foresta anche le aree di transizione verso la savana che non rientravano nei parametri dimensionali della foresta nel FRA 2010.

Tabella 5.5 – Confronto della superficie forestale del Ghana (1000 ha) e del tasso di deforestazione secondo il FRA ed il Forest Reference Level del Ghana.

Anno	1990	2000	2005	2010	2015	Variazione	%
FRA 2010	7448	6094	5517	4940	-	-251 ('90-2010)	-3
FRA 2015¹⁰	8627	8909	9053	9195	9337 ¹¹	+280 ('00-'10)	+3
FRL 2017					5786	-320 ¹² ('00-'10)	-3

Tabella 5.6 – Confronto delle definizioni di foresta applicate per la stima delle superfici forestali in Ghana in ambito UNFCCC-REDD+ e Forest Resources Assessment (FRA)

Fonte	Definizione di foresta utilizzata
Definizione sottomessa dal Ghana all'UNFCCC 2011	Area minima 1 ha Altezza alberi maggiore di 5 m Copertura chiome maggiore del 15% Può includere piantagioni monospecifiche
FRA 2010 FRA 2015	Area minima 0.5 ha Altezza alberi maggiore di 5 m Copertura chiome maggiore del 10% Non include terreni con uso prevalentemente agricolo
FRL 2017	Area minima 1 ha Altezza alberi maggiore di 5 m Copertura chiome maggiore del 15% Non include le piantagioni

Nel caso di studio è stata presa come riferimento la definizione di foresta presentata ufficialmente dal Ghana al Segretariato UNFCCC nel 2011 (FC, 2015), che considera foreste anche alcune piantagioni in terreni a destinazione prevalentemente agricola. In

¹⁰ *Tabella 2* (pag. 18). Congruenza con dati FPP (Forest Preservation Programme, Ghana, 2013)

¹¹ Pari al 41% della superficie totale del Ghana

¹² il tasso di deforestazione sale a 794,214 ha/anno nel periodo 2013-2015

particolare, tra le specie maggiormente coltivate in Ghana si possono annoverare l'albero della gomma (*Hevea brasiliensis* Willd. Muell.-Arg) e la palma da cocco (*Cocos nucifera* L.).

L'albero della gomma (*Hevea brasiliensis* Willd., Muell.-Arg., famiglia *Euphorbiaceae*), esso è coltivato per la produzione di lattice in tutte le zone tropicali, su una superficie di circa 9.675.000 ha (Wauters et al., 2008); in Ghana è stato coltivato a partire dal 1893 con diversi modelli di gestione. In alcuni casi il piccolo imprenditore non possiede il terreno, ma gli viene assegnato da una grande azienda, che investe il capitale, individua un mercato per la vendita della gomma, fornisce prestiti, consigli e tutto il materiale necessario per la coltivazione; il modello delle piantagioni satellite è simile al sistema dei piccoli imprenditori ma il contadino possiede, affitta o condivide la terra; nel sistema di *leaseback*, invece, il proprietario della terra affida la coltivazione ad una società privata (Odoom, 1998).

Attualmente il “*Ghana Rubber Estate Limited (GREL)*” può essere considerata l'unica azienda che produce in Ghana (Burger & Smith, 1997), con una concessione di superficie totale di 15.000 ettari, per un totale di superficie coltivata di 13.093 ettari e 9.555 ettari soggette a controllo (GREL, 2010).

Il mercato della gomma si basa per il 96% sull'esportazione, principalmente nel Regno Unito, Germania, Francia, Spagna, Italia, Turchia, Stati Uniti d'America e Burkina Faso e per il 4% sulle vendite locali.

Il cocco (*Cocos nucifera* L.) è stato introdotto in Ghana nel 1910 (Johnson & Harries, 1976). Secondo Owusu Nipah (1994), la palma da cocco è la più importante coltivazione dal punto di vista economico/sociale nelle quattro regioni costiere del Ghana: Greater Accra, Central Region, Volta e Western Region (*Figura 5.2*). Prima del 1920, la sua coltivazione è stata limitata alla zona Keta, per poi diffondersi ad altre aree del Ghana in particolare lungo il litorale che copre una superficie di 43.000 ettari, con circa l'80% riservata alle fasce costiere del sud-ovest (Arkhus, 1991). La produzione di nocce di cocco in Ghana avviene principalmente in piccole aziende agricole (0,5-5,0 ha). Oltre alla produzione nazionale annua di 224 milioni di noci, 179 milioni (80%) sono stati prodotti da piccoli agricoltori su una superficie di 36.000 ettari (Arkhus, 1991).

Le piantagioni di cocco sono state avviate principalmente nella zona sud, in particolare intorno a Amokwaw e Sowodazem e ora coprono vaste aree contigue con le palme che hanno più di 25 anni (Ghana Wildlife Division, 2001).

5.2. Le aree di studio

Le foreste naturali e le piantagioni oggetto dello studio ricadono in tre aree (vd. *Figura 5.4*):

- i) Il Distretto di Jomoro a sud-ovest;
- ii) L'Area di Conservazione di Ankasa¹³;
- iii) L'Area di Conservazione di Bia.

Tutte e tre le aree rientrano nella zona ecologica “*Tropical Rain Forest*” (*Tabella 5.1*), secondo le più recenti classificazioni FAO (FAO, 2012) e IPCC (IPCC, 2006), e ricadono all'interno della regione amministrativa *Western Region* del Ghana.

5.2.1. Il Distretto di Jomoro

Il distretto amministrativo di Jomoro, che prima della sua istituzione nel 1988 faceva parte del Distretto Nzema, si trova nell'angolo sud-occidentale della *Western Region* del Ghana (*Figura 5.2 e Figura 5.4*). Il distretto si estende per una superficie di 134.400 ha, che rappresentano circa il 5,6% della superficie totale della *Western Region* (JDA, 2009). Confina a nord con i distretti *Wassa-Amenfi* e *Aowin-Suaman*, a est col distretto *Nzema East*, a ovest con la Costa d'Avorio e a sud con il Golfo di Guinea (*Figura 5.2*).

La parte settentrionale del distretto, che include la Riserva di Ankasa (*Figura 5.4*), è una zona costituita da piccole colline arrotondate con scarpate scoscese che vanno da 70 a 200 m s.l.m., senza altipiani né ampie vallate che si trovano, invece, nella zona costiera. E' presente un rilievo formato da un unico costone che si estende da nord-ovest a sud-est, dal fiume Tano al Bonyere, e termina sul lato nord nella scarpata *Nawulley* (JDA, 2009).

¹³ L'Area di Conservazione di Ankasa è parte del distretto di Jomoro

Il Distretto ricade nella zona più umida del Ghana con una precipitazione media annuale di 1.732 mm (Issaka et al., 2012). Il distretto è caratterizzato da due stagioni piovose da aprile a luglio e da settembre a ottobre. C'è un breve periodo di siccità nel mese di agosto e un più lungo periodo secco da dicembre a gennaio. Anche se febbraio e marzo sono relativamente caldi, le precipitazioni permettono di iniziare le coltivazioni.

La temperatura è in genere molto elevata, con una media mensile di 26°C (JDA, 2009), l'umidità relativa in tutto il distretto è molto elevata, circa il 90%.

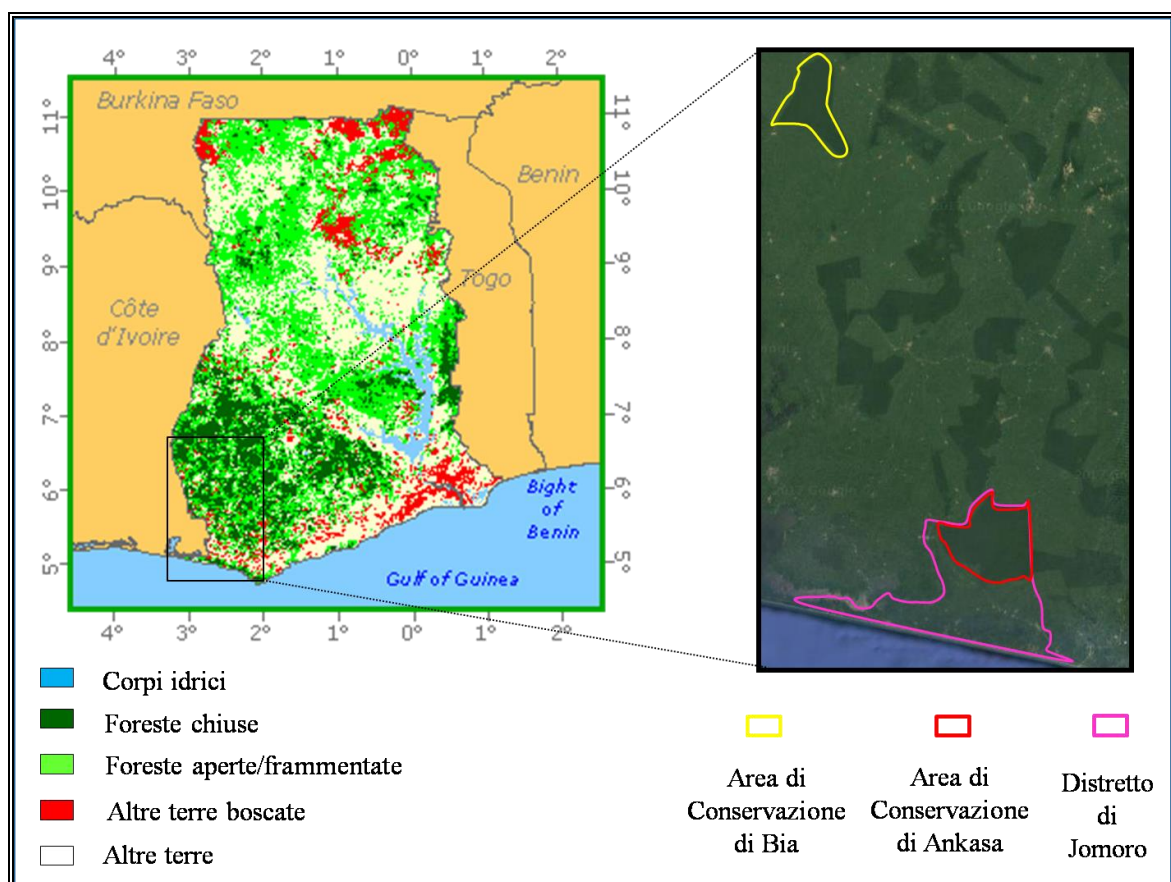
Il clima è classificato come equatoriale monsonico e deve le sue precipitazioni alle zone di bassa pressione sul Sahara che generano venti da sud dell'equatore. Il clima piuttosto che il suolo risulta essere il fattore determinante e più favorevole per la crescita della vegetazione.

Il paesaggio del Distretto di Jomoro è caratterizzato dalle attività antropiche legate alle risorse naturali da cui dipendono le condizioni di vita delle popolazioni locali, e che sono sovente sfruttate da pratiche di gestione non sostenibili. Negli ultimi quaranta anni, gran parte del Distretto di Jomoro è stato convertito in piantagioni. Inizialmente, la noce di cocco ha rappresentato il principale prodotto di questo territorio, seguito da olio di palma e cacao (Ghana Wildlife Division, 2001).

Gli indigeni Nzemas in principio avevano posto le coltivazioni di noci di cocco su terreni di pianura sabbiosi di scarsa qualità, mentre l'olio di palma e il cacao venivano piantati su terreni argillosi di qualità superiore. Le foreste naturali sono oggi minacciate dalla crescente coltivazione delle piantagioni, dalle attività minerarie e da utilizzazioni forestali spesso non regolamentate. La fertilità del terreno è in diminuzione per l'erosione derivante dalla deforestazione e dalle cattive pratiche agricole (Van Roosbroeck, 2006).

Le utilizzazioni forestali non pianificate e regolamentate, le pratiche agricole inappropriate e l'eccessivo sfruttamento delle risorse naturali hanno provocato un forte degrado ambientale. Negli ultimi trentacinque anni del secolo scorso si sono formate superfici forestali frammentate (con relativo isolamento delle popolazioni animali) circondate da terreni a uso agricolo (Symonds & Hurst, 2001), e il paesaggio appare tutt'oggi così caratterizzato.

Figura 5.4 - Aree forestali del Ghana (fonte FAO) e aree di studio



Il Distretto di Jomoro è caratterizzato da tre principali formazioni geologiche: il Birrimiano Inferiore (Lower *Birrimian*) i Graniti (*Granites*) e le Sabbie Terziarie (*Tertiary Sands*) (Ahn, 1961; Schlüter, 2008; Chiti et al. 2013).

Il Birrimiano Inferiore è caratterizzato da un sedimento argilloso dell'era Pre-Cambriana (fillite), indurito dal calore e dalla pressione. I Graniti sono inclusi all'interno della formazione del Birrimiano Inferiore (Ahn, 1961). Le Sabbie terziarie si trovano nella parte sud-occidentale del distretto e rappresentano un'aggiunta relativamente recente all'antico massiccio africano.

Nel Distretto di Jomoro si trovano due gruppi principali di suoli: gli *Ochrosols* con un pH di 5,5 e gli *Oxysols* con un pH inferiore a 5 (Soil Taxonomy, 2010).

La natura del terreno può essere sedimentaria, colluviale o alluvionale (Ahn, 1961). I terreni sedimentari, i più estesi, si trovano di solito su siti di montagna e sono sviluppati direttamente dal materiale parentale al di sotto. I terreni colluviali si trovano sulle pendici delle colline, sotto i terreni sedimentari da cui si sviluppano. I terreni alluvionali si sviluppano su depositi d'acqua dovuti a passate alluvioni, da recenti alluvioni nel fondovalle o da materiale più vecchio sui terrazzi fluviali.

Per quanto riguarda la vegetazione potenziale originaria del distretto, essa è rappresentata dalla foresta ad alto fusto; le specie che caratterizzano la copertura forestale sono la *Cynometra ananta* Hutch. & Dalziel (Ananta), la *Lophira alata* Banks ex Gaertn. (Kaku) e la *Tarrietia utilis* Sprague (Nyahköm). La foresta rientra nell'Associazione *Cynometra – Lophira - Tarrietia*. A nord dell'area caratterizzata da questa associazione si passa all'associazione *Lophira-Triplochiton*, che si presume sia di transizione tra la foresta pluviale sempreverde e la vasta associazione *Celtis-Triplochiton* della foresta semi decidua umida caratteristica della zona più a nord, le cui specie più comuni sono *Celtis mildbraedii* e *Triplochiton scleroxylon* (Taylor, 1952).

5.2.2. L'Area di Conservazione di Ankasa

L'area di conservazione di Ankasa (*Figura 5.4*) si trova nella regione sud occidentale del Ghana, vicino al confine con la Costa d'Avorio (5°15'47,87"N, 2°34'42,61"O), a 103 m s.l.m, e rappresenta la più significativa foresta primaria presente nel distretto di Jomoro. Si tratta di una foresta praticamente intatta ricadente nella zona ecologica *Tropical rainforest* (*Tabella 5.1*). L'area di conservazione è situata a sud dei fiumi Nini e Tano e a nord della strada Axim-Elubo. I terreni che si estendono a nord e a ovest, si presentano molto accidentati con profondi solchi, quelli a est, specie nei pressi dello spartiacque del fiume Suhien, sono pianeggianti e paludosi.

L'area, designata nel 1976 come area protetta “*Wildlife Protected Area*”, copre 50.900 ha e comprende il Nini-Suhien National Park (16.600 ha) e l'adiacente *Ankasa Resource Reserve* (34.300 ha) (Davis & Philips, 2005).

La superficie totale delle due aree è stata pubblicata sulla gazzetta ufficiale nel 1934 come “*Ankasa River Forest Reserve*”; inizialmente è stata istituita per la salvaguardia delle risorse idriche e delle condizioni climatiche per la produzione agricola

delle aree limitrofe, e per proteggere la foresta da prevedibile degrado dovuto all'eccessivo sfruttamento antropico. Fino alla metà degli anni '70 sono state accordate delle concessioni di taglio alle popolazioni ma l'utilizzazione di questa foresta non è stata mai molto intensa data la scarsità di specie commerciali presenti e le condizioni topografiche impervie. L'accesso e lo sfruttamento delle risorse della riserva erano consentite ma sempre sotto il controllo legislativo. Tra i diritti che era possibile esercitare, previo apposito permesso, c'erano la caccia, il taglio delle canne e del materiale da costruzione, la raccolta di piante medicinali, frutti e altri cibi selvatici, la raccolta dell'oro nei fiumi e il taglio di alberi per costruire canoe. Dopo il 1976 nella riserva di Ankasa non è stata più permessa né la residenza, né la coltivazione dei terreni.

Nel 1983 è stato concesso alla *Volta River Authority* (VRA) il diritto di passaggio attraverso il Parco Nazionale di Ankasa (o Nini-Suhien National Park) e la Riserva per costruire la linea di energia elettrica ad alta tensione Abidjan - Prestea. Per ciò è stata tagliata una fascia di foresta della larghezza di 80 metri che ora divide l'area protetta in due sezioni e che periodicamente è ritagliata.

Nel 1989 inoltre, è stato aperto il nuovo tracciato della strada Axim – Elubo e la vecchia strada di 21 km che passava attraverso la riserva è stata abbandonata anche se è ancora mantenuta attiva per svolgere le regolari attività di controllo all'interno della riserva da parte dei guardia parco. Nel 1997 la nuova strada Elubo-Enchi, ha tagliato la punta più occidentale della Riserva, diminuendone considerevolmente l'estensione.

Nel 1990, a causa della crescente pressione esercitata dagli agricoltori residenti, della larga conversione di zone forestali in zone agricole e delle crescenti attività illecite all'interno della riserva, il *Wildlife Department* del Governo del ghanese ha ritenuto prioritario un piano di gestione per Ankasa. Beneficiando di finanziamenti dell'Ue, il *Wildlife Department* ha avviato un processo di pianificazione che è culminato nella formazione del "Programma di Sviluppo delle Aree Protette nel Sud-Ovest del Ghana", che è iniziato nel 1997.

La precipitazione mensile media nell'area di Ankasa è di 119,63– 134,36 mm e quella annuale di 1.435,56 –1.612,32 mm (*Ghana's National Communication, 2015*).

L'area di conservazione di Ankasa è caratterizzata da tre formazioni geologiche:

- i) Birrimiano inferiore (*Lower Birrimian*), caratterizzate da un sedimento argilloso dell'era Pre-Cambriana (fillite), indurito dal calore e dalla pressione;
- ii) Birrimiano superiore (*Upper Birrimian*), formazioni relativamente più giovani rispetto alle precedenti costituite principalmente da rocce vulcaniche (metamorfiche basiche e lave intermedie);
- iii) Graniti (*Granites*), inclusi all'interno della formazione del Birrimiano più vecchie, in particolare quelle del Birrimiano inferiore dove sono localizzate vaste aree di granito (Ahn, 1961).

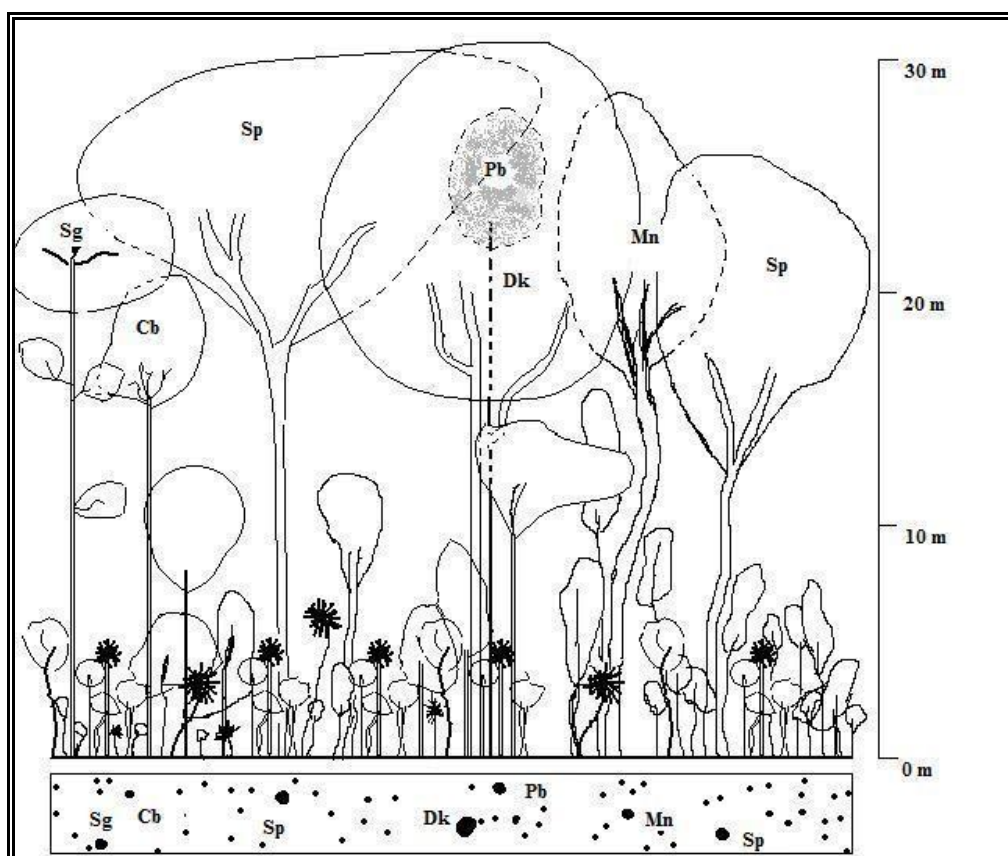
I suoli dell'area di conservazione di Ankasa si presentano fortemente alterati e molto acidi con un pH che varia da 3.5 a 4.0; non sono fertili e sono generalmente classificati come Oxisuoli di foresta. Suoli alluvionali sono invece localizzati sul fondo delle valli (Ahn, 1961).

Riguardo all'idrologia, nel Parco Nazionale di Ankasa e nelle zone occidentali della riserva, tutti i ruscelli e i fiumi confluiscono verso ovest nel fiume Tano. I suoi principali affluenti sono il fiume Nini e il fiume Suhien. Quest'ultimo, a nord, rappresenta il confine meridionale tra il Parco Nazionale e la Riserva di Ankasa. Il fiume Ankasa costituisce gran parte del confine meridionale della riserva. Tutta questa rete idrica svolge un ruolo importante nel mantenere il flusso di acqua durante tutto l'anno e garantendo anche lo svolgimento delle attività di pesca.

All'interno dell'Area di Conservazione di Ankasa è presente una foresta primaria pluviale sempreverde climax che presenta il più alto *Genetic Heat Index* (GHI) di tutto il Ghana, connesso alla presenza nell'area protetta di molte specie classificate come *Black Star*, cioè con grande priorità di conservazione sia a livello nazionale sia mondiale (Hawthorne & Abu-Juam, 1998). La foresta ospita circa 800 specie di piante vascolari 639 specie di farfalle, più di 190 specie di uccelli (Hall and Swaine, 1976, FCG, 2000), e conseguentemente all'area protetta è attribuito il più alto indice di conservazione a livello mondiale (Hawthorne & Abu-Juam, 1998). Sono presenti, inoltre specie carismatiche, rare e minacciate, inclusi gli elefanti africani della foresta, il bongo, il leopardo, gli scimpanzé e altri primati della foresta (Oates et al, 2000, FCG, 2000). Il parco nazionale Nini Sushien contiene al suo interno uno dei pochi lembi di foreste primarie relativamente intatte presenti nella nazione (IUCN, 2003)

Questo tipo di foresta, ristretto alla zona delle abbondanti piogge del Ghana, corrisponde all'associazione *Lophira* – *Tarrietia* – *Cynometra* (Taylor, 1952). La struttura di tali foreste (Figura 5.5) è molto simile a quella delle foreste umide semidecidue, ma verticalmente più compressa con altezze degli gli alberi che solitamente non eccedono i 40 m.

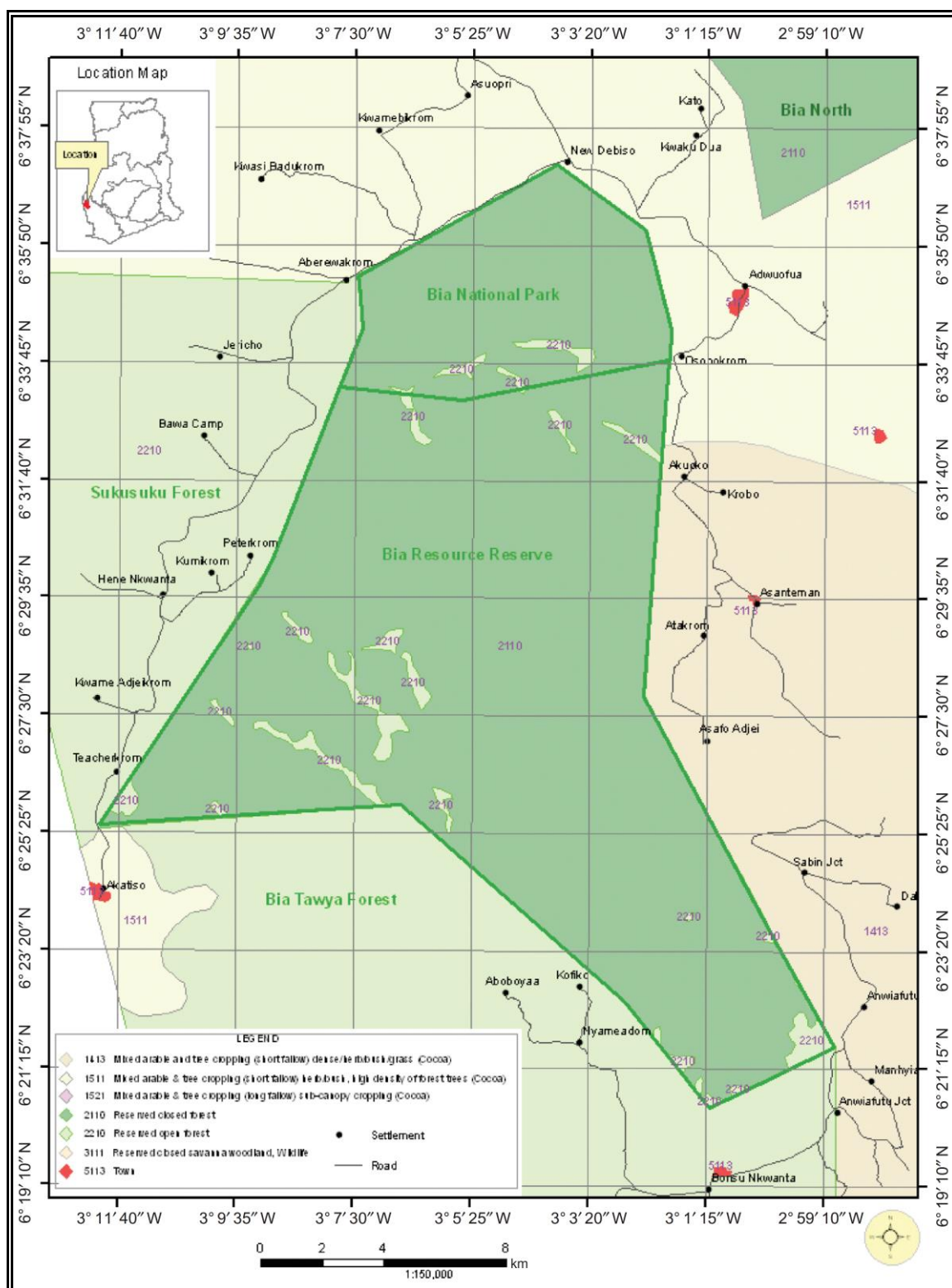
Figura 5.5 - Struttura delle foreste pluviali sempreverdi – diagramma del profilo della Wet Evergreen forest. Fonte Hall & Swaine, 1981. (Cb = *Calpocalix brevibracteatus* Dk = *Dacryoides klaineana* Mn = *Memecylon normanni* Pb = *Pentadesma butyracea* Sg = *Strombosia glaucescens* Sp = *Strephonema pseudo cola*).



5.2.3. L'Area di Conservazione di Bia

L'area di Conservazione di Bia (*Figura 5.4 e Figura 5.6*) si localizza tra il fiume Bia e la Costa D'Avorio. Si estende per 30.562 ha, di cui 22.792 ha ricadono nella Riserva di Bia (*Bia Resource Reserve*), più a sud, e 7.770 ha nel Parco Nazionale di Bia (*Bia National Park*), più a nord. La *Bia Resource Reserve* è una riserva naturale dove sono consentite attività di gestione forestale, quali, per esempio, i tagli selettivi (Short 1983; Lieberman et al. 1987). Nel Parco Nazionale, invece, sono tutelati alcuni lembi di foresta primaria.

Figura 5.6 – Mappa dell'area di studio di Bia (Bia National Park e Bia Resource Reserve). Fonte Asante, 2012



Bia è divenuta un'area di conservazione nel 1935, ma le attività umane quali l'agricoltura intensiva e i tagli selettivi continuarono a distruggere gran parte della vegetazione originaria fino all'istituzione del Parco Nazionale nel 1974, che inizialmente copriva l'intera superficie di 30.562 ettari.

L'area di conservazione occupa un territorio con un'altitudine compresa fra i 168 e i 238 m s.l.m. e ricade in una zona di transizione fra la foresta mista umida sempreverde a sud (che comprende sia il Parco nazionale sia la Riserva di Bia) e quella mista semi-decidua a nord (*Figura 5.6*), tra due fasce pluviometriche, complessivamente con precipitazioni medie mensili di 104,50–119,63 mm e annuali di 1.254–1.435 mm (*Ghana's National Communication, 2015*). Le precipitazioni sono concentrate tra giugno e ottobre; si registra una temperatura media giornaliera tra i 24°C e i 28°C, con valori estremi di 18°C e 34°C (Oppong S.K. et al. 2008).

Nell'area di Conservazione di Bia sono presenti due tipi di foreste, quelle umide sempreverdi a sud, in cui ricadono i plot oggetto di questo studio, e le quelle umide semi-decidue a nord (Hall J.B. & Swaine M.D., 1981).

All'interno dell'area sono state censite più di 300 specie di piante per ettaro con alberi rappresentati dai generi *Tieghemella*, *Ceiba*, *Marantis* e *Khaya* (Cazzolla Gatti et al., 2014). L'area è dominata, nello specifico, dalle associazioni *Celtis-Triplochiton*, *Teinghemella heckelii* e *Entadrophragma angolense*.

Nel parco sono state censite più di sessanta specie di mammiferi, inclusi dieci primati, tra i quali gli scimpanzé e le piccole scimmie Colobo rosso, Colobo olivaceo e Colobo bianco. Sono presenti anche l'elefante della foresta (*Loxodonta africana cyclotis*) e il bongo (*Euryceros strepsiceros*), specie in via di estinzione su scala globale.

La principale attività economica delle comunità locali è agricoltura; in particolare, la coltivazione del cacao rappresenta la principale coltura da reddito, seguita da altre colture arboree, cereali, radici e tuberi. Altre fonti di reddito, in misura minore rispetto all'agricoltura, sono rappresentati dal commercio su piccola scala dei prodotti agricoli e dalla zootecnia. Recentemente, per promuovere il reddito delle popolazioni locali, sono state introdotte la raccolta delle lumache e l'apicoltura.

Nel 1985 il Parco Nazionale di Bia è stato annoverato dall'UNESCO tra le riserve della biosfera ("*Bia Biosphere Reserve*") ed è diventato patrimonio dell'umanità. Grazie al progetto UNESCO-MAB "Le Riserve Naturali per la Conservazione e lo Sviluppo Sostenibile della Biodiversità nell'Africa anglofona (BRAAF)", è stato stabilito un dialogo tra le comunità locali e l'amministrazione della riserva sulla partecipazione ai processi decisionali e di gestione delle risorse stesse (UNESCO, 2016).

Nel Parco Nazionale di Bia le foreste della "*Bia Resource Reserve*" sono abitualmente trattate a tagli selettivi, che insieme ai danni derivanti dagli incendi, nonché alla pressione antropica per la raccolta di legna da ardere e per l'agricoltura su piccola scala ai bordi della foresta, hanno degradato l'area di conservazione.

5.3. Analisi delle relazioni tra biodiversità forestale e *stock* di Carbonio nel caso studio delle foreste ghanesi: obiettivi e approccio metodologico

Alla luce di quanto illustrato nelle sezioni precedenti, le foreste del Ghana, ai sensi della definizione nazionale utilizzata dal Paese in ambito REDD+ fino alla recente modifica del FRL 2017, possono essere ricondotte a tre categorie, caratterizzate da gradienti decrecenti di naturalità:

- i) Foreste Primarie (FP);
- ii) Foreste naturali Gestite (FG);
- iii) Piantagioni (PI)

Le prime due categorie (FP, FG) corrispondono alle definizioni FRA 2015. La categoria delle piantagioni, prima della modifica del FRL 2017, include sia piantagioni *sensu* FRA 2015, quale albero della gomma che piantagioni produzione di frutti (es. piantagioni di cocco), qualora raggiungano parametri di copertura e altezza conformi alla definizione nazionale di foresta (vd. *Tabella 5.1*).

Tenuto conto di questo scenario di riferimento, obiettivo del caso di studio è indagare le relazioni esistenti tra biodiversità forestale e *stock* forestali di Carbonio mediante analisi comparativa di indicatori di biodiversità e di stime di Carbonio stoccato nella biomassa forestale epigea. L'analisi comparativa è stata realizzata su un campione di 80 plot distribuiti tra le tre

categorie FP, FG e PI, nel Ghana sud-occidentale e ubicati nelle aree di conservazione di Ankasa e Bia e nel distretto di Jomoro¹⁴ (Tabella 5.8). I dati dei rilievi campionari sono stati integrati in un unico database armonizzato contenente per ciascun *plot* dati relativi al diametro e altezza di tutti gli alberi con diametro minimo pari o maggiore alla soglia di cavallettamento riportata in Tabella 5.8 e la relativa specie di appartenenza. I *plot* non hanno superficie equivalente nelle aree di studio di Ankasa, Bia e Jomoro. Pertanto, la comparazione delle variabili calcolate a scala di plot di carbon stock della biomassa epigea e indicatori di biodiversità, secondo i metodi successivamente illustrati, è possibile solo per alcune combinazioni di foreste primarie, foreste gestite e piantagioni.

Tabella 5.8 – Descrizione e categorizzazione dei *plot*

Categorie	Aree di studio	Numero di <i>plot</i>	Anno del rilievo	Diametro minimo	Superficie dei <i>plot</i> [m ²]
Foreste Primarie (FP)	Parco nazionale di Ankasa	32	2011	≥ 5 cm	500
	Parco nazionale di Bia	8	2012	≥ 20 cm	400
Foreste Naturali Gestite (FG)	Riserva di Bia	19	2012	≥ 20 cm	400
Piantagioni (PI)	Distretto di Jomoro	21	2010	≥ 5 cm	100, 400

Su ciascuno degli 80 *plot* oggetto dello studio è stato calcolato lo *stock* di Carbonio, mediante equazioni allometriche (vd. paragrafo 2.3.), sono stati calcolati tre indici di biosiversità della composizione e della struttura del soprassuolo forestale (vedi paragrafo 2.4). I dati sono stati poi confrontati per coppie di categorie:

- foreste primarie (FP) e foreste naturali gestite (FG) nell'area di conservazione di Bia (plot 400 m²)

- foreste primarie (FP) e piantagioni (PI) rispettivamente nell'area di conservazione di Ankasa e nel distretto di Jomoro. Questa comparazione è giustificata dalla similarità di condizioni ambientali, l'area di conservazione di Ankasa è inclusa nel distretto di Jomoro, e dalla genesi delle piantagioni forestali esaminate che rappresentano il risultato del processo di trasformazione dell'uso del suolo, da foresta naturale a piantagione, particolarmente diffuso

¹⁴ I rilievi nelle aree di saggio sono stati effettuati negli anni 2009-2012 nel contesto di studi condotti dal Dipartimento DIBAF dell'Università degli Studi della Tuscia e dal CMCC, e pubblicati in: Vaglio Laurin et. al. 2016, Cazzolla Gatti et. al. 2014, Grieco 2012.

distretto di Jomoro, e principale driver dei processi di deforestazione in Ghana (vd. paragrafo 2.2.1).

Scopo dell'analisi comparativa è individuare eventuali relazioni tra stoccaggio di Carbonio e biodiversità forestale partendo dai seguenti obiettivi conoscitivi:

- i) È possibile individuare relazioni nell'ambito di *plot* omogenei per categoria (FI, FG, PI) e area di studio tra *stock* di Carbonio e indici di biodiversità? Qual è il grado di correlazione e la significatività delle correlazioni *stock* di Carbonio e indici di biodiversità?

L'analisi delle relazioni tra le variabili è stata preliminarmente affrontata tramite l'elaborazione di *scatter-plot* e *box-plot* e successivamente approfondita tramite il test statistico di correlazione di Pearson.

- ii) La trasformazione della FP in FG o PI, comporta variazioni significative di *stock* di Carbonio o dei livelli di diversità specifica e strutturale misurati dagli indici di biodiversità?

Per questo obiettivo, sono state considerate le coppie FP-PI in Ankasa e Jomoro e FP-FG in Bia. A tal fine si è proceduto all'analisi della normalità della distribuzione dei dati di carbon *stock* mediante il test di Shapiro-Wilk, rapportando i dati raccolti in *plot* di dimensione inferiore in Jomoro (100, 400 m²) alla unità di superficie dei *plot* di Ankasa (500 m²). Nel caso degli indici di biodiversità la minor dimensione dei *plot* delle piantagioni di Jomoro è ininfluente sulla variabilità degli indici di diversità trattandosi di formazioni monospecifiche a struttura regolare. Il test è ampiamente utilizzato in letteratura per questo scopo. Il valore assunto dal test varia da 0 a 1. Nel test si accetta l'ipotesi nulla H₀ di distribuzione normale se il *p-value* è inferiore a 0,05. Dal momento che i dati non presentano una distribuzione normale le differenze tra i gruppi nelle variabili considerate sono state calcolate utilizzando il test non-parametrico di Kruskal-Wallis, che rappresenta l'alternativa all'ANOVA ad una via. Il test è usato per valutare le differenze fra *k* gruppi di variabili (e.g. popolazioni o trattamenti) e valuta se i dati, organizzati in gruppi campionari, appartengono alla stessa popolazione (ipotesi nulla H₀). L'ipotesi nulla H₀ è accettata con una probabilità "*p-value*" se il valore calcolato è superiore al valore critico tabellato. Di norma si accetta un *p-value* inferiore a 0,05. Al contrario si afferma che i gruppi di dati sono significativamente differenti dal punto di vista statistico.

Tutte le elaborazioni statistiche sono stati realizzate utilizzando il software R (R Core Team 2015).

5.4. Il calcolo degli stock forestali di Carbonio nella biomassa epigea

5.4.1. La stima della biomassa forestale epigea

Poter stimare la biomassa forestale in maniera accurata, rappresenta oggi un tema cruciale, che trova applicazione in numerosi settori, sia quelli più tradizionali ai fini commerciali per l'utilizzo del legname (Morgan & Moss, 1985), che a quello legato al ciclo globale del Carbonio (Bombelli et al., 2009) per la stima degli incrementi e decrementi degli *stock* forestali di Carbonio.

Gli approcci per il calcolo della biomassa forestale epigea possono essere sia di tipo diretto che indiretto. Tra gli approcci diretti, vi è il metodo dell'albero modello, che comporta una serie di operazioni tra cui:

- i) individuazione dell'albero modello;
- ii) abbattimento dell'albero e la raccolta di tutte le sue componenti (foglie, rami e tronco);
- iii) trasporto in laboratorio e l'essiccazione in forno delle componenti (campioni);
- iv) pesatura accurata dei campioni una volta essiccati completamente.

Sebbene siano considerati tra i più accurati, i metodi di tipo distruttivo presentano svantaggi non solo in termini economici - poiché sono molto dispendiosi, ma anche in termini di tempo –poiché le operazioni sono molto lunghe e logisticamente complesse, nonché in termini legali – poiché molte aree forestali sono soggette a vincoli (Attua & Laing 2005; Peltier et al. 2007). Senza menzionare che, per avere misure accurate, devono essere campionati e quindi distrutti molti alberi.

Per queste ragioni, gli approcci di tipo diretto non possono essere utilizzati per la stima della biomassa epigea di interi soprassuoli forestali. Tali limitazioni associate ai metodi diretti hanno, pertanto, portato numerosi ricercatori (Brown 1997; Chave et al 2005, Chave et al 2014, Djomo et al 2010) a sviluppare specifiche relazioni matematiche (equazioni allometriche), che consentissero di stimare l'intera o parziale biomassa arborea. Lo sviluppo e la validazione di tali equazioni, pur basandosi comunque sulla disponibilità di dati ottenuti da metodi distruttivi (misurazione diretta della biomassa), permette, una volta individuata l'equazione, di calcolare la

biomassa arborea in modo indiretto utilizzando dati di semplice misurazione come, ad esempio, il diametro a petto d'uomo (DBH_{130}) e l'altezza totale (Kangas & Maltamo, 2006). Seguendo questo metodo, la stima della biomassa arborea avviene, sommando la biomassa di ogni singolo albero di cui sono stati rilevati i parametri dendrometrici. Sulla base di pochi *dataset* ottenuti con metodi distruttivi, Brown (1997) ha proposto diversi modelli di equazioni allometriche da utilizzare a seconda del tipo di vegetazione e della disponibilità di dati relativi all'altezza totale degli alberi. Queste equazioni, che necessitano sia dei dati sul diametro che sull'altezza dell'albero, risultano essere più accurate rispetto alle precedenti. Sempre, Brown (1997), seguendo il sistema delle “zone ecologiche” proposto da Holdridge (Holdridge, 1967; Brown & Lugo, 1982), ha suggerito, inoltre, l'utilizzo di equazioni allometriche distinte, sulla base di una classificazione delle foreste tropicali in tre tipi forestali: *dry*, *moist* e *wet*.

Successivamente, il *dataset* proposto da Brown (1997) sulle foreste tropicali è stato ulteriormente ampliato da Chave et al. (2005): si tratta di modelli empirici proposti per foreste tropicali in America e in Asia, che sono stati poi utilizzati da molti ricercatori anche per stimare la biomassa forestale e gli *stock* di Carbonio in tutto il mondo, incluso in foreste tropicali africane, ad esempio in Ghana (Vaglio Laurin et al., 2016; Cazzolla Gatti et al., 2014).

Le equazioni allometriche di Chave et al. (2005) sono anche incluse nella metodologia proposta dall'IPCC per *l'accounting* del Carbonio forestale nel contesto del REDD+ (Sourcebook, 2016). Tuttavia, uno dei maggiori problemi nell'uso delle equazioni di Chave et al. (2005) per la stima della biomassa epigea, risiede nel fatto che è molto difficile avere una misura diretta e accurata dell'altezza totale dell'albero, soprattutto in quei soprassuoli dove la *canopy* presenta la tipica forma a baldacchino (Hunter et al, 2013; Larjavaara Muller-Landau, 2013). La disponibilità dei dati sulle altezze totali può, pertanto, inficiare sulla qualità di queste equazioni allometriche e divenire quindi una delle più importanti limitazioni nella valutazione degli *stock* di biomassa epigea (Chave et al., 2004; Skole et al, 2011.; Clark & Kellner, 2012; Baccini & Asner, 2013).

Le relazioni allometriche calibrate su un determinato soprassuolo forestale dipendono da fattori ambientali e genetici che variano da regione a regione. Di conseguenza, i modelli teorici tarati su siti specifici, difficilmente possono fornire stime accurate della biomassa in altri siti. Negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi *database* di equazioni allometriche adatti a varie regioni geografiche e tipi forestali, dal Nord al Sud America (Ter-Mikaelian and Korzukhin, 1997; Jenkins et al., 2003; Návar, 2009), all'Europa (Zianis et al., 2005), Africa (Henry et al.,

2011) e all’Australia (Eamus et al., 2000; Keith et al., 2000).

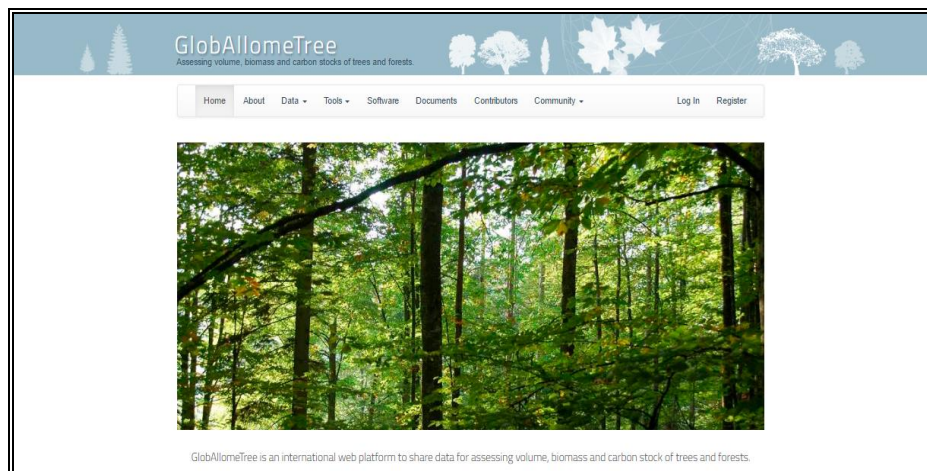
Al fine di una stima accurata della biomassa forestale, è necessario utilizzare equazioni allometriche ottenute da misurazioni di parametri dendrometrici o collezionati *in situ*, oppure in aree ove sono presenti gli stessi tipi forestali e che insistono nelle medesime zone ecologiche.

Negli ultimi anni, sono stati resi disponibili *database* di dati dendrometrici ottenuti dall’utilizzo di metodi distruttivi in molte aree del mondo, in particolare in Africa (Djomo et al, 2010; Henry et al, 2010; Ebuy et al., 2011; Ryan et al., 2011; Fayolle et al., 2013.; Mugasha et al., 2013), nelle foreste secche e nei boschi aperti (Nogueira et al., 2008; Vieilledent et al., 2012.; Colgan et al., 2013), e in diverse regioni del Sud America (Martinez-Yrizar et al., 1992; Alvarez et al., 2012; Lima et al., 2012; Goodman et al., 2014). Sebbene il numero di equazioni allometriche disponibili in letteratura sia aumentato significativamente, le stime di biomassa non sono migliorate. La maggior parte dei documenti che riportano le equazioni allometriche, infatti, si trovano nella letteratura scientifica il cui accesso è spesso limitato (Henry et al., 2013). Le banche dati nazionali e continentali per le equazioni allometriche sono poche (Henry et al. 2011, Navar 2009, Zianis et al. 2005) e devono essere continuamente aggiornate. Le banche dati esistenti, inoltre, non sono omogeneizzate e i dati, di conseguenza, non sono comparabili. Le equazioni allometriche esistenti si riferiscono, infatti, spesso a diverse componenti degli alberi (radici, tronco, branche, foglie, frutti, ecc.), a differenti tipi di bosco e di gestione forestale e alle diverse variabili stimate e, pertanto, non possono essere confrontati senza effettuare degli aggiustamenti preliminari (Henry et al., 2013).

Per queste ragioni nel 2013, grazie ad un importante lavoro svolto da FAO (*Food and Agriculture Organization*), CIRAD (*Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement*) in collaborazione con il DIBAF (Dipartimento per l’Innovazione dei Sistemi Biologici, Agro-Alimentari e Forestali - Università della Tuscia) e con vari altri centri di ricerca di fama internazionale, è stata realizzata una piattaforma internazionale che rappresenta ad oggi uno dei *database* più aggiornati di equazioni allometriche: la “*GlobAllomeTree*”¹⁵ (Figura 5.7).

15 GlobAllomeTree: <http://www.globallometree.org>).

Figura 5.7 – Piattaforma GlobAllometree

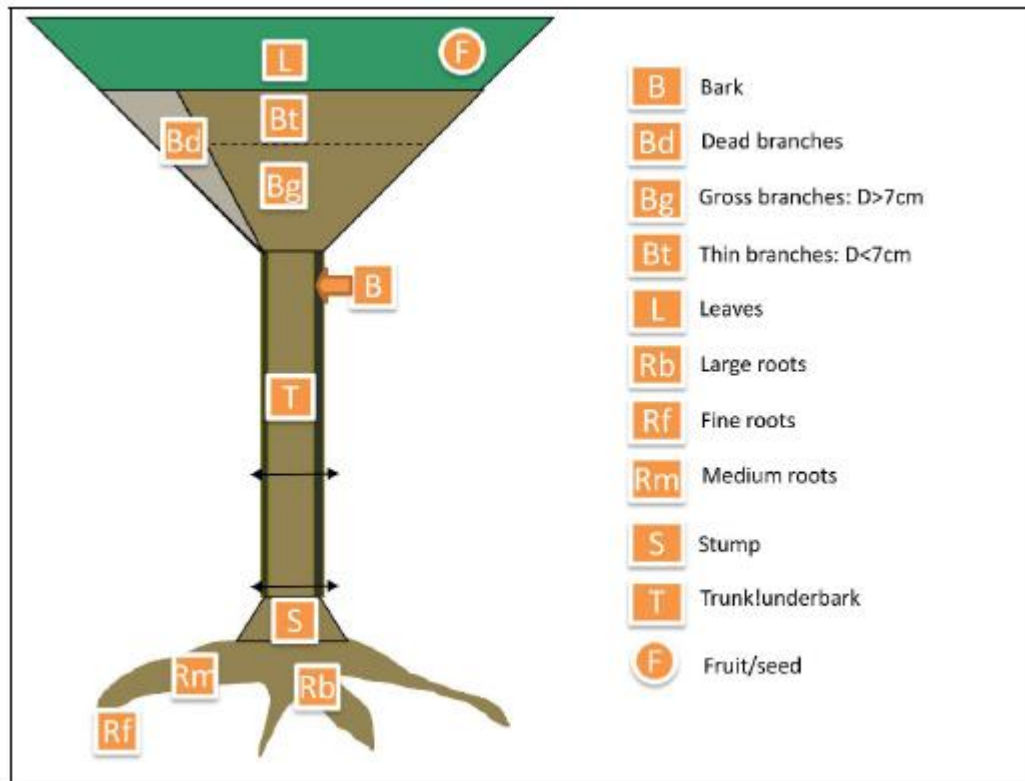


Questa piattaforma è stata creata con lo scopo di costituire un *database* di equazioni allometriche e di mettere a punto un *software* specifico per la stima della biomassa, del volume e degli *stock* di Carbonio da applicare a tutti i tipi di foresta: dalle foreste primarie e secondarie, alle piantagioni, alle foreste di mangrovie, alle liane, *etc.*, in molti *Paesi* e continenti del mondo. Ai fini di tale studio le equazioni allometriche utilizzate sono state ricavate da questo database.

La piattaforma GlobAllomeTree, fornisce, in particolare, libero accesso a un *database* di equazioni allometriche per la stima del volume, della biomassa e del Carbonio, sia totali, che specifiche per le diverse componenti dell'albero (*Figura 5.8*). Sono disponibili, inoltre, dati sulla biomassa, sui volumi, sugli *stock* di Carbonio, sulla densità del legno e sui fattori di espansione della biomassa (informazioni utili, per estendere i valori di volume o biomassa delle parti commerciali dell'albero, a tutte le altre componenti).

La piattaforma è stata ideata come uno strumento *open-source* dinamico e interattivo, che permette – non solo il continuo miglioramento delle equazioni allometriche già disponibili – ma anche l'inserimento di altre equazioni, di nuovi dati e nuove analisi statistiche atte a migliorare ulteriormente le stime di biomassa e dei *pool* di Carbonio.

Figura 5.8 Differenti componenti dell'albero (Fonte: Henry et al. 2011)



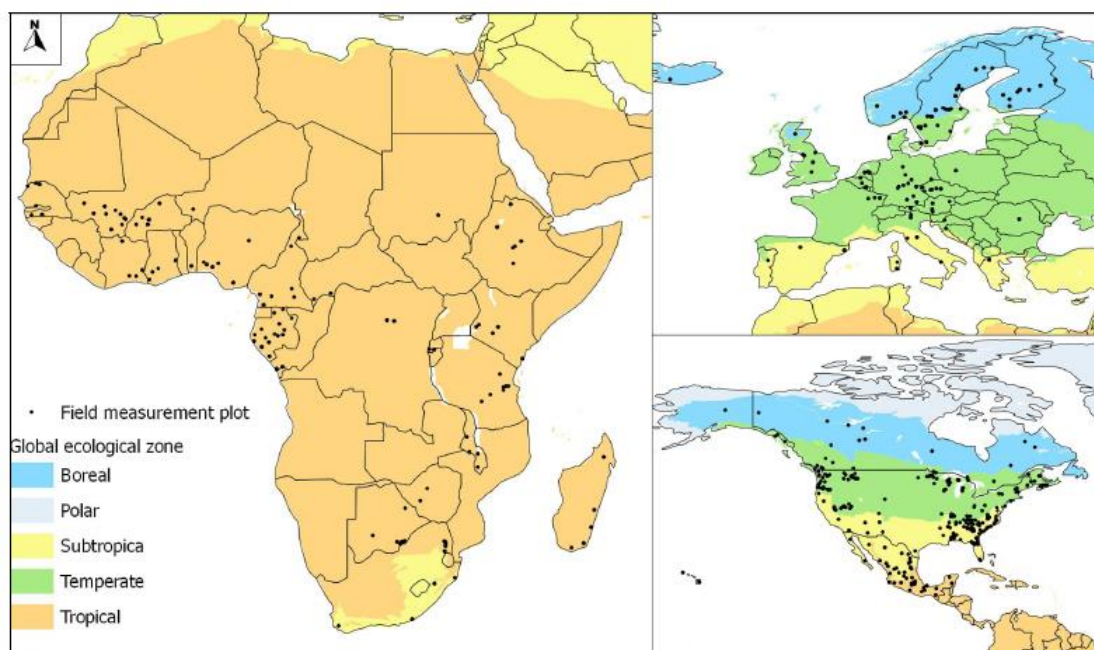
Le equazioni, inoltre, sono state geo-referenziate sulla base delle informazioni originali disponibili. Nella prima versione del *database*, sono state riportate:

- 706 equazioni per l'Europa (al 100% georeferenziate);
- 2843 equazioni per il Nord America (di cui 74% georeferenziate);
- 1058 equazioni per l'Africa (di cui 66% di equazioni georeferenziate (*Figura 5.7*)).

Gli utenti possono liberamente filtrare la banca dati, in base ai numerosi criteri di ricerca: volume, biomassa, Carbonio, luogo, *Paese*, zona ecologica¹⁶, *etc.* (Henry et al. 2013).

¹⁶ I dati sono stati classificati secondo le 5 zone ecologiche di Holdridge (1967), disponibili all'indirizzo http://www.carboafrika.net/data_en.asp

Figura 5.9 Distribuzione geografica delle equazioni allometriche georeferenziate in Africa, America del Nord e Europa (Fonte Henry et al, 2013).



5.4.2. I metodi utilizzati per la stima degli stock di Carbonio forestale epigeo

Alla luce delle considerazioni sopra riportate, nel presente studio è stata utilizzata:

- l'equazione allometrica di Chave et al. (2014) per la stima della biomassa epigea delle foreste primarie (FP) e delle foreste naturali gestite (FG);
- l'equazione allometrica di Yasen & Koedsin (2015) per la stima della biomassa epigea delle piantagioni di gomma;
- L'equazione di Saldarriaga et al. (1988) per la stima della biomassa epigea delle piantagioni di cocco.

Tabella 5.9 – Metodi utilizzati per la stima della biomassa forestale epigea (AGB)

Categoria	Fonte	Equazione allometrica
Foreste Primarie e Foreste Gestite	Chave et al., 2014	$AGB = 0,0673 * (\rho * d^2 * h)^{0,976}$ d = diametro a 1,30 (cm) ρ = densità del legno [g cm³] h = altezza (m)
Piantagioni di <i>Hevea brasiliensis</i>	Yasen & Koedsin, 2015	$AGB = 0,0046 * (d^2 * h)^{1,2046}$ d = diametro a 1,30 (cm) h = altezza (m)

Piantagioni di <i>Cocos nucifera</i>	Saldarriaga et al. 1988	$AGB = \text{Exp} \left(-6,3789 - 0,877 * \ln \left(\frac{1}{d^2} \right) \right) + 2,151 * \ln (h)$ d = diametro a 1,30 m h = altezza (m)
---	----------------------------	---

Come si evince dalla Tabella 5.9, sono state utilizzate equazioni allometriche che considerano il diametro a petto d'uomo (d), l'altezza totale dell'albero (h), e la densità del legno (ρ) come variabili indipendenti.

Le equazioni allometriche riportate in Tabella 5.9, sono state applicate ad ogni singolo albero, per la categoria e la specie corrispondente. I valori di biomassa epigea ottenuti, sono stati poi sommati in modo da ottenerne la biomassa forestale epigea totale per ogni singolo *plot*. I valori di densità del legno (ρ) utilizzati per il calcolo della biomassa epigea, sono stati estratti da vari *database* globali (*Global Wood Density Database* - Chave et. al., 2009; Zanne et al., 2009) e sono riportati in Tabella 5.10: densità del legno variabile da un minimo di 0,10 g/cm³ per *Tricalysia pallens* e un massimo di 0,98 g/cm³ per *Diospyros ferrea*.

La Tabella 5.10 riporta, per un complesso di 225 specie rilevate nelle aree campione, il valore di densità del legno (ρ) utilizzato per il calcolo della biomassa epigea.

La biomassa secca è stata convertita in *stock* di Carbonio applicando la percentuale del 47% (Solomon et al. 2007), come indicato dal Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC 2006.

Successivamente, sono stati calcolati i valori medi ad ettaro ed il Coefficiente di Variazione (CV) che consente di avere una indicazione sulla variabilità tra i *plot* (vedi paragrafo 3.3).

Tabella 5.10 – Valori di densità del legno (ρ) utilizzati per ciascuna specie censita

Specie	(ρ)	Specie	(ρ)
Afzelia bella	0,64	Lindackeria dentata	0,56
Aidia genipiflora	0,82	Lophira alata	0,90
Albizia adianthifolia	0,51	Lovoa trichilioides	0,45
Albizia glaberrima	0,54	Macaranga barteri	0,38
Albizia zygia	0,49	Maesobotrya barteri	0,48
Allanblackia floribunda	0,69	Mammea africana	0,63
Alstonia boonei	0,32	Manilkara obovata	0,86
Amphimas pterocarpoides	0,62	Maranthes chrysophilla	0,85
Annickia polycarpa	0,50	Maranthes glabra	0,88
Anopyxis klaineana	0,80	Mareya micrantha	0,48

Specie	(p)	Specie	(p)
Anthonotha fragrans	0,53	Margaritaria discoidea	0,72
Anthonotha sassandraensis	0,69	Massularia acuminata	0,63
Anthostema aubryanum	0,33	Memecylon afzelii	0,81
Antiaris toxicaria	0,39	Memecylon blakeoides	0,81
Antidesma laciniatum	0,65	Memecylon lateriflorum	0,81
Antidesma oblonga	0,65	Memecylon memecyloides	0,81
Aptandra zankeri	0,77	Memecylon normandii	0,81
Aubrevillea kerstingii	0,65	Microdesmis puberula	0,57
Baphia nitida	0,56	Monocyclanthus vignei	0,52
Baphia pubescens	0,77	Monodora myristica	0,49
Beilschmiedia mannii	0,57	Musanga cecropioides	0,24
Berlinia confusa	0,60	Myrianthus arboreus	0,43
Berlinia tomentella	0,62	Myrianthus crysophylla	0,43
Bridelia grandis	0,52	Myrianthus libericus	0,43
Buchholzia coriacea	0,60	Nauclea diderrichii	0,68
Bussea occidentalis	0,79	Nesogordonia papaverifera	0,65
Caloncoba gilgiana	0,65	Newtonia aubrevillei	0,59
Calpocalyx brevibracteatus	0,73	Octoknema borealis	0,69
Campylospermum squamosum	0,78	Omphalocarpum ahia	0,55
Canarium schweinfurthii	0,41	Omphalocarpum procerum	0,55
Carapa procera	0,60	Ouratea calophylla	0,74
Cassipourea gummiflua	0,51	Pachystela msolo	0,67
Cassipourea hiotou	0,68	Pancovia attenuatus	0,64
Cassipourea lescotiana	0,68	Pancovia turbinata	0,64
Cecropia peltata	0,30	Panda oleosa	0,57
Celtis adolfi-fredericii	0,61	Parinari excelsa	0,70
Celtis mildbraedii	0,59	Parkia bicolor	0,45
Celtis zenkeri	0,61	Pellegriniodendron diphyllum	0,65
Chrysophyllum beguei	0,61	Pentadesma butyracea	0,81
Chrysophyllum pentagonocarpum	0,61	Petersianthus macrocarpus	0,68
Chrysophyllum pruniforme	0,61	Phyllocosmus africanus	0,78
Chrysophyllum subnudum	0,64	Phyllocosmus sessiliflorus	0,78
Chytranthus carneus	0,64	Picalima nitida	0,77
Chytranthus macrobotrys	0,64	Pierreodendron kerstingii	0,31
Cleistopholis patens	0,34	Piptadeniastrum africanum	0,61
Cocus nucifera	0,53	Piptostigma fasciculatum	0,52

Specie	(p)	Specie	(p)
Coelocaryon oxycarpum	0,45	Piptostigma fugax	0,52
Cola boxiana	0,60	Placodiscus bancoensis	0,79
Cola chlamydantha	0,60	Placodiscus sassiflorus	0,79
Cola gigantea	0,48	Plecodiscus attenuatus	0,60
Cola nitida	0,60	Pleiocarpa mutica	0,52
Copaifera salikounda	0,70	Pouteria robusta	0,47
Cordia millenii	0,41	Protomegabaria stapfiana	0,60
Corynanthe pachyceras	0,67	Pterygota macrocarpa	0,49
Coula edulis	0,89	Pycnanthus angolensis	0,41
Craterispermum caudatum	0,66	Raphia hookeri	0,55
Crudia gabonensis	0,78	Raphia Palma-pinus	0,55
Cussonia bancoensis	0,36	Rhabdophyllum calophyllum	0,78
Cynometra ananta	0,83	Rhodognaphalon brevisuspe	0,51
Dacryodes klaineana	0,72	Ricinodendron heudelotii	0,21
Daniellia ogea	0,43	Rinorea prasina	0,69
Daniellia thurifera	0,46	Sacoglottis gabonensis	0,80
Dasyalepis brevipedicellata	0,64	Samanea dinklagei	0,65
Desplatsia chrysochlamys	0,51	Sapotese sp.	0,60
Desplatsia subericarpa	0,51	Sarcocephalus pobeguini	0,50
Dialium aubrevillei	0,84	Scaphopetalum amoenum	0,51
Didelotia sp.	0,57	Scottellia klaineana	0,58
Diospyros camerunensis	0,83	Scyttopetalum tieghemii	0,62
Diospyros ferrea	0,98	Soyauxia grandifolia	0,73
Diospyros gabonensis	0,83	Soyauxia velutina	0,67
Diospyros sanza-minika	0,72	Spathandra blakeoides	0,81
Diospyros vignei	0,83	Spondianthus preussii	0,65
Discoglypsemna caloneura	0,34	Sterculia oblonga	0,62
Distemonanthus benthamianus	0,60	Sterculia rhinopetala	0,67
Drypetes afzelii	0,72	Sterculia tragacantha	0,51
Drypetes aubrevillei	0,83	Strephonema pseudocola	0,63
Drypetes aylmeri	0,72	Strombosia pustulata	0,83
Drypetes ivorensis	0,72	Suregada ivorensis	0,68
Drypetes leonensis	0,72	Synsepalum afzelii	0,82
Drypetes principum	0,72	Synsepalum brevipes	0,82
Duguetia staudtii	0,64	Synsepalum msolo	0,54
Entandrophragma angolense	0,48	Synsepalum ntimii	0,82

Specie	(p)	Specie	(p)
Entandrophragma candollei	0,57	Syzygium guineense	0,60
Entandrophragma cylindricum	0,57	Syzygium rowlandii	0,63
Entandrophragma utile	0,54	Tabernaemontana sp.	0,54
Erythrina vogelii	0,24	Tapura ivorensis	0,64
Eugenia leonensis	0,85	Terminalia superba	0,46
Funtumia africana	0,42	Tetrapleura chevalieri	0,53
Funtumia elastica	0,42	Tetrorchidium didymostemon	0,44
Garcinia elliotii	0,78	Tieghemella heckelii	0,55
Garcinia gnetoides	0,78	Tricalysia pallens	0,10
Garcinia kola	0,73	Trichilia heudelotii	0,44
Garcinia smeathmannii	0,78	Trichilia monadelpha	0,48
Gilbertiodendron preussii	0,70	Trichilia prieureana	0,52
Gluema ivorensis	0,97	Trichilia tessmannii	0,52
Greenwayodendron oliveri	0,52	Trichoscypha beguei	0,64
Guarea cedrata	0,51	Trichoscypha blydeniae	0,64
Guarea thompsonii	0,55	Trichoscypha cavalliensis	0,64
Guibourtia ehie	0,71	Trichoscypha sp.	0,64
Hannoa klaineana	0,31	Triclisia gilletii	0,55
Heritiera utilis	0,56	Triplochiton scleroxylon	0,33
Hevea brasiliensis	0,53	Uapaca corbisieri	0,63
Homalium aylmeri	0,73	Uapaca guineensis	0,61
Homanium dewevrei	0,59	Vitex ferruginea	0,45
Hunteria eburnea	0,72	Vitex micrantha	0,45
Hunteria simii	0,72	Warneckea cinnamomoides	0,81
Hunteria umbellata	0,72	Warneckea guineensis	0,81
Hymenostegia gracilipes	0,83	Xylopia quintasii	0,76
Irvingia gabonensis	0,77	Xylopia rubescens	0,60
Khaya ivorensis	0,44	Xylopia staudtii	0,40
Klainedoxa gabonensis	0,93	Xylopia villosa	0,60
Lanea welwitschii	0,41	Zanthoxylum gilletii	0,69
Leptaulus daphnoides	0,61		

5.5. Gli indici di biodiversità

Un indicatore è definito come una “misura basata su dati verificabili che fornisce maggiori informazioni rispetto alla misura in sé” (IBP, 2011).

Secondo diverse fonti, un buon indicatore deve essere “SMART” – *Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound* – specifico, misurabile, raggiungibile, rilevante, definito nel tempo.

Esistono molteplici indicatori per la valutazione e il monitoraggio dello stato della biodiversità negli ecosistemi forestali. Negli studi scientifici che analizzano le relazioni tra biodiversità forestale e produttività primaria degli ecosistemi forestali (biomassa, accrescimenti) a scala vasta tuttavia sono generalmente utilizzate metriche di diversità specifica o di complessità della struttura della vegetazione forestale facilmente calcolabili da grandezze biometriche rilevate per il calcolo della biomassa (Thompson et al., 2009). In particolare, le ricerche disponibili sulle relazioni tra biodiversità e stoccaggio di Carbonio nella biomassa epigea nelle foreste tropicali (es. Poorter et al., 2015; Cazzolla Gatti, 2014;) o tra diversità di specie e produttività delle foreste a scala globale (Liang et al., 2016) utilizzano indici molto semplici, elaborati a partire da parametri dendrometrici rilevati in plot campione, in grado di sintetizzare la ricchezza specifica e la diversità tassonomica delle specie forestali, o alcuni parametri strutturali (densità, area basimetrica, presenza di alberi di grande dimensione).

La selezione degli indici utilizzati nel presente studio ha tenuto conto quindi dell'esigenza di utilizzare indici di biodiversità già consolidati in letteratura, e in considerazione che il REDD+ viene attuato in *Paesi* in via di sviluppo, spesso con ridotte capacità nell'implementazione degli inventari forestali, di semplice applicazione, versatilità e facile replicabilità. I tre indici selezionati possono essere infatti calcolati da parametri facilmente misurabili in campo quali il diametro, l'altezza e la specie, tutti parametri che sono stati rilevati in tutti i plot oggetto dello studio:

- *indice di Shannon*, indice di diversità tassonomica;
- *indice di Menhinick*, un indice di ricchezza specifica;
- *Complexity Index*, indice di complessità strutturale.

L'utilizzo dell'*indice di Shannon* risponde all'esigenza di valutare in maniera sintetica la diversità delle specie all'interno del campione e i rapporti relativi tra le specie; l'indice di *Menhinick*, invece, considera il numero di specie presenti all'interno di un campione e consente di discernere valutare differenze in termini di ricchezza specifica tra plot, di pari estensione, aventi una diversa densità di individui. In generale poiché gli indici basati sulla diversità tassonomica sono dipendenti, entro certi limiti, dalla dimensione dei plot, la comparabilità tra

plot di dimensione diversa è limitata. Mentre l'indice di complessità strutturale, combina gli effetti di più attributi strutturali (altezza, densità, area basimetrica) e della ricchezza specifica in un singolo numero.

5.5.1. **Indice di diversità di Shannon**

L'indice di *Shannon* (1948) è un indice di diversità usato in ecologia nel caso di popolazioni con un numero (teoricamente) infinito di individui, campionati in modo casuale:

$$H' = - \sum_{j=1}^S p_i \ln p_i$$

dove:

$p_i = n_i/N$ proporzione degli individui presenti in ciascuna specie i ($i=1,2,3 \dots S$), ovvero il rapporto tra il numero di individui di ciascuna specie e il totale degli individui del *plot*.

j = numero di specie presenti;

n_i = numero di individui per ciascuna specie;

N = numero totale di individui;

S = numero di specie.

L'indice prevede che gli individui vengano campionati da una comunità infinitamente grande e che nel campione siano rappresentate tutte le specie. Il valore dell'indice diminuisce quando sono presenti pochi *taxa* e uno di questi è molto ricco di individui. In questo caso il valore di p_i tende a 1 e, di conseguenza il suo logaritmo tende a 0. La minima diversità si ottiene quando n_i è uguale a N e l'indice H' è pari a 0.

Al contrario, il valore dell'indice aumenta quando sono presenti molti *taxa* con abbondanze simili; in questo caso p_i tende a $1/N$ e H' tende a valori elevati. La massima diversità si ottiene quando i *taxa* sono numerosi e presenti con lo stesso numero di individui; in questa circostanza tutti i valori n_i risultano uguali e, di conseguenza, p_i assume il valore $1/N$ e H' assume il valore di $H_{\max}$.

Il valore dell'indice di diversità di Shannon di solito varia tra 1,5 e 3,5, superando raramente il valore di 4,5 (Shannon 1948).

Si può, pertanto, desumere come l'indice di *Shannon* dimostri una spiccata sensibilità alla variazione dei rapporti relativi tra le specie.

5.5.2. Indice di ricchezza di specie *Menhinick*)

L'indice di *Menhinick* (Menhinick 1964) determina la ricchezza di specie, corrispondente al numero di specie riscontrato in un campione, dividendo il numero di specie (S) per la radice quadrata del numero di individui totali presenti (N):

$$R = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

dove S è il numero di specie, mentre N è il numero totale di individui.

L'indice, sviluppato da Menhinick (1964) e successivamente utilizzato da Whittaker (1977), è meno sensibile all'effetto della superficie dell'unità campionaria (e dunque numero di individui censiti) sulla stima della ricchezza specifica. Infatti l'indice è in grado di differenziare tra campioni aventi un diverso numero di specie per un dato numero di individui.

5.5.3. Indice di complessità strutturale (*Complexity Index*)

Il *Complexity Index* è stato messo a punto da Holdridge (Holdridge, 1971)

$$HC = \frac{h * BA * N * S}{A}$$

dove:

h= altezza media;

BA= area basimetrica;

N= numero di individui totali nel plot;

S= numero di specie;

A= superficie del *plot*.

È un indice sintetico di complessità strutturale, normalizzato per la superficie del plot, correlato non solo con il numero di specie, ma con variabili dendrometriche quali densità, area basimetrica e altezza che influenzano significativamente la quantità di biomassa presente nell'ecosistema forestale.

6. Risultati dell'analisi comparativa su biodiversità forestale e stock di Carbonio nel caso di studio delle foreste ghanesi

6.1. Confronto tra stock di Carbonio e indici di biodiversità in foreste primarie, gestite e piantagioni

Seguendo la metodologia illustrata nei paragrafi precedenti sono stati calcolati per ciascun *plot* gli stock di Carbonio epigeo e gli indici di diversità specifica (indice di *Shannon*), ricchezza specifica (indice di *Menhinick*), e di complessità strutturale (Indice *Complexity*).

Lo studio ha interessato un totale di 1946 alberi e di 225 specie, con densità del legno (ρ)

variabile da un minimo di 0,10 g/cm³ per *Tricalysia pallens* e un massimo di 0,98 g/cm³ per *Diospyros ferrea*.

La *Tabella 6.1* riporta per i gruppi di *plot* nel distretto di Jomoro - FPA (Foreste Primarie Ankasa) e PI (Piantagioni Jomoro) – i valori di ricchezza specifica e alcune statistiche descrittive di parametri dendrometrici (densità, diametro, altezza).

Tabella 6.1 - Caratteri identificativi e dendrometrici dei *plot* nelle aree di studio di Ankasa e Jomoro
 Categoria (Foresta Primaria Ankasa – FPA / Piantagioni Jomoro – PI); Numero identificativo del *plot* (N); Superficie del *plot* (m²); Numero totale di specie (N specie); Numero totale di alberi (N alberi); Altezza media (H media); Altezza minima (H min); Altezza massima (H max); Diametro medio (Ø medio); Diametro minimo (Ø min); Diametro massimo (Ø max).

Categoria	N plot	Plot [m ²]	N specie	N alberi	H media [m]	H min [m]	H max [m]	Ø medio [cm]	Ø min [cm]	Ø max [cm]
FPA	1	500	20	31	12,50	5,00	35,00	17,30	5,00	84,00
FPA	2	500	30	52	12,13	5,00	25,00	14,21	5,00	64,00
FPA	3	500	31	49	13,92	5,00	33,00	18,80	5,30	96,00
FPA	4	500	38	59	11,23	1,10	29,00	15,81	5,00	90,20
FPA	5	500	18	40	11,98	5,00	35,00	18,13	5,10	150,00
FPA	6	500	20	45	12,46	5,00	32,00	14,92	5,20	51,00
FPA	7	500	23	49	11,02	5,00	25,00	16,98	5,00	86,00
FPA	8	500	25	54	11,52	5,00	32,00	16,68	5,00	130,00
FPA	9	500	26	50	12,44	5,00	30,00	16,24	5,30	96,00
FPA	10	500	32	60	12,14	5,00	26,00	14,09	5,00	67,40

Categoria	N plot	Plot [m ²]	N specie	N alberi	H media [m]	H min [m]	H max [m]	Ø medio [cm]	Ø min [cm]	Ø max [cm]
FPA	11	500	35	53	11,93	5,00	29,00	15,08	5,00	84,20
FPA	12	500	32	46	11,15	5,00	27,00	15,69	5,20	70,00
FPA	13	500	28	41	12,99	5,00	27,00	19,73	5,00	82,00
FPA	14	500	26	43	10,79	5,00	27,00	16,06	5,10	86,00
FPA	15	500	26	43	12,10	5,00	24,00	15,64	5,10	51,50
FPA	16	500	20	30	11,88	4,00	27,00	16,18	5,10	70,00
FPA	17	500	32	54	12,87	5,00	36,00	17,29	5,00	87,70
FPA	18	500	19	43	14,02	5,00	33,00	18,46	5,30	95,00
FPA	19	500	30	51	14,01	6,00	37,00	19,39	5,60	104,00
FPA	20	500	33	49	13,32	5,00	28,00	18,39	6,20	65,00
FPA	21	500	26	59	12,14	5,00	25,00	17,21	5,00	55,40
FPA	22	500	24	41	13,28	5,00	29,00	19,79	5,00	85,00
FPA	23	500	18	30	16,07	6,00	34,00	21,80	6,00	70,00
FPA	24	500	34	52	12,84	5,00	27,00	15,80	5,40	60,00
FPA	25	500	33	56	12,99	4,50	27,00	18,26	5,40	90,00
FPA	26	500	26	45	12,97	5,00	33,00	18,26	5,70	94,00
FPA	27	500	21	36	13,96	6,00	38,00	15,73	6,10	55,00
FPA	28	500	22	49	13,44	3,00	32,00	20,43	5,00	98,10
FPA	29	500	42	76	12,65	2,50	35,50	15,82	5,00	82,00
FPA	30	500	27	46	10,97	5,00	41,00	13,16	5,00	67,70
FPA	31	500	35	75	11,43	3,00	39,20	15,35	5,00	74,60
FPA	32	500	29	74	9,65	3,00	25,00	13,29	5,00	69,00
PI	33	400	1	4	19,50	17,00	23,10	28,15	25,30	30,30
PI	34	400	1	5	21,20	15,20	26,10	24,84	20,20	27,40
PI	35	400	1	7	17,71	11,80	26,80	27,26	23,10	33,00
PI	36	400	1	5	21,60	16,10	26,80	29,20	25,00	31,00
PI	37	400	1	7	19,43	15,30	25,10	23,93	22,30	27,00
PI	38	400	1	7	20,21	16,30	23,70	24,11	21,30	27,00
PI	39	400	1	7	22,43	17,80	30,00	25,41	23,00	30,20
PI	40	400	1	8	19,14	14,70	26,10	24,00	21,00	28,50
PI	41	400	1	8	18,26	15,90	19,70	24,38	21,00	32,30
PI	42	400	1	8	18,49	12,00	23,10	23,78	22,20	26,00
PI	43	400	1	6	18,02	6,10	26,70	21,98	16,40	28,50
PI	44	400	1	10	20,23	4,50	26,70	21,37	17,30	26,20
PI	45	400	1	6	19,05	14,90	26,60	25,03	21,00	28,40
PI	46	400	1	8	26,39	22,50	30,00	28,91	25,50	33,00
PI	47	400	1	8	23,78	14,70	29,70	28,31	24,00	36,00
PI	48	100	1	7	17,21	14,80	19,90	18,04	14,00	22,00
PI	49	100	1	6	17,67	10,74	25,31	15,12	5,00	20,40
PI	50	100	1	8	14,20	6,50	18,31	15,14	11,50	17,80
PI	51	400	1	38	18,99	4,90	38,30	17,01	6,00	46,00
PI	52	400	1	19	19,96	9,00	39,50	18,13	7,00	57,00
PI	53	400	1	16	19,05	6,50	42,80	27,13	7,00	61,50

La *Tabella 6.2* riporta per i gruppi di *plot* nelle aree di studio di Bia – FPB (Foreste Primarie Bia) e FG (Foreste Gestite Bia) – i valori di ricchezza specifica e alcune statistiche descrittive di parametri dendrometrici (densità, diametro, altezza).

Tabella 6.2 –

Caratteri identificativi e dendrometrici dei plot nelle aree di studio di Bia

Categoria (Foresta Primaria Bia – FPB / Foresta Naturale Gestita Bia – FG); Numero identificativo del *plot* (N); Superficie del plot (m²); Numero totale di specie (N specie); Numero totale di alberi (N alberi); Altezza media (H media); Altezza minima (H min); Altezza massima (H max); Diametro medio (Ø medio); Diametro minimo (Ø min); Diametro massimo (Ø max).

Categoria	N plot	Plot [m ²]	N specie	N alberi	H media [m]	H min [m]	H max [m]	Ø medio [cm]	Ø min [cm]	Ø max [cm]
FPB	54	400	4	4	19,25	13,20	27,80	50,50	24,40	86,60
FPB	55	400	7	7	19,79	10,40	34,80	45,19	20,30	123,00
FPB	56	400	10	13	17,62	12,80	29,00	31,80	21,00	94,60
FPB	57	400	10	11	17,12	10,20	28,70	38,27	20,00	120,00
FPB	58	400	3	3	18,70	10,10	31,80	58,87	21,10	131,30
FPB	59	400	9	11	16,56	6,10	26,80	40,38	20,00	118,40
FPB	60	400	8	11	18,78	10,10	29,20	50,95	22,60	136,20
FPB	61	400	4	4	14,70	11,20	17,10	26,70	22,60	30,50
FG	62	400	5	5	20,08	8,40	32,40	28,90	20,20	42,00
FG	63	400	5	9	22,23	9,00	36,00	40,12	20,20	92,80
FG	64	400	6	6	20,05	9,00	33,20	45,62	20,00	76,30
FG	65	400	8	9	21,17	10,00	39,00	47,76	20,00	122,00
FG	66	400	4	5	11,84	6,00	18,70	62,30	24,60	100,00
FG	67	400	3	3	18,40	15,80	21,10	50,00	27,60	87,00
FG	68	400	3	3	20,43	14,80	31,00	33,00	20,50	56,30
FG	69	400	2	3	9,47	8,50	10,80	26,07	21,80	32,80
FG	70	400	5	5	10,14	6,80	13,80	25,96	22,40	34,50
FG	71	400	7	10	16,61	9,50	25,70	48,73	20,20	128,50
FG	72	400	4	5	12,56	8,20	18,20	33,18	25,40	47,80
FG	73	400	5	8	9,91	7,00	15,20	27,69	20,80	51,50
FG	74	400	6	6	15,53	11,80	21,50	50,15	20,00	98,50
FG	75	400	5	5	11,72	7,00	17,00	31,80	22,80	53,50
FG	76	400	5	5	11,72	7,00	17,00	31,80	22,80	53,50
FG	77	400	7	7	14,77	9,20	26,80	49,26	21,20	137,50
FG	78	400	3	3	13,13	10,80	15,80	35,00	20,60	51,60
FG	79	400	3	3	16,03	13,80	17,80	35,77	21,00	56,50
FG	80	400	3	3	14,53	10,80	21,00	49,20	22,20	98,60

I *plot* di foresta primaria a Ankasa presentano valori di ricchezza specifica variabili tra 19 e 42 specie su una superficie di 500 m². I valori di ricchezza specifica delle foresta di Bia, riferendosi a superfici pari all'80% dell'area dei plot di Ankasa e basandosi su soglie di cavallettamento minime più alte (20 cm), sono decisamente più bassi variando tra 3 e 10 specie nella foresta primaria e tra 2 e 8 specie nella foresta gestita. Le piantagioni di Jomoro non presentano variabilità in termini di specie.

Tabella 6.3 – Valori di area basimetrica e stock di Carbonio riferiti al singolo plot e stock di Carbonio riferito alla categoria

Categoria (Foresta Primaria Ankasa – FPA / Piantagioni Jomoro – PI); Numero identificativo del *plot* (N); Area basimetrica (G) e *stock* di Carbonio [t area⁻¹] riferiti all'area di riferimento, pari a 500m²

Categoria area di studio	N <i>plot</i>	G [m ² area ⁻¹]	Stock di Carbonio [t area ⁻¹]
Foresta Primaria Ankasa (FPA)	1	1,61	8,79
	2	1,34	5,89
	3	2,75	12,29
	4	2,27	7,73
	5	2,88	14,31
	6	1,26	5,24
	7	2,57	10,14
	8	2,96	15,87
	9	2,05	10,28
	10	1,73	7,95
	11	1,77	8,17
	12	1,66	4,77
	13	2,27	10,50
	14	1,97	7,65
	15	1,23	4,58
	16	1,17	5,43
	17	2,58	12,08
	18	2,27	11,62
	19	2,92	15,46
	20	2,31	10,13
	21	2,23	8,98
	22	2,33	10,51
	23	1,96	11,65
	24	1,63	6,34
	25	2,55	10,86
	26	2,53	11,52
	27	1,16	5,99
	28	3,09	13,82
	29	2,75	12,22
	30	1,19	4,57
	31	2,81	11,74
	32	2,15	7,60
Piantagioni Jomoro (PI)	33	0,25	0,67
	34	0,24	0,79
	35	0,42	1,04
	36	0,34	1,16
	37	0,32	0,94

	38	0,32	1,00
	39	0,36	1,45
	40	0,37	1,03
	41	0,38	0,92
	42	0,36	0,94
	43	0,24	0,83
	44	0,36	1,48
	45	0,30	0,83
	46	0,53	2,70
	47	0,51	2,20
	48	0,18	0,55
	49	0,12	0,39
	50	0,15	0,33
	51	1,20	7,23
	52	0,88	6,79
	53	1,25	9,17

Le tabelle 6.3 e 6.4 riportano i valori di *stock* di Carbonio, mentre le tabelle 3.5 e 3.6 riportano i valori degli indici di diversità specifica (indici *Menhinick* e di *Shannon*), e di complessità strutturale (indice *Complexity*) del campione di *plot* di ciascuna categoria.

Tabella 6.4 – Valori di area basimetrica e *stock* di Carbonio riferiti al singolo plot e *stock* di Carbonio riferito alla categoria, e relativa variabilità

Categoria (Foresta Primaria Bia - FPB / Foresta Naturale Gestita Bia – FG); Numero identificativo del plot (N); Area basimetrica (G) e *stock* di Carbonio [t area⁻¹] riferiti all'area di riferimento, pari a 500m².

Categoria Area di studio	N <i>plot</i>	G [m ² area ⁻¹]	<i>stock</i> di Carbonio [t area ⁻¹]
Foresta Primaria Bia (FPB)	54	0,98	4,20
	55	1,71	6,14
	56	1,40	6,36
	57	1,95	8,38
	58	1,43	4,30
	59	2,04	6,87
	60	3,11	11,65
	61	0,23	0,53
Foresta Naturale Gestita Bia (FG)	62	0,35	1,44
	63	1,50	7,84
	64	1,12	3,98
	65	2,28	11,70
	66	1,93	3,47
	67	0,75	1,85
	68	0,32	1,19
	69	0,17	0,21
	70	0,27	0,56
	71	2,71	11,30

Categoria Area di studio	N <i>plot</i>	G [m² area⁻¹]	<i>stock</i> di Carbonio [t area⁻¹]
	72	0,46	0,87
	73	0,54	1,15
	74	1,62	4,65
	75	0,45	1,22
	76	0,45	1,22
	77	2,10	7,66
	78	0,33	0,55
	79	0,36	0,88
	80	0,86	2,08

Tabella 6.5 – Valori degli indici di biodiversità tra i *plot* per ciascuna categoria nelle aree di Ankasa e Jomoro

Categoria Area Studio	N <i>plot</i>	Indice Shannon	Indice Menhinick	Indice Complexity
Foresta Primaria Ankasa (FPA)	1	2,80	3,59	24,92
	2	3,21	4,16	50,84
	3	3,22	4,43	116,25
	4	3,48	4,95	114,54
	5	2,52	2,85	49,64
	6	2,37	2,98	28,21
	7	2,35	3,29	63,81
	8	2,50	3,40	92,02
	9	2,92	3,68	66,20
	10	3,12	4,13	80,58
	11	3,36	4,81	78,19
	12	3,25	4,72	54,38
	13	3,19	4,37	67,64
	14	3,07	3,96	47,43
	15	2,99	3,96	33,34
	16	2,84	3,65	16,69
	17	3,24	4,35	114,87
	18	2,66	2,90	51,91
	19	3,24	4,20	125,15
	20	3,27	4,71	99,45
	21	2,98	3,38	83,22
	22	2,99	3,75	60,87
	23	2,73	3,29	33,95
	24	3,35	4,71	74,19
	25	3,21	4,41	122,34
	26	3,10	3,88	76,68
	27	2,84	3,50	24,57
	28	2,48	3,14	89,56
	29	3,54	4,82	222,37
	30	3,01	3,98	32,51
	31	3,24	4,04	168,65
	32	2,86	3,37	89,18
Piantagioni Jomoro (PI)	33	0,00	0,22	0,24
	34	0,00	0,20	0,32
	35	0,00	0,17	0,64
	36	0,00	0,20	0,45
	37	0,00	0,17	0,54
	38	0,00	0,17	0,57
	39	0,00	0,17	0,70
	40	0,00	0,16	0,70
	41	0,00	0,32	0,17
	42	0,00	0,32	0,16
	43	0,00	0,37	0,08
	44	0,00	0,28	0,23

Categoria Area Studio	N plot	Indice Shannon	Indice Menhinick	Indice Complexity
	45	0,00	0,37	0,11
	46	0,00	0,32	0,35
	47	0,00	0,32	0,30
	48	0,00	0,34	0,28
	49	0,00	0,37	0,16
	50	0,00	0,32	0,21
	51	0,00	0,15	2,71
	52	0,00	0,21	1,04
	53	0,00	0,22	1,19

Tabella 6.6 – Variabilità dei valori degli indici di biodiversità tra i plot per ciascuna categoria nell'area di Bia

Categoria Area Studio	N plot	Indice Shannon	Indice Menhinick	Indice Complexity
Foresta Primaria Bia (FPB)	54	1,39	2,00	0,76
	55	1,95	2,65	4,14
	56	2,14	2,77	8,00
	57	2,27	3,02	9,16
	58	1,10	1,73	0,60
	59	2,15	2,71	8,35
	60	2,02	2,41	12,84
	61	1,39	2,00	0,13
Foresta Naturale Gestita Bia (FG)	62	1,61	2,24	0,44
	63	1,52	1,67	3,76
	64	1,79	2,45	2,02
	65	2,04	2,67	8,67
	66	1,33	1,79	1,14
	67	1,10	1,73	0,31
	68	1,10	1,73	0,15
	69	0,64	1,15	0,02
	70	1,61	2,24	0,17
	71	1,83	2,21	7,89
	72	1,33	1,79	0,29
	73	1,49	1,77	0,54
	74	1,79	2,45	2,26
	75	1,61	2,24	0,33
	76	1,61	2,24	0,33
	77	1,95	2,65	3,80
	78	1,10	1,73	0,10
	79	1,10	1,73	0,13
	80	1,10	1,73	0,28

Un confronto complessivo dei parametri esaminati in termini di statistiche descrittive è riportato nella *Tabella 6.7*.

Tabella 6.7 – Valori medi per *plot* dei principali parametri considerati suddivisi per categoria

Categoria area studio	Foresta Primaria Ankasa (FPA)	Piantagioni Jomoro ³ (PI)	Foresta Primaria Bia (FPB)	Foresta Naturale Gestita Bia (FG)
N <i>plot</i>/categoria	32	21	8	19
<i>plot</i> [m²]	500	100/400	400	400
N_alberi	49	16	8	5
N_specie	28	1	7	5
H media⁴ [m]	12,46	19,64	17,82	15,28
CV H⁵	0,52	0,55	0,52	0,60
Ø medio⁶ [cm]	16,87	23,39	42,83	39,59
CV Ø⁷	0,98	0,58	1,76	1,53
Shannon	3,00	0,00	1,80	1,46
CV	0,11	NA	0,24	0,25
Menhinick	3,92	0,22	2,41	2,01
CV	0,16	0,35	0,19	
Complexity	76,69	0,24	5,50	1,72
CV	0,58	2,39	0,87	1,51
Stock di C [t/ha]	190,43	55,07	151,37	83,98
CV	0,34	1,09	0,54	1,08

³ I *plot* relativi alle piantagioni sono stati standardizzati e riportati a 500 m².

⁴ H media: media aritmetica delle altezze rilevate nei *plot* della categoria considerata.

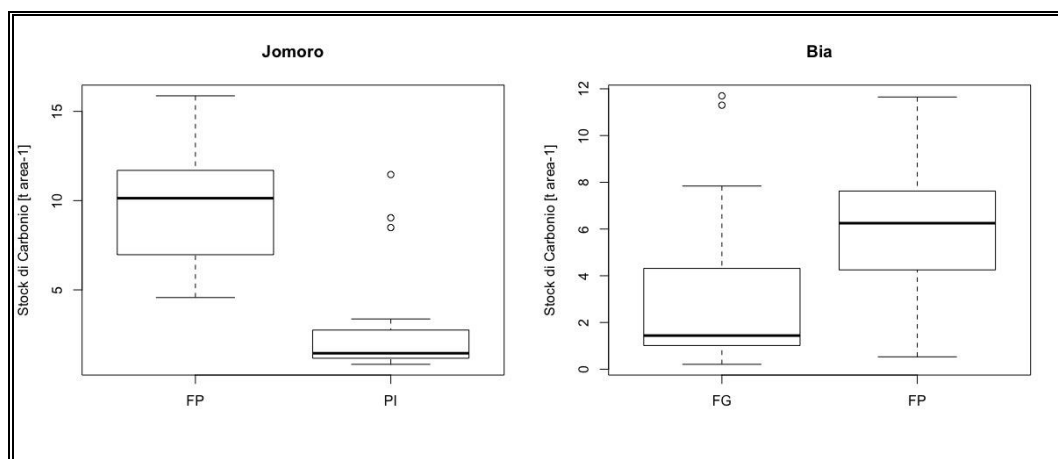
⁵ CV H: Coefficiente di variazione dell'altezza rilevata nei *plot* della categoria considerata.

⁶ Ø medio: media aritmetica dei diametri rilevati nei *plot* della categoria considerata.

⁷ CV Ø: Coefficiente di variazione del diametro rilevato nei *plot* della categoria considerata.

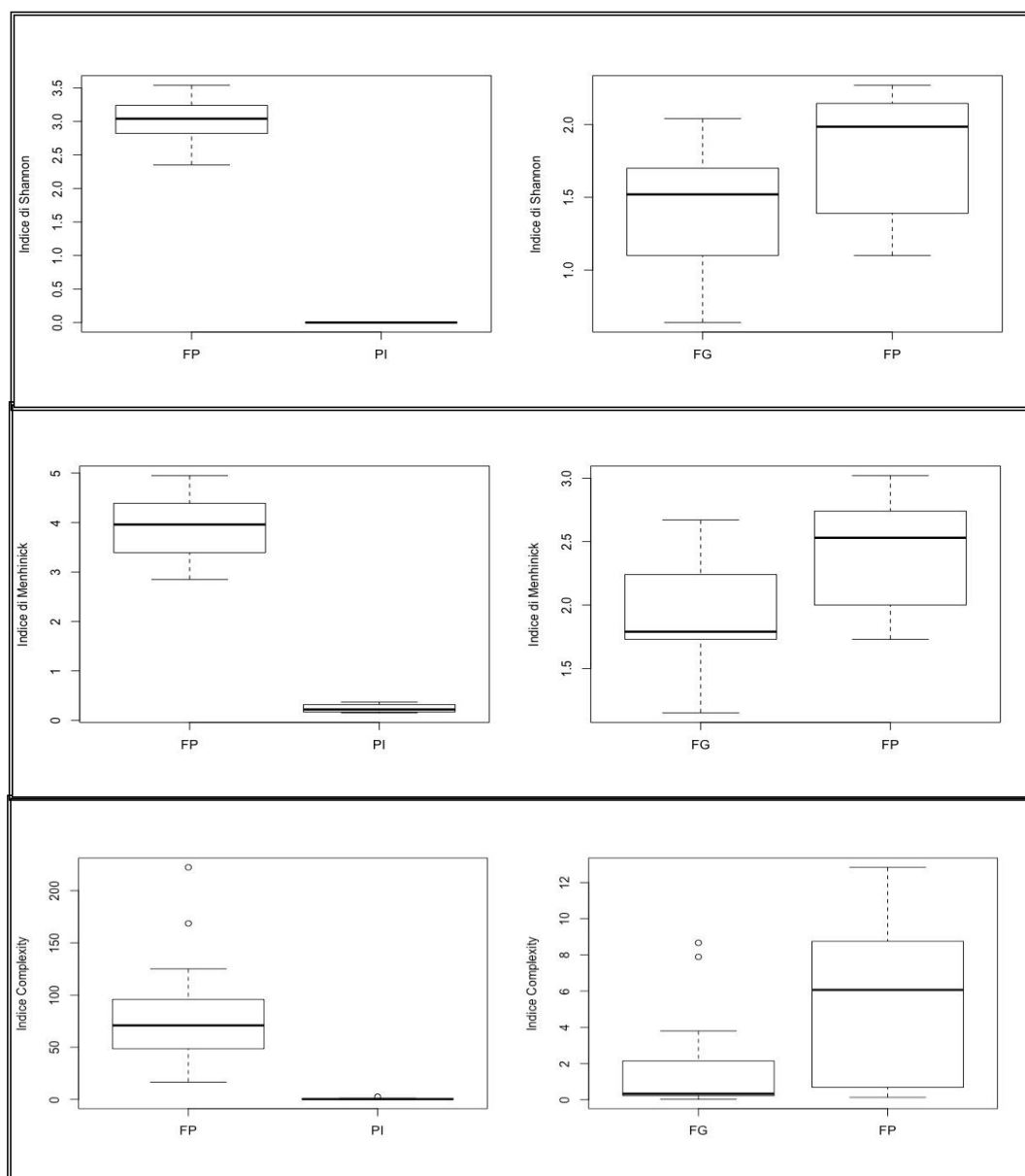
I *box-plot* della *Figura 6.1* mostrano il confronto, in termini di statistiche descrittive, tra gli *stock* di Carbonio nelle due aree di studio Ankasa/Jomoro e Bia.

Figura 6.1 – *Box-plot* della distribuzione dei valori di *stock* di Carbonio per ciascuna categoria.



I *box-plot* della *Figura 6.2* mostrano il confronto, in termini di statistiche descrittive, tra gli indici di biodiversità nelle due aree di studio Ankasa/Jomoro e Bia.

Figura 6.2 – *Box-plot* della distribuzione degli indici di biodiversità per ciascuna categoria



I risultati di questa fase esplorativa di analisi dei dati, fanno emergere le considerazioni di seguito riportate.

i) Confronto Foresta Primaria Ankasa (FPA) – Piantagioni (PI)
Distretto di Jomoro

Dal confronto dei caratteri dendrometrici tra i *plot* di foresta primaria e piantagioni, appare evidente quanto, sia le altezze medie che il diametro medio risultino più elevati nelle piantagioni, rispetto alla foresta primaria. Ciò può essere spiegato in relazione alla significativa incidenza di alberi appartenenti alle classi diametriche piccole nelle foreste primarie di Ankasa. Di contro, vi è comunque da segnalare, che nelle foreste primarie di Ankasa i valori dei diametri massimi arrivano a raggiungere fino a 150 cm. Pertanto, a fronte di altezze massime sostanzialmente comparabili (ovvero, di poco superiori a 40 m), la biomassa epigea delle foreste primarie si distribuisce su un numero più elevato di alberi di varia dimensione, stratificati lungo il profilo verticale (vd. *Figura 5.5*). Questa struttura, unita all'elevata diversità e ricchezza specifica della foresta primaria, comporta valori mediamente molto elevati dell'indice *Complexity* (77). L'effetto congiunto della complessità strutturale e della varietà di densità basale, generata da un numero elevato di specie, spiega il valore medio dello *stock* di Carbonio 3.5 volte superiore (190 t ha^{-1}) al valore medio delle piantagioni (55 t ha^{-1}). I valori medi di carbon *stock* della foresta primaria di Ankasa sono coerenti, come ordine di grandezza, con i valori stimati di biomassa epigea (335 t ha^{-1}) per la stessa foresta da Vaglio Laurin et al. (2016). Inoltre, il carbon *stock* nelle foreste primarie è caratterizzato da una minor variabilità ($CV=0.3$) rispetto alle piantagioni ($CV\sim 1$).

ii) Confronto Foresta Primaria Bia (FPB) – Foresta Gestita Bia (FG)
Distretto di Bia

Nella trasformazione della foresta primaria in foresta gestita, si osserva una riduzione pari all'80% dei valori medi degli indici di diversità (Shannon 1.80 in FPB vs 1.46 in FG) e ricchezza specifica (Menhinick 2.41 in FPB vs 2.01 in FG) e una riduzione ancor più accentuata, pari al 30% dell'indice di complexity (5.50 in FPB vs 1.72 in FG). A questa riduzione corrisponde una quantità di Carbonio media stoccata nelle foreste naturali gestite pari a poco più della metà (55%) della media delle foreste primarie della stessa area (151 t ha^{-1} vs 84 t ha^{-1}). Stime della biomassa epigea in foreste primarie e foreste naturali gestite nel distretto di Bia pubblicate in Vaglio Laurin et al. 2016, confermano questa drastica riduzione della consistenza della biomassa epigea in foreste gestite con tagli selettivi (303 t ha^{-1} vs. 161 t ha^{-1}). È da notare, tuttavia, che tra i *plot* delle foreste naturali gestite è stata riscontrata una grande

variabilità in termini di *stock* di Carbonio (CV~1), per cui tale rapporto è da considerarsi indicativo.

Trend paragonabili sono stati individuati da Putz & Pinard (1993) in Malesia, attestando una riduzione dello *stock* di Carbonio pari a un terzo causata dai tagli selettivi convenzionali. Anche altri studi hanno confermato che la gestione forestale a tagli selettivi può avere impatti negativi sullo *stock* di Carbonio forestale (ad es. Pinard e Cropper 2000; Asner et al. 2005; Henry 2010).

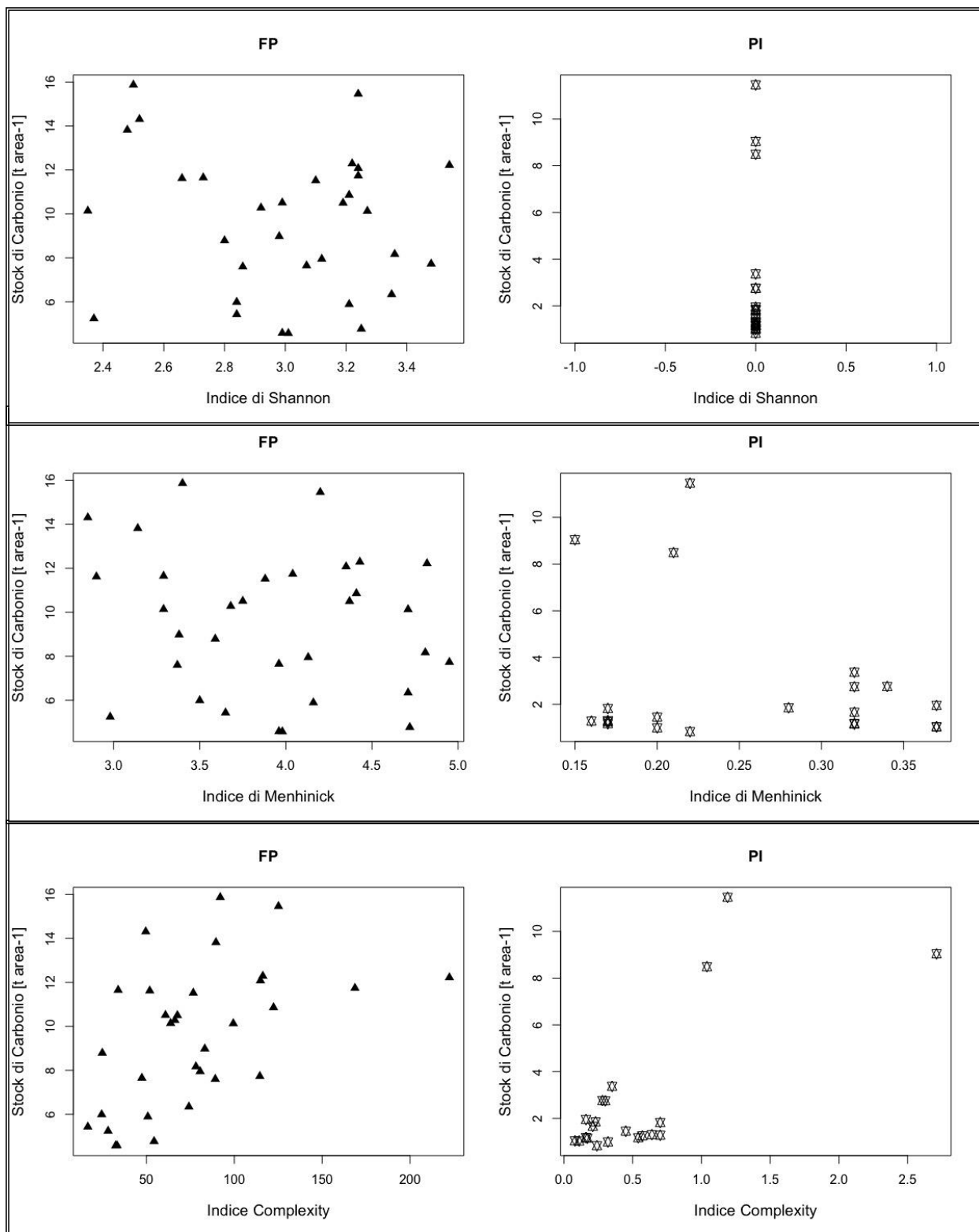
Il *trend* decrescente dei valori di biomassa tra le foreste primarie e le foreste gestite trova conferma anche in quanto riportato da Cazzolla Gatti et al. (2014). in Ghana, Cameroon e Sierra Leone.

6.2. Relazione tra *stock* di Carbonio e indici di biodiversità in foreste primarie, gestite e piantagioni

Seguendo la metodologia illustrata nel *paragrafo* 2.3.6 si è proceduto al confronto dei casi studio per coppie di categorie.

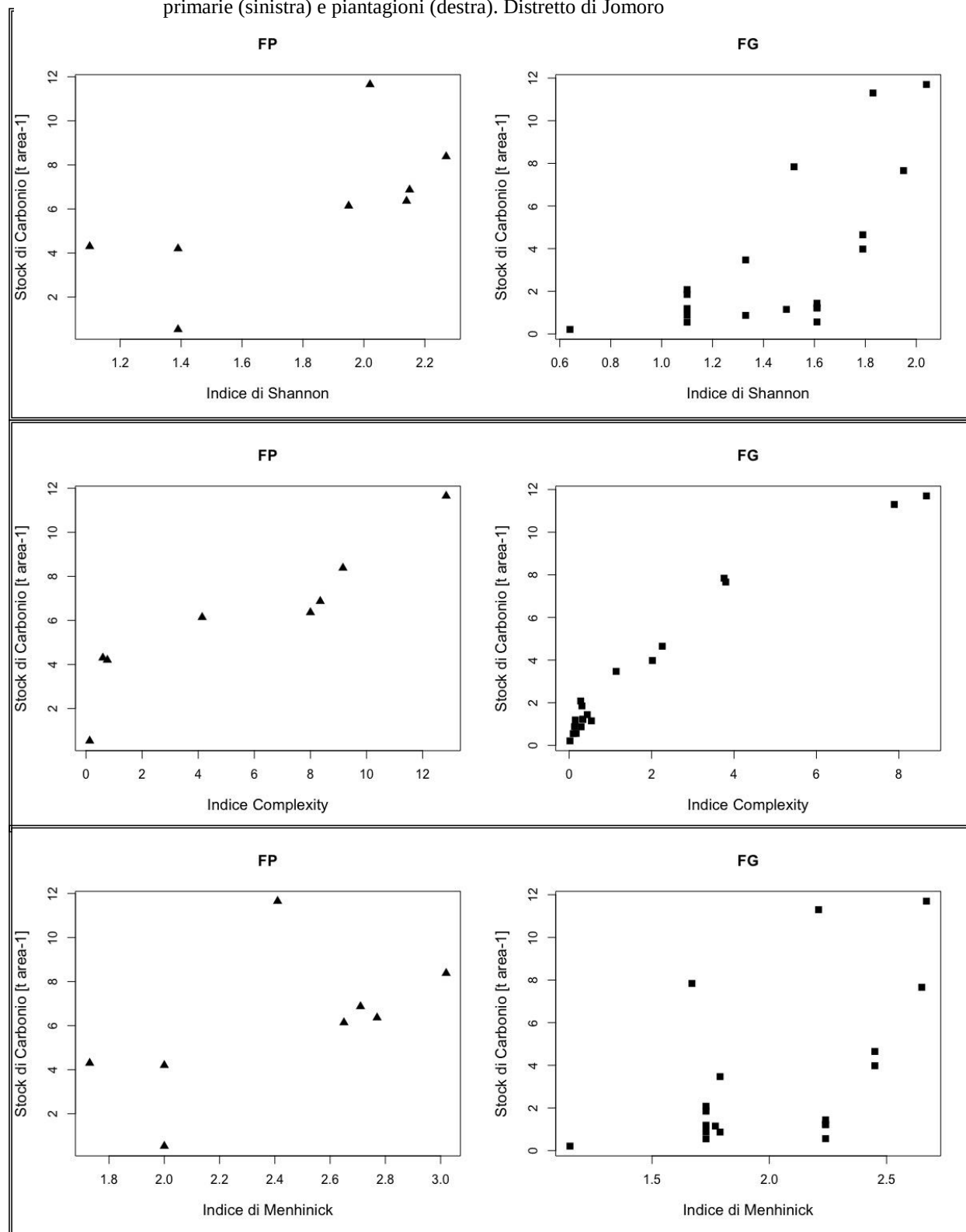
Le rappresentazioni grafiche in *Figura* 6.3 mostrano, per l'area di studio di Ankasa/Jomoro lo *scatter-plot* della distribuzione degli indici di biodiversità e dello *stock* di Carbonio.

Figura 6.3 – Scatter-plot dei valori dell'indice di Shannon e stock di Carbonio per le categorie foreste primarie (sinistra) e piantagioni (destra). Distretto di Jomoro



Le rappresentazioni grafiche nella *Figura 6.4* mostrano, per l'area di studio di Bia lo *scatter-plot* della distribuzione degli indici di biodiversità e dello *stock* di Carbonio.

Figura 6.4 - *Scatter-plot* dei valori dell'indice di Shannon e *stock* di Carbonio per le categorie foreste primarie (sinistra) e piantagioni (destra). Distretto di Jomoro



La dispersione dei punti non consente di individuare in maniera netta dei *trend* nelle distribuzioni, ad eccezione della relazione tra l'indice *Complexity* e gli *stock* di Carbonio. Nelle tre categorie esaminate (foreste primarie, foreste naturali gestite e piantagioni) la distribuzione dei punti mostra una relazione positiva tra gli *stock* di Carbonio e l'indice di *Complexity*.

Nel caso delle piantagioni, formazioni monospecifiche, l'indice di *Shannon* è costante e dunque non correlabili alle variazioni degli *stock* di Carbonio.

Il grado e la significatività delle correlazioni tra *stock* di Carbonio e indici di biodiversità è quantificato nei risultati del test dell'indice di correlazione di *Pearson* presentati nella *Tabella 6.8*.

Tabella 6.8 – Correlazione, espressa dall'indice di *Pearson* e corrispondente (*p-value*) tra lo *stock* di Carbonio ($t \text{ area}^{-1}$) e gli Indici di Biodiversità

Variabile	Foreste Primarie (Ankasa)	Piantagioni (Jomoro)	Foreste Primarie (Bia)	Foreste Naturali Gestite (Bia)
Shannon	-0,14 (0,45)	NA	0,69 (0,06)	0,67 (<0,05)*
Menhinick	-0,18 (0,34)	-0,23 (0,31)	0,58 (0,13)	0,52 (0,02)*
Complexity	0,52 (<0,05)*	0,75 (<0,05)*	0,91 (<0,05)*	0,98 (<0,05)*

* indica correlazioni significative per $p \text{ value} < 0.05$

I valori dell'indice di *Pearson* indicano nel caso delle foreste naturali gestite, una correlazione significativa (moderata e positiva) tra *stock* di Carbonio e gli indici di diversità e ricchezza specifica.

In tutte le categorie l'indice *Complexity* è significativamente e positivamente correlato allo *stock* di Carbonio con coefficienti di correlazione medio-alti (0.52-0.98).

L'ultima analisi condotta, riguarda il confronto tra le categorie FP/PI e FP/FG nelle due aree analizzate. L'analisi della normalità, condotta mediante il test di *Shapiro-Wilk* (*Tabella 6.9*) ha indicato che i dati riferiti al *carbon stock* in entrambe le coppie non hanno una distribuzione normale, pertanto le differenze tra gruppi sono state analizzate mediante il test non parametrico di *Kruskal-Wallis* (*Tabella 6.10*).

Tabella 6.9 – Risultati del test di *Shapiro-Wilk* applicato per la verifica della normalità della distribuzione degli *stock* di Carbonio in ciascuna area di studio

Area di studio	Variabile	Shapiro-Wilk	p-value
Ankasa/Jomoro	Categorie (FP-PI)	0,92	<0,001
Bia	Categorie (FP-FG)	0,87	<0,001

Tabella 6.10 – Test di *Kruskal-Wallis* raggruppando i dati in funzione delle coppie di categoria (FP/PI e FP/FG)

Ankasa/Jomoro (N = 53)			
Variabile 1	Variabile 2	KW χ^2	p-value
Stock di Carbonio	Categorie FP-PI	59,94	2,07e-13*
Indice di Shannon	Categorie FP-PI	39,82	2,79e-10*
Indice di Menhinick	Categorie FP-PI	37,39	9,66e-10*
Indice Complexity	Categorie FP-PI	37,33	9,94e-10*
Bia (N = 27)			
Variabile 1	Variabile 2	KW χ^2	p-value
Stock di Carbonio	Categorie FP-FG	3,07	0,08
Indice di Shannon	Categorie FP-FG	3,71	0,05*
Indice di Menhinick	Categorie FP-FG	4,13	0,04*
Indice Complexity	Categorie FP-FG	4,86	0,03*

* indica significatività

I risultati del test di *Kruskal-Wallis* indicano per tutte le variabili considerate, differenze significative tra FP e PI. La FP di Bia risulta invece significativamente differente dalla FG per gli indici di diversità e complessità strutturale, ma non in termini di *stock* di Carbonio. Tale significatività rispetto agli indici di biodiversità potrebbe attribuirsi all'effetto temporaneo delle utilizzazioni sulla biodiversità. Vari studi che hanno esaminato gli effetti dei tagli sulla biodiversità, evidenziano infatti come trend comune un aumento delle specie pioniere nelle aree disturbate dai tagli (Kuusipalo et al 1996; Arets 2005; Swaine and Agyeman 2008; Asante et al 2012).

I risultati dell'analisi di correlazione tra Indici di Biodiversità e *carbon stock* possono essere così interpretati:

i) Relazioni tra *stock* di Carbonio e indici di biodiversità

L'indice *Complexity*, che integra diversità strutturale e ricchezza specifica, è l'unico significativamente e positivamente correlato con lo *stock* di Carbonio nelle tre categorie forestali esaminate.

Altri studi sulle relazioni tra biodiversità e *stock* di Carbonio hanno mostrato che sia la diversità specifica che la composizione strutturale hanno impatti notevoli sulle dinamiche del Carbonio (Fornara and Tilman 2008; Steinbeiss et al. 2008; Ruiz-Jaen and Potvin 2010). In particolare uno studio sulle relazioni tra *stock* di Carbonio e diversità in foreste tropicali (Poorter et al., 2015) ha dimostrato che la biomassa aumenta esponenzialmente proprio in relazione ai parametri strutturali considerati nell'indice di complexity (area basimetrica, densità, altezza). Studi sugli effetti delle piantagioni su larga scala in paesaggi di foreste primarie precedentemente tagliate, hanno dimostrato un impatto complessivo negativo in termini di biodiversità, soprattutto nel caso in cui per le piantagioni vengano utilizzate specie esotiche (Kanovski et al 2005).

Uno studio recentemente pubblicato da Liang et al (2016), condotto su 777.126 plot di ecosistemi forestali distribuiti in 44 *Paesi* e nella maggior parte dei biomi terrestri ha dimostrato una relazione positiva e tra ricchezza specifica e produttività a livello globale, rivelando che la continua perdita di biodiversità risulterebbe in una diminuzione della produttività forestale a livello globale.

Una relazione significativa tra *stock* di Carbonio e indici di diversità tassonomica è confermata in questo studio solo per la categoria foreste gestite.

ii) Effetto sulla biodiversità e sul *stock* di Carbonio della trasformazione della foresta primaria in foresta gestita o piantagione

La trasformazione della foresta primaria in foresta gestita comporta una significativa riduzione della diversità specifica (indici di *Shannon* e *Menhinick*) e strutturale (indice *Complexity*), ma non sembra produrre differenza significative nei livelli di stoccaggio del Carbonio. Ciò potrebbe indicare che, dopo il *selective logging*, le formazioni naturali – se lasciate evolvere – possano raggiungere livelli di *stock* di Carbonio comparabili alle foreste primarie. I valori di *stock* di C in valore assoluto tendono a diminuire in media del 40%.

La trasformazione della foresta primaria in piantagione forestale monospecifica comporta invece riduzioni significative dello *stock* di Carbonio, come era lecito aspettarsi. La scontata e radicale riduzione dei livelli di biodiversità strutturale e compositiva nella piantagione forestale, può comportare negative ripercussioni anche in termini di resilienza e resistenza ai disturbi (biotici e abiotici) della produttività nel lungo termine e, dunque, anche capacità di stoccaggio del Carbonio delle piantagioni forestali rispetto a foreste gestite o foreste primarie.

I risultati dello studio di Liang et al (2016) sulla relazione positiva tra biodiversità e produttività a livello evidenza, nel caso delle piantagioni, i potenziali benefici della trasformazione delle piantagioni monospecifiche in formazioni forestali più complesse.

7. Conclusioni

Il REDD+ è stato avviato come un programma per la mitigazione delle emissioni di CO₂. Nel tempo l'ambito di intervento REDD+ è divenuto sempre più articolato passando dall'iniziale proposta ("AD", ovvero *Avoided Deforestation*), che aveva come obiettivo la diminuzione e arresto della deforestazione, al degrado forestale, la gestione sostenibile delle foreste e l'aumento degli stock forestali di carbonio.

Visto in superficie, il REDD+ può apparire una opportunità senza precedenti di finanziamenti per la preservazione da deforestazione e degrado delle foreste naturali primarie nei Paesi in via di sviluppo: le più ricche di biodiversità su scala globale. Come dimostrato da ricerche svolte su scala globale e in foreste tropicali, nonché dalle evidenze del caso di studio del Ghana, esiste una stretta interdipendenza tra condizioni di elevata diversità nella composizione e struttura delle foreste a scala di popolamento e la quantità di carbonio stoccato nella biomassa epigea. Aspetto solo marginalmente toccato da questa tesi, ma altrettanto fondamentale è la dimostrata relazione positiva tra biodiversità, produttività e resilienza ai disturbi nelle foreste con maggiori livelli di biodiversità che contribuisce a stabilizzare, nel lungo termine, la capacità di mitigazione delle foreste delle emissioni di CO₂.

Il REDD+ è il risultato di dieci anni di negoziato UNFCCC che hanno definito un programma volto alla mitigazione delle emissioni di CO₂ derivanti dal settore forestale e relativi cambi d'uso del suolo. In questo contesto si è deciso di attribuire un valore agli ecosistemi forestali solo sulla base di uno dei tanti servizi eco-sistemici che forniscono: lo stoccaggio di carbonio e la capacità di sequestrare. Tale approccio ha indubbi punti di forza, principalmente riferibili alla relativa facilità di valutazione dei risultati, misurati sulla base delle emissioni di CO₂ evitate e/o assorbite. Tuttavia, alla luce dei risultati ottenuti in questo studio, tale visione appare rischiosa, anche sotto il profilo dell'obiettivo primario della mitigazione, e riduttiva poiché non riconosce alle foreste il valore legato al fondamentale ruolo di adattamento ai cambiamenti climatici in atto.

Le evidenze raccolte in questa tesi, sotto il profilo dell'evoluzione delle decisioni negoziali e dell'impostazione metodologica degli strumenti di monitoraggio dei progetti pilota REDD+, dimostrano che tra i rischi di un approccio REDD+ focalizzato esclusivamente sul carbonio, che tende a non dare il giusto valore alla maggiore complessità dei sistemi naturali, vi è la possibile conversione delle foreste naturali in sistemi più semplificati e meno efficienti (foreste naturali gestite e piantagioni) sotto il profilo della conservazione nel lungo termine degli stock di carbonio e della biodiversità. Se non scongiurata adesso che si avvia la fase di piena implementazione del REDD+, tali effetti distorsivi ricadranno prepotentemente anche sull'obiettivo principale di mitigazione. In tal senso, le raccomandazioni scaturite da questo lavoro sono rivolte alle istituzioni in prima linea nel finanziamento dei risultati di terza fase del REDD+, quali gli strumenti finanziari dell'UNFCCC (e nello specifico il Fondo Verde per il Clima che nei prossimi mesi accetterà le prime proposte per i pagamenti di terza fase), o la *Partnership* sul Carbonio Forestale della Banca Mondiale (FCPF) il cui Fondo (*Carbon Fund*) dedicato ai pagamenti di terza fase è ormai operativo.

Tali istituzioni dovrebbero sopperire ad esempio alla mancanza di una guida su come mettere in essere le misure di tutela (*safeguard*) relative alla tutela della biodiversità. Come messo in luce dai risultati esposti nel paragrafo 3.1, infatti, le decisioni UNFCCC si limitano a richiedere ai paesi di fornire informazioni sull'attuazione delle *safeguard*, ma senza entrare nel merito della corretta attuazione delle stesse. In altre parole non vi è alcun obbligo di segnalazione del successo, o ancor peggio degli insuccessi, nell'attuazione delle *safeguard*, né sono previste penalizzazioni nel caso che non vengano attuate in modo efficace. Inoltre, i sistemi per fornire informazioni sulle modalità di attuazione delle *safeguard* si Cancùn (vd Box 3.2) saranno messi in piedi dai singoli paesi senza che vi sia un format comune utile alla confronto tra le informazioni fornite e gli sforzi per la loro attuazione. Alla luce dei risultati ottenuti sia dall'analisi del quadro metodologico del REDD+ che dalle evidenze scaturite dal caso di studio, tali guide dovrebbero includere i seguenti elementi prioritari ai fini di una corretta integrazione della biodiversità nei programmi nazionali REDD+:

- ***Pianificazione delle strategie nazionali REDD+***

Un passaggio chiave nella pianificazione e progettazione delle strategie REDD+ è

decidere quali azioni siano prioritarie per gli investimenti in riduzione delle emissioni tra le 5 attività REDD+ ammissibili. In questa fase al fine di evitare i rischi potenziali per la conservazione della biodiversità possono essere suggeriti le seguenti soluzioni:

Rischio di leakage (nazionale e internazionale), degrado forestale o deforestazione dovuto a definizioni di foresta nazionali incongruenti:

Come dimostrato nel caso di studio, una definizione nazionale di foresta troppo generale che includa anche le piantagioni monospesifiche ad uso produttivo non legnoso, rischia di tradurre le attività REDD+ in incentivi perversi che per assurdo potrebbero consentire la trasformazione di foreste primarie in piantagioni. Pertanto si rendono necessarie:

- i. linee guida chiare e non contraddittorie per la definizione di foresta nel FRL; la nuova definizione di foresta sottomessa dal Ghana all'UNFCCC nel gennaio 2017 (Ghana's National Forest Reference Level) incorpora appieno questa considerazione, escludendo esplicitamente le piantagioni forestali a destinazione non formazioni anche nel caso in cui rispettino i parametri della definizione di foresta (*cfr. paragrafo 2.3.1*). Inoltre, il caso del Ghana, che negli ultimi 10 anni ha cambiato tre volte la definizione di foresta, dimostra ampiamente l'importanza di fissare una definizione robusta e univoca che non lasci adito ad interpretazioni.
- ii. il rafforzamento della formulazione delle misure di salvaguardia delle foreste naturali (da *should* a *shall*) per renderne obbligatoria la non trasformabilità in altre categorie di foreste (foreste naturali gestite o piantagioni forestali).

In questa fase, anche la raccolta di evidenze sperimentali a livello nazionale circa interdipendenze *win-win* tra biodiversità forestale e stoccaggio di carbonio, come è emerso nel caso di studio del Ghana, aiuterebbero a evidenziare aree prioritarie in foreste primarie o foreste naturali, correttamente gestite, da preservare da processi di degrado.

Attività di gestione forestale che producono perdita di biodiversità e stock di carbonio

Al fine di garantire la permanenza degli stock di carbonio forestale in foreste naturali gestite è necessario stabilire definizioni chiare e univoche di Sustainable Management of Forest (SFM) nel contesto REDD+ e considerare il significato funzionale della biodiversità per il

mantenimento dello stock di carbonio e della resilienza negli ecosistemi forestali umani modificati. Come dimostrato dal caso di studio in Ghana e da altri studi, tagli selettivi convenzionali, possono portare a una semplificazione nella struttura e nella composizione dei popolamenti forestali che si accompagna a una riduzione rilevante degli stock di carbonio, rispetto ai valori delle foreste primarie.

- ***Monitoraggio delle attività REDD+***

Il monitoraggio dell'efficacia delle azioni REDD+ deve superare l'attuale impostazione basata sul disaccoppiamento dell'analisi degli effetti dei progetti sull'incremento degli stock di carbonio ove siano realizzati rimboschimenti (A/R) o sulla riduzione delle emissioni da deforestazione o degrado forestale (ove siano messe in atto misure RED), con il monitoraggio di attributi forestali connessi alla biodiversità forestale che possono aver generato questi effetti. In altre parole, la questione se (il mantenimento o la creazione) superfici forestali con maggiori livelli di biodiversità (compositiva, strutturale, funzionale) generino maggior benefici anche in termini di obiettivi REDD+ (conservazione e incremento degli stock di carbonio) o maggior resilienza degli stock di carbonio nel tempo, dovrebbe divenire parte integrante degli obiettivi del monitoraggio.

Per prendere atto degli impatti sulla biodiversità dei progetti REDD +, è necessario un monitoraggio più dettagliato, rigoroso e di lungo periodo.

Includere il monitoraggio della biodiversità nei progetti REDD+, tuttavia, non è sufficiente. Sulla base dei risultati di questo studio, appare evidente l'importanza di distinguere tra diversità specifica e diversità strutturale. In particolare è stato dimostrato che non è la mera ricchezza di specie ad influire positivamente sullo stoccaggio del carbonio, ma piuttosto la complessità strutturale, inoltre, l'indice *Complexity* sembra spiegare meglio di altri, la correlazione positiva tra *stock* di carbonio e biodiversità. Pertanto, si raccomanda l'inclusione di tale indice che, essendo legato a parametri biometrici facilmente misurabili attraverso rilievi campionari tradizionali può essere facilmente implementato nella raccolta dati della progettazione REDD+ e nelle attività di Monitoraggio e Verifica delle iniziative.

Lista delle Abbreviazioni

AAU	<i>Assigned Amount Unit</i> – Unità di importi assegnati
AD	<i>Avoided Deforestation</i> – Deforestazione evitata
AFOLU	<i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i> – Agricoltura, Foreste e altri usi del suolo
AR	<i>Assessment Report</i> – Rapporto di valutazione
A/R	Afforestazione/Riforestazione
ARD	Afforestazione, Riforestazione e Deforestazione
BUR	<i>Biennial Update Report</i> – Report di aggiornamento biennale
CBD	<i>Convention on Biodiversity</i> – Convenzione sulla Biodiversità
CCBA	<i>Climate Community Biodiversity Alliance</i>
CCBS	<i>Climate Community Biodiversity Standard</i>
CCS	<i>Carbon Capture and Storage</i> – Sequestro e stoccaggio di Carbonio
CDM	<i>Clean Development Mechanism</i>
CER	<i>Certified Emission Reduction</i>
CFC	Clorofluorocarburi
COP	<i>Conference of Parties</i> – Conferenza delle Parti
COP/MOP	<i>Conference of Parties /Meeting of Parties</i> – Conferenza delle Parti /Incontro delle Parti
EIT	<i>Economy in Transition</i> – Economie in Transizione
ERU	<i>Emission Reduction Unit</i> – Unità di riduzione di emissioni
ET	<i>Emission Trading</i>
EU-ETS	<i>European Union Emissions Trading System</i> – Sistema europeo di scambio delle quote di emissione
FAO	<i>Food and Agriculture Organisation</i>
FCPF	<i>Forest Carbon Partnership Facility</i> (Banca Mondiale)
FRA	<i>Forest Resource Assessment</i> – Rapporto di Valutazione Forestale
FREL	<i>Forest Reference Emission Level</i>
FRL	<i>Forest Reference Level</i>
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i>
FOLU	<i>Forestry and other Land Use</i> – Foreste e altri usi del suolo
GCF	<i>Green Climate Fund</i> – Fondo verde clima

GHG	<i>Green House Gas</i> – Gas serra
HCV	<i>High Conservation Value</i> – Alto valore di conservazione
IES	<i>Institute of European Studies</i> – Istituto di Studi Europei
INC	<i>Intergovernmental Negotiating Committee</i> – Comitato Intergovernativo di Negoziazione
INDC	<i>Intended Nationally Determined Contributions</i> – Contributi volontari nazionali di mitigazione previsti
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> – Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici
ITTO	<i>International Timber Trade Organization</i>
IUCN	
IUFRO	<i>International Union of Forest Research Organisations</i>
ICER/ tCER	<i>Long-term /temporary-term Certified Emission Reduction</i>
MRV	Measured, Reported and Verified – misurate, rapportate e verificate
JI	<i>Joint Implementation</i> – Implementazione Congiunta
LCA	<i>Long-term Cooperative Action</i>
LUC	<i>Land Use Change</i> – Cambio di uso del suolo
LULUCF	<i>Land Use, Land Use Change and Forests</i> – Uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e settore forestale
NAMA	<i>Nationally Appropriate Mitigation Actions</i> – Azioni di mitigazione nazionali appropriate
NDC	<i>Nationally Determined Contributions</i> – Contributi volontari nazionali di mitigazione
NGO	<i>Non governmental organisation</i>
OECD	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i> – Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico
ONG	Organizzazioni non governative
PDD	<i>Project Development Document</i> – Documento di sviluppo di progetto
PIR	<i>Project Implementation Report</i> – Report di implementazione progetto

REDD+	Riduzione delle Emissioni dovute ad attività di Deforestazione e Degrado delle foreste, e ruolo della conservazione, della gestione sostenibile delle foreste e dell'aumento degli stock forestali di carbonio
RMU	<i>ReMoval Unit</i>
SBSTTA	<i>Subsidiary Body for Scientific Technical and Technological Advice</i>
SBSTA	<i>Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice</i>
SESA	
SFM	Sustainable Forest Management
SIS	<i>Safeguards Information Systems</i> – Sistemi Informativi sull'attuazione delle <i>safeguard</i>
SMF	Sustainable Management of Forests
UNEP	Programma per l'Ambiente delle Nazioni Unite
UNCCD	United Nations Conention to Combat Desertification
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i> – Programma Ambientale delle Nazioni Unite
UNFF	United Nations Forum on Forest
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> – Convenzione Quadro delle Nazioni Unite
UN-REDD	Programma REDD+ di UNEP-UNDP-FAO
VCS	<i>Verified Carbon Standards</i>
WG	<i>Working Group</i> – Gruppo di lavoro
WMO	<i>Worlod Meteorological Orgnization</i> – Organizzazione Meteorologica Mondiale

Lista delle Figure

Figura 1.1	Curva a dente di sega. Fonte AR5 (IPCC, 2014)
Figura 1.2	Ciclo del Carbonio. Fonte AR4 (IPCC 2007)
Figura 1.3	Modello idealizzato dell'effetto serra naturale. Fonte 4 (IPCC 2007)
Figura 1.4	Gas serra (%) maggiormente responsabili del fenomeno naturale e antropogenico (dati IPCC)
Figura 1.5	Emissioni di gas serra antropogenici dal 1970 al 2010. Fonte AR5 (IPCC, 2014) modificata.
Figura 1.6	Emissioni di CO ₂ di origine antropica proveniente dall'uso dei combustibili fossili, dal <i>flaring</i> , dalla produzione del cemento, dalla silvicoltura e da altro uso della terra (FOLU), dal 1750 al 2010. Fonte AR5 (IPCC, 2014).
Figura 1.7	Contributo dei diversi settori all'aumento di CO ₂ dal 2000 al 2010. Fonte AR5 (IPCC, 2014)
Figura 1.8	Scenari futuri delineati dall'IPCC. Fonte AR5 (IPCC 2014)
Figura 5.1	Inquadramento geografico del Ghana
Figura 5.2	Regioni amministrative del Ghana e distretti della <i>Western Region</i>
Figura 5.3	Zone ecologiche dell'Africa e del Ghana (FRA, 2015b)
Figura 5.4	Aree forestali del Ghana (fonte FAO) e aree di studio
Figura 5.5	Struttura delle foreste pluviali sempreverdi – diagramma del profilo della Wet Evergreen forest. Fonte Hall & Swaine, 1981.
Figura 5.6	Mappa dell'area di studio di Bia (Bia National Park e Bia Resource Reserve). Fonte Asante, 2012
Figura 5.7	Piattaforma GlobAllometree
Figura 5.8	Differenti componenti dell'albero (Fonte Henry et al 2011)
Figura 5.9	Distribuzione geografica delle equazioni allometriche georeferenziate in Africa, America del Nord e Europa (Fonte Henry et al, 2013).
Figura 6.1	<i>Box-plot</i> della distribuzione degli <i>stock di Carbonio</i> per ciascuna categoria
Figura 6.2	<i>Box-plot</i> della distribuzione degli indici di biodiversità per ciascuna categoria
Figura 6.3	<i>Scatter-plot</i> dei valori dell'indice di Shannon e <i>stock di Carbonio</i> per le categorie foreste primarie (sinistra) e piantagioni (destra). Distretto di Jomoro
Figura 6.4	<i>Scatter-plot</i> dei valori dell'indice di Shannon e <i>stock di Carbonio</i> per le categorie foreste primarie (sinistra) e piantagioni (destra). Distretto di Jomoro

Lista delle Tabelle

Tabella 1.1	Quadro sinottico delle politiche internazionali attuate per il contenimento dell'effetto serra
Tabella 1.2	Definizione dei crediti di Carbonio
Tabella 2.1	Decisioni UNFCCC sul REDD+
Tabella 3.1	Attività REDD+ e rischi potenziali per la biodiversità
Tabella 3.2	Progetti REDD+ svolti in Africa (Fonte REDD+)
Tabella 5.1	Zone Ecologiche Globali (Fonte FAO 2012 e IPCC 2006, modificata).
Tabella 5.2	Superfici (ha) per categorie di uso del suolo in Ghana dal 1990 al 2015 (Fonte: FRA, 2015b)
Tabella 5.3	Degrado delle foreste del Ghana dal 1990 al 2010 (FRA, 2015b)
Tabella 5.4	Variazione dal 1990 al 2015 delle superfici (ha) delle categorie Foreste primarie, Foreste naturali gestite e Piantagioni (Fonte: FRA, 2015b)
Tabella 5.5	Confronto della superficie forestale Ghana (1000 ha) e del tasso di deforestazione secondo il FRA ed il Forest Reference Level.
Tabella 5.6	Confronto delle definizioni di foresta applicate per la stima delle superfici forestali in Ghana in ambito UNFCCC-REDD+ e Forest Resources Assessment (FRA)
Tabella 5.7	Definizione di foresta in diversi documenti
Tabella 5.8	Descrizione e categorizzazione dei plot
Tabella 5.9	Metodi utilizzati per la stima della biomassa forestale epigea (AGB)
Tabella 5.10	Valori di densità del legno (ρ) utilizzati per ciascuna specie censita
Tabella 6.1	Caratteri identificativi e dendrometrici dei <i>plot</i> nelle aree di studio di Ankasa e Jomoro
Tabella 6.2	Caratteri identificativi e dendrometrici dei <i>plot</i> nelle aree di studio di Bia
Tabella 6.3	Valori di area basimetrica e <i>stock</i> di Carbonio riferiti al singolo <i>plot</i> e <i>stock</i> di Carbonio riferito alla categoria
Tabella 6.4	Valori di area basimetrica e <i>stock</i> di Carbonio riferiti al singolo <i>plot</i> e <i>stock</i> di Carbonio riferito alla categoria, e relativa variabilità
Tabella 6.5	Valori degli indici di biodiversità tra i <i>plot</i> per ciascuna categoria nelle aree di Ankasa e Jomoro

Lista dei Box informativi

Box 1.1	Cos'è l'IPCC
Box 1.2	I Paesi dell'Annex I, II, III del Protocollo di Kyoto (Fonte UNFCCC)
Box 1.3	Meccanismi Flessibili (Fonte UNFCCC)
Box 1.4	I quattro elementi fondamentali che regolano il settore forestale (Fonte UNFCCC)
Box 2.1	Esempi di Standard per la Valutazione dei Progetti
Box 3.1	Misure di tutela socio-ambientali (<i>safeguard</i>) contenute nell'appendice 1 alla decisione 1/CP.16 (Decisione 1/CP.16 <i>Cancun</i> , 2010)
Box 3.2	Sistemi per fornire informazioni sulle modalità di attuazione delle <i>safeguard</i> di Cancùn (Decisione 12/CP.17, <i>Durban</i> 2011)
Box 3.3	<i>Framework</i> REDD+ di Varsavia (Decisioni 9-15/CP.19, Varsavia 2013)
Box 3.4	Elementi da includere nei sistemi per fornire informazioni sulle modalità di attuazione delle <i>safeguard</i> (Decisione 17/CP.21, Parigi, 2015)

Ringraziamenti

Bibliografia

- Abenyega O., Gockowski J. (2002). Labor practices in the cocoa sector of Ghana with a special focus on the role of children – Findings from a 2001 survey of cocoa producing households. Institute of Renewable Natural resources of Kumasi (KNUST), International Institute of Tropical Agriculture (ITTA), International Labor Organization (ILO).
- Acot P. (2011). La storia del clima, il freddo e la storia passata, il caldo e la storia futura. Dal Big Bang alle catastrofi climatiche. Traduzione di Monica Guerra Editore Donizzetti Virgola.
- Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT) (2002). Assorbimento e fissazione di Carbonio nelle foreste e nei prodotti legnosi. Rapporti 21/2002. [pp.1-55].
- Ahn, P. (1961). Soil of the Lower Tano Basin, South-Western Ghana. Kumasi: Ministry of Food and Agriculture, Scientific Division, Soil and Land Use Survey Branch.
- IAIA - International Association for Impact Assessment (2005). Biodiversity in Impact Assessment. Special Publication Series No. 3. Online: <https://www.iaia.org/uploads/pdf/SP3.pdf>
- Amanor K. (1996). Managing trees in the farming system: perspective of farmers. Forestfarming series N°1. Forest Department of Ghana.
- Angelsen, A. with Brockhaus, M., Kanninen, M., Sills, E., Sunderlin, W. D. and Wertz-Kanounniko, S. (eds) 2009 Realising REDD+: National strategy and policy options. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Anim-Kwapong G J, Frimpong E.B. (2005). Vulnerability and adaptation assessment under the Netherlands climate change studies assistance programme phase 2 (NCCSAP2). Cocoa Research Institute of Ghana. [pp. 44.]

- Antonio D.C. & Aikins E.D. (2009). Reforming Ghana's cacao sector – an evaluation of private participation in marketing. Lulea University of ecology, Master Thesis, continuation courses marketing and e-commerce. Department of Business Administration and Social Sciences Division of Industrial marketing and E-Commerce. [pp. 114].
- Arets EMJ EJM. (2005). Longterm responses of populations and communities of trees to selective logging in tropical rain forests in Guyana. Tropenbos-Guyana Series 13. Georgetown (Guyana): Tropenbos-Guyana Programme.
- Arkhus E. (1991). Ghana Country Statement. Proceedings of the First African Coconut Seminar, Arusha, Tanzania, 4-8 Feb 1991. BUROTROP [pp. 27 ff.].
- Asante, P., Armstrong, G.W., Adamowicz, W.L., 2011. Carbon sequestration and the optimal harvest decision: A dynamic programming approach considering bio- mass and dead organic matter. J. Forest Econ. 17, 3ñ17.
- Asante-Poku A., Angelucci F. (2013). Analysis of incentives and disincentives for cocoa in Ghana. Technical notes series: Monitoring African Food and Agricultural Policies (MAFAP), FAO, Rome. [pp.38 ff.]
- Asare R. (2005). Cocoa Agroforests in West Africa. A look at activities on preferred trees in the farming systems - Forest and Landscape Working papers n° 6. Forest and Landscapes Denmark (FLD).
- Asase A., Asitoakor B., Ekpe P. (2012). Linkages between tree diversity and carbon *stocks* in unlogged and logged West African tropical forests. International Journal of Biodiversity Science Ecosystem Services Management. [Volume 8, pp. 37-41].
- Asase A. , Bismark K. Asitoakor & Patrick K. Ekpe (2012). Linkages between tree diversity and carbon *stocks* in unlogged and logged West African tropical forests, International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management [8:3, pp. 217-230].
- Asner GP, Knapp DE, Broadbent EN, Oliveira PJC, Keller M, Silva JN. (2005). Selective logging in Brazilian Amazon. Science. 310 (5747): [pp. 480–482].

- Attua, E.M. & Laing, E. (2005). Ecological assessment of carbon sequestration and partitioning in regenerating fallow system. *West African Journal of Applied Ecology*. [Volume 7, pp. 123–133].
- Aye, Y., Pampasit, S., Umponstira, C., Thanacharoenchanaphas, K., & Sasaki, N. (2014). Floristic composition, diversity and stand structure of tropical forests in Popa Mountain Park. *Journal of Environmental Protection*, 5(17), 1588–1602. doi:10.4236/jep.2014.517150
- Baccini A., Goetz S. J., Walker W. S., Laporte N. T., Sun M., Sulla-Menashe D., Hackler J. Beck P. S. A, Dubayah R., Friedl M. A., Samanta S., Houghton R. A., (2012). Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps *Nature Climate Change* 2, [pp. 182–185]
- Barbera G., La Mantia T. & Picciotto F. (1991) a. Le foreste e l'agricoltura contro l'effetto serra. Futuro sostenibile, dall'Italia una strategia contro l'effetto serra [n. 2, pp. 120–128].
- Barbera G., La Mantia T. & Picciotto F. (1991) b. Il ruolo dell'agricoltura e delle foreste. *Ambiente Italia* 1991. Arnoldo Mondadori Editore.
- Barlow, J., Gardner, T.A., Araujo, I.S. et al. (2007). Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 104 (47): 18555-18560. Doi: 10.1073/pnas.0703333104
- Beer, C., Reichstein, M., Tomelleri, E. et al. (2010) Terrestrial gross carbon dioxide uptake: global distribution and covariation with climate. *Science*, 329, 834–838.
- Bodin, P. and B.L.B. Wimen. 2007. The usefulness of stability concepts in forest management when coping with increasing climate uncertainties. *For. Ecol. Manage.* 242: 541-552.
- Bombelli, A., Avitabile, V., Beileli Marchesini, L., Balzter, H., Bernoux, M., Hall, R., Henry, M., Law, B.E., Manlay, R., Marklund, L.G. & Shimabukuro, Y.E. (2009). Assessment of the status of the development of the standards for the Terrestrial Essential Climate Variables: Biomass. Food and Agriculture Organization – Global Terrestrial Observation System. [pp. 18].

- Bongers F., Lourens P., Hawthorne W. D., Sheil D. (2009). The intermediate disturbance hypothesis applies to tropical forests, but disturbance contributes little to tree diversity. *Journal of Ecology Letters*. [Volume 12, Issue 8, pp. 795-805].
- Bonan, G.B. (2008) Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320, 1444– 1449.
- Bouvarel P. (1990). Effetto serra e le foreste: cause e conseguenze. *L'Italia forestale e montana*. [n. 3, pp. 173–181].
- Brown S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. *FAO Forestry Paper*. FAO Rome.
- Brown S. & Lugo, E.Q. (1992). Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia*. [Volume 17, pp. 8–18].
- Burger K. & Smith H. (1997). The natural rubber market: review, analysis, policies and outlook. *Woodhead Publishing* .
- Camuffo D., (1990). *Clima e Uomo. Meteorologia e cultura: dai “fulmini” di Giove alle previsioni via satellite*. Garzanti. [pp. 1–201].
- Cazzolla Gatti (2013). The anthropogenic impacts on tropical forest ecology and dynamics PhD Thesis. Università degli Studi della Tuscia di Viterbo Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali (DIBAF).
- Cazzolla Gatti R., Castaldi S., Lindsell J.A., Coomes D.A., Marchetti M., Maesano M., Di Paola A., Paparella F., Valentini R. (2015). The impact of selective logging and clearcutting on forest structure, tree diversity and above-ground biomass of African tropical forests. *Journal of Ecological Research*. [Volume 30; pp. 119-132].
- CCB. Sito web del “The Climate, Community and Biodiversity Alliance). <http://www.climate-standards.org>
- Chave J., Andalo C., Brown S., Cairns M.A., Chambers J.Q., Eamus D., Folster H., Yamakura T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon *stocks* and balance in tropical forests. *Oecologia*. [n° 145, pp. 87 – 99].

- Chave J., Coomes D., Jansen S., Lewis S.L., Swenson N.G., Zanne A.E. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Journal of Ecology Letters*. [Volume 12, pp. 351-366].
- Chave J., Rejou-Mechain M., Burquez A., Chidumayo E., Colgan M.S., Delitti W.B.C., Duque A., Eid T., Fearnside P.M., Goodman R.C., Henry M., Martinez-Yrizar A., Mugasha W.A., Muller-Landau H.C., Mencuccini M. et al. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*.
- Chisholm, R.A., Muller-Landau, H.C., Abdul Rahman, K. et al. (2013) Scale-dependent relationships between tree species richness and ecosystem function in forests. *Journal of Ecology*, 101, 1214–1224.
- Chiti T., Grieco E., Perugini L., Rey A., Valentini R. (2013). Effect of the replacement of tropical forests with tree plantations on soil organic carbon levels in the Jomoro District, Ghana. *Journal Plant and Soil*. [Volume 375: pp.47 – 59].
- Chiti T., Perugini L., Vespertino D., Valentini R., (2015). Effect of selective logging on soil organic carbon dynamics in tropical forests in central and western Africa. *Plant and Soil An international Journal on Plant-Soil Relationship*. Volume 395 no 1-2 October 2015. ISSN 0032-079X.
- Denman K. L., Brasseur, A. Chidthaisong, P. Ciais, P.M. Cox, R.E. Dickinson, D. Hauglustaine, C. Heinze, E. Holland, D. Jacob, U. Lohmann, S. Ramachandran, P.L. da Silva Dias, S.C. Wofsy, X. Zhang (2007). Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry.. In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Diaz, S., Hector, A. & Wardle, D.A. (2009). Biodiversity in forest carbon sequestration initiatives: not just a side benefit. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 55–60

- Dickson, B. & Kapos, V. (2012). Biodiversity monitoring for REDD+. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 4, [pp. 717-725.]
- Dixon R.K., Brown S., Houghton R.A, A.M. Solomon, M.C. Trexler, J. Wisniewski (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems *Science*, 263 (1994), [pp. 185–190].
- FAO (2016). *State of the World's Forest 2016. Forests and agriculture: land use challenges and opportunities.*
- FC (2015). The Forestry Commission, Republic of Ghana. *Development of Reference Emission Levels and Measurement, Reporting and Verification System in Ghana.* Indufor Oy, Helsinki, Finland, 2015.
- Fine, P.V.A., Ree, R.H. & Burnham, R.J. (2008) The disparity in tree species richness among tropical, temperate, and boreal biomes: the geographical area and age hypothesis. *Tropical forest community ecology* (ed. by R.P. Carson and S.A. Schnitzer), pp. 31–45. Blackwell, Oxford.
- Fischer, J., D.B. Lindenmeyer and A.D. Manning. 2006. Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Frontiers Ecol. Envir.* 4: 80-86.
- Forest Resource Assessment (2015). *Country Report Ghana 2015.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). [<http://www.fao.org/3/a-az221e.pdf>]
- Fornara, D. A., and D. Tilman. 2008. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology* 96:314–322.
- Forest Resource Assessment (2015). *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).* [FRA 2015; Working Paper 179].
- Forest Resource Assessment (2015). *Country Report Ghana 2015.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
- Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R., Jonsson, M., Gustafsson, L., Kjellander, P., Ruiz-Jaen, M.C., Fröberg, M., Stendahl, J., Philipson, C.D., Mikusiński, G., Andersson, E., Westerlund, B., Andrén, H., Moberg,

- F., Moen, J. & Bengtsson, J. (2013) Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications*, 4, art. no. 1340.
- Gardner T.A. (2010). The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecological Letters*. No. 11 [pp. 139-150]
- Gardner, T.A. (2011). Monitoring forest biodiversity: improving conservation through ecologically responsible management. Earthscan, London.
- Ghana Rubber Estates Limited (GREL) (2010). Africa Outlook. [http://www.grelgh.com/index.php?option=com_content&view=article&id=56:profile&catid=25:history&Itemid=34.]
- Ghana's Third National Communication Report to the UNFCCC (2015). Republic of Ghana, Accra, 2015. [<http://unfccc.int/resource/docs/natc/ghanc3.pdf>]
- Ghana Wildlife Division (2001). Ankasa Conservation Management Plan – Integrated Wildlife and Land Use Management – Annex 20. ULG Northumbrian Ltd.
- Grace JB., Anderson MT., Seabloom EW., Borer ET., Adler PB., Stanley Harpole W., Hautier A, Hillebrand H., Eric M.L, Pärtel M., Bakker JD, Buckley YM, Crawley MJ, Damschen EJ, Davies KZ, Fay PA, Firn J, Gruner JD, Hector A, Knops JMH., MacDougall AS., Melbourne BA., Morgan JW., Orrock JL., Prober JL., & Smith MD (2016). Integrative modelling reveals mechanisms linking productivity and plant species richness. 390 *NATURE* vol. 529, 21 January 2016 doi:10.1038/nature16524
- Greiser Johns A. (1997). Timber production and biodiversity conservation in tropical forests. Cambridge University Press.
- Grieco E. (2012). Land use change and carbon *stock* dynamics in Sub-Saharan Africa. Case study of Western Africa – Ghana. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Viterbo, XXIII Ciclo.
- Harvey, C.A., Zerbock, O., Papageorgiou, S., Parra, A. (2010b): What is needed to make REDD+ work on the ground? Lessons learned from pilot forest carbon initiatives. Conservation International, Arlington, VA (USA) 132 p.

- Hawthorne W. & Abu-Juam M. (1998). Forest production and biodiversity conservation in Ghana and proposed international support of biodiversity conservation. CSERGE working paper GEC98-18 – Centre for Social and Economic Research on the Global Environment. UEA, Norwich.
- Hawthorne W.D (1993). Forest regeneration after logging: findings of a study in the Bia South Game Production Reserve in Ghana. ODA Forestry Series [Volume 3; pp. 52 – 65; <http://www.cabdirect.org/abstracts/19950613097.html>]
- Henry M, Besnard A, Asante WA, Eshun J, Adu-Bredu S, Valentini R, Bernoux M, Saint-Andre L. (2010). Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecol Manag.* 260(8):1375–1388.
- Höhne N, Vieweg M, Hare B, Schaeffer M, Rogelj J, Rocha M, Gütschow J, Schleussner VD, Fallasch F, Larkin J, Fekete H (2012), Warnings of climate science - again - written in Doha sand. Climate Action Tracker Update, 8 December 2012
- Houghton R. A., Baccini A., Goetz S. J., Walker W. S., Laporte N. T, Sun M., Sulla-Menashe D., Hackler J., Beck P. S. A, Dubayah R., Friedl M. A., Samanta S. (2012). Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps *Nature Climate Change* 2, [pp. 182–185]
- IBP – Biodiversity Indicators Partnership (2011). Guidance for national biodiversity indicator development and use. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK. 40pp.
- IPCC – Watson, Noble, Bolin, Ravindranath, Verardo, Andrasko, Apps, Brown, Farquhar, Goldberg, Hamburg, Houghton, Jarvis, Karjalainen, Kheshgi, Krug, Kurz, Lashof, Lim, Makundi, Manning, Marland, Masera, Murdiyarso, Murray, Persson, Sampson, Sathaye, Scholes, Schlamadinger, Sombroek, Pringle, Stone, Sukumar, Valentini (2000) Land Use, Land Use-Change, and Forestry A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC – Covey C. Joussaume S., Kattsov V., Kitoh A., Ogana W., Pitman A.J., Weaver A.J., Wood R.A., Zhao Z. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis.*

Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2002). Dati e prospettive dei mutamenti climatici, Terzo rapporto di valutazione del primo gruppo di lavoro del Panel Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPCC) – Sintesi per operatori e decisori. Ambiente Risorse Salute. [n. 83; 25 – 34].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. IGES Hayama, Japan. [Volume 2; capitolo 4].

IPCC – Solomon, S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L. (eds.) (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC – Pachauri R.K. & Meyer L.A (eds.) (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, Geneva, Switzerland.

IRSG – International Rubber Study Group (1999). Rubber Stat. Bull. [53; 9]. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, Geneva, Switzerland.

Isbell, F., Calcagno, V., Hector, A., Connolly, J., Harpole, W.S., Reich, P.B., Scherer-Lorenzen, M., Schmid, B., Tilman, D., van Ruijven, J., Weigelt, A., Wilsey, B.J., Zavaleta, E.S. & Loreau, M. (2011) High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. Nature, 477, 199–202.

Issaka RN, Senayah JK, Andoh-Mensah E, Ennin SA (2012). Assessment of fertility status of soils supporting coconut (*Cocos nucifera*) cultivation in western and central regions of Ghana. West-African Journal of Applied Ecology. [Volume 20; pp. 47–56].

- ITTO – International Timber Trade Organisation (2005). Annual Review and Assessment of the World Timber Situation 2004. ITTO, Yokohama, Japan.
- ITTO (2005): Revised ITTO criteria and indicators for the sustainable management of tropical forests including reporting format, ITTO Policy Development Series No 15.
- IUCN – International Union for Conservation of Nature (2003). United Nations List of Protected Areas (2003) Gland, Switzerland and Cambridge, UK and UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK.
- JDA – Jomoro District Assembly (2009). Medium term development plan 2006-2009 – Jomoro District Assembly.
- Johnson C.G. & Harries H.C. (1976). A survey of Cape St. Paul Wilt of coconut in West Africa. *Ghana J. Agric Sci.* 9.
- Jomoro District Assembly (2010). District Medium Term Development Plan, under the Ghana Shared and Development Growth Agenda n° 1.
- Kangas, A. & Maltamo, M. (2006). Forest inventory. Methodology and Applications. *Managing Forest Ecosystems* 10. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Kanowski, J., Catterall, C.P., Wardell-Johnson, G.W. (2005): consequences of broadscale timber plantations for biodiversity in cleared rainforest landscapes of tropical and subtropical Australia, *Forest Ecology and Management* 208, 359-372
- Karousakis, K. (2009): Promoting Biodiversity Co-Benefits in REDD. OECD Environment Working Papers No. 11, Paris (France), 26 p.
- Kuusipalo, J., Jafafarsidik, Y., Adjers, G., Tuomela, K. (1996). Population dynamics of tree seedlings in a mixed dipterocarp rain-forest before and after logging and crown liberation. *Forest Ecology and Management*, 81, 85-94.
- Lehman, C.L. and D. Tilman. (2000). Biodiversity, stability, and productivity in competitive communities. *Amer. Natur.* 156: 534-552.

- Le Quéré, C., Peters, G. P., Andres, R. J., Andrew, R. M., Boden, T. A., Ciais, P., Friedlingstein, P., Houghton, R. A., Marland, G., Moriarty, R., Sitch, S., Tans, P., Arneeth, A., Arvanitis, A., Bakker, D. C. E., Bopp, L., Canadell, J. G., Chini, L. P., Doney, S. C., Harper, A., Harris, I., House, J. I., Jain, A. K., Jones, S. D., Kato, E., Keeling, R. F., Klein Goldewijk, K., Körtzinger, A., Koven, C., Lefèvre, N., Maignan, F., Omar, A., Ono, T., Park, G.-H., Pfeil, B., Poulter, B., Raupach, M. R., Regnier, P., Rödenbeck, C., Saito, S., Schwinger, J., Segschneider, J., Stocker, B. D., Takahashi, T., Tilbrook, B., van Heuven, S., Viovy, N., Wanninkhof, R., Wiltshire, A., and Zaehle, S.: Global carbon budget 2013, *Earth Syst. Sci. Data*, 6, 235-263, doi:10.5194/essd-6-235-2014, 2014.
- Lewis, S.L. (2006). Tropical forests and the changing earth system. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 36: 195–210.
- Lewis, O.T. (2008). Biodiversity Change and Ecosystem Function in Tropical Forests. Invited views in basic and applied ecology Elsevier, 10, [pp. 97-102]
- Liang et al. (<http://science.sciencemag.org/content/354/6309/aaf8957>)
- Lloyd, M., Ghelardi, R.J. (1964). A table for calculating the “equitability” component of species diversity. *Journal of Animal Ecology*. [Volume 33; pp. 217–225].
- Loreau, M. & Hector, A. (2001) Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. *Nature*, 412, 72–76.
- Loumann, B., Fischlin, F., Glück, P., Innes, J., Lucier, A., Parotta, J., Santoso, H., Thompson, I., Wreford, A. (2009): Forest Ecosystem Services: A Cornerstone for Human Well-Being, in: Seppälä R, Buck A, Katila P (eds.): *Adaptation of Forests and People to Climate Change. A Global Assessment Report. IUFRO World Series Volume 22*. Helsinki (Finland), 224 p.
- Lu, J., G. Sun, D.M. Amatya and S.G. McNulty. (2005). A Comparison of Six Potential Evapotranspiration methods for regional use in the Southeastern United States. *Jour. Amer. Water Resour. Assoc.* 41: 621-633

- Lu XT, Yin JX, Tang JW. 2010. Structure, tree species diversity and composition of tropical rainforests in Xishuangbanna, south west China. *J Trop Forest Sci.* 22:260–270.
- Mackey, G.B., J.E.M. Watson G and Hope. (2008). Climate change, biodiversity conservation, and the role of protected areas: an Australian perspective. *Biodiversity* 9: 11-18
- Magurran A.E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Ed. Blackwell Science Ltd, USA.
- Marcalli L. (2001). *Il clima terrestre negli ultimi 10000 anni e i cambiamenti recenti*. Società meteorological italiana onlus, Torino. [pp. 1 – 14].
- McClellan, M. (2014). *Assessing Forest Structure, Biodiversity, and Ecosystem Functions between Public and Private Tropical Dry Secondary Forests, a case study in Guanacaste, Costa Rica*. University of Minnesota. PhD thesis. Online: http://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/167326/McClellan_umn_0130E_15287.pdf;sequence=1
- Miles, L., A. Grainger and O. Phillips. (2004). The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia. *Global Ecol. Biogeogr.* No. 13 [pp. 553–565]
- Morgan, W.B. & Moss, P.A. (1985). Biomass energy and urbanisation: commercial factors in the production and use of biomass fuels in tropical Africa. *Biomass Journal*. [Volume 6; pp. 285–299].
- Naeem, S., Bunker, D.E., Hector, A., Loreau, M. & Perrings, C. (2009) Biodiversity, ecosystem functioning, and human wellbeing. An ecological and economic perspective. Oxford University Press, Oxford.
- National REDD+ Secretariat, Forestry Commission (2017). *Ghana's National Forest Reference Level*. Republic of Ghana, Accra, 2017.
- Neumann M., Starlinger F. (2001). The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *Forest Ecology and Management*. [Volume 145; pp. 91–106].

- Odoom F. (1998). Hardwood plantation in Ghana – Case study for FAO Project GCP/INT/628/UK. FAO.
- Oliver I., Parkes D. (2003). A Prototype Toolkit for Scoring the Biodiversity Benefits of Land Use Change. NSW Department of Infrastructure Planning and Natural Resources, Parramatta. [pp. 40 ff.]
- Panfil, S. N. and Harvey, C. A. (2015). REDD+ and Biodiversity Conservation: A Review of the Biodiversity Goals, Monitoring Methods, and Impacts of 80 REDD+ Projects. Conservation Letters. doi: 10.1111/conl.12188
- Parkes D., Newell G., Cheal D. (2003). Assessing the quality of native vegetation: The “habitat hectares” approach. Ecological Management and Restoration [No.4; pp.29 – 38].
- Parrotta J.A., Wildburger C., Mansourian S. (eds.) (2012). Understanding Relationships between Biodiversity, Carbon, Forests and People: The Key to Achieving REDD+ Objectives. A Global Assessment Report. Prepared by the Global Forest Expert Panel on Biodiversity, Forest Management, and REDD+.
- Peltier, R., Njiti, C.F., Ntoupka, M., Manlay, R., Henry, M. & Morillon, V. (2007). Evaluation du *stock* de carbone et de la productivité en bois d’un parc à Karités du Nord-Cameroun. Bois et forêt des tropiques. [no. 294; pp. 39–50].
- Perugin L., Vespertino D., Valentini R. (2012). Conferenza di Durban sul clima: nuove prospettive per il mondo forestale. Forest@. Italian Society of Silviculture and Forest Ecology.
- Pinard MA, Cropper WP. 2000. Simulated effects of logging on carbon storage in dipterocarp forest. J Appl Ecol. 37(2):267–283.
- Piper S.D., Catterall C.P., Kanowski J.J. et al. (2009): Biodiversity recovery during rainforest reforestation as indicated by rapid assessment of epigeic ants in tropical and subtropical Australia. – Austral Ecology 34 (4): 422-434
- Poorter L., Van der Sande MT, Thompson J. Arets E., Alarcón A, Álvarez-Sánchez N., Ascarrunz P., Balvanera G., Barajas-Guzmán A., Boit F., Bongers F. A., Carvalho

F., Casanoves G., Cornejo-Tenorio F., Costa C.V., de Castilho J. F., Duivenvoorden L. P., Dutrieux B. J., Enquist F., Fernández-Méndez B., Finegan L., H. L. Gormley J. R., Healey M. R., Hoosbeek G., Ibarra-Manríquez A. B., Junqueira C., Levis C., Licona L., Lisboa W. E., Magnusson M., Martínez-Ramos A., Martínez-Yrizar L., G., Martorano L. C., Maskell L., Mazzei J. A., Meave F., Mora R., Muñoz C., Nytch M. P., Pansonato, T. W., Parr, H. Paz E. A., Pérez-García, L.Y. Rentería J., Rodríguez-Velazquez D. M. A., Rozendaal¹ A. R., Ruschel B., Sakschewski B., Salgado-Negret J., Schietti M., Simões F. L., Sinclair P. F., Souza F. C., Souza J., Stropp H., Steege N. G., Swenson K., Thonicke M., Toledo M., Uriarte P., van der Hout P., Walker N., Zamora M., Peña-Claro M. (2015). Diversity enhances carbon storage tropical forests. *Global Ecology and Biogeography Research Papers – A Journal of Macroecology*.

Putz F.E. & Pinard MA (1993). Reduced-impact logging as a carbon-offset method. *Conservation Biology*, 7, 755-757.

Putz F.E., Blate G.M., Reford K.H., Fimbel R., Robinson J. (2001). Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology*, No.15, [pp. 7-20]

Rossi P. (1997). *La nascita della scienza moderna in Europa*, Roma-Bari, Laterza.

Ruiz-Jean MC., Potvin C (2010). Tree diversity explained patterns of variation in ecosystem function in a Neotropical forest. *Biotropica* 42 (6): 638-646.

Sasaki, N., Putz, F.E. (2009): Critical Need for New Definitions of “Forest” and “Forest Degradation” in Global Climate Change Agreements, *Conservation Letters* 2, [pp. 226-232]

Scalenghe R., Celi L., Costa G., Laudicina A., Santoni S., Vespertino D., La Mantia T. (2015): Carbon *stocks* in a 50-year-old Eucalyptus camaldulensis stand in Sicily, Italy. *Southern Forests: a journal of Forest Science*.

SCBD (2009): Sustainable Forest Management, Biodiversity and Livelihoods: A good practice guidance. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal (Canada), 47 p.

- Shannon C.E. (1948). A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal. [Volume 27; pp. 379–423].
- Schimel, D. S. (1995), Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. Global Change Biology, 1:[pp. 77–91].
- Steinbeiss S, Bebler H, Engels C, Temperton VM, Buchmann N, Roscher CH, Kreuziger Y, Baade J, Habekost M, Gleixner G. (2008). Plant diversity positively affects short-term soil carbon storage in experimental grasslands. Global Change Biol. 14(12):2937–2949
- Svante A. (1896). On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. Philosophical Magazine and Journal of Science. [Series 5, Volume 41, pp. 237 – 276].
- Swaine MD, Agyeman VK. (2008). Enhanced tree recruitment following logging in two forest reserves in Ghana. Biotropica. [40(3): pp. 370–374].
- Talbot, J.D. 2010. Carbon and biodiversity relationships in tropical forests. *Multiple Benefits Series 4*. Prepared on behalf of the UN-REDD Programme. School of Geography, University of Leeds, Leeds / UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge.
- Taylor C.J. (1952). Vegetation zones of the Gold Coast. Accra, Government Printer. Bull Gold Cst. For. Dep. 4.
- The Forestry Commission, Republic of Ghana. Development of Reference Emission Levels and Measurement, Reporting and Verification System in Ghana. Indufor Oy, Helsinki, Finland, 2015.
- Thompson, I., Mackey, B., McNulty, S., Mosseler, A. (2009): Forest Resilience, Biodiversity, and Climate change. A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Technical Series no. 43, Montreal (Canada), 67 p.
- Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T. Lechman, C. (2001) Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. Science, 294, 843–845.

- Toensmeier E. (2016). Carbon sequestration potentials. In: Jorstad L. The Carbon Farming Solution. Vermont: Chelsea green Publishing [pp. 29 – 37].
- UNEP-WCMC (2007): Reducing Emissions from Deforestation: A Key Opportunity for Attaining Multiple Benefits. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge (UK), 16p.
- UNFCCC (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC (1998). Decision 1/CP.3 Adoption of the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto.
- UNFCCC (2012). Decision 1/CMP.8 Amendment to the Kyoto Protocol pursuant to its Article 3, paragraph 9 (the Doha Amendment). Doha, 2012.
- Vaglio Laurin G., Chen Q., Lindsell J.A., Coomes D.A., Del Frate F., Guerriero L., Pirotti F., Valentini R. (2014). Above ground biomass estimation in an African tropical forest with lidar and hyperspectral data. *Remote Sensing*, 89, 49-58.
- Vaglio Laurin G., Hawthorne W.D., Chiti T., Di Paola A., Cazzolla Gatti R., Marconi S., Noce S., Grieco E., Pirotti F., Valentini R. (2016). Does degradation from selective logging and illegal activities differently impact forest resources? A case study in Ghana. *iForest*, 9, 354-362.
- Van der Werf, G. R.; Morton, D. C.; Defries, R. S.; Olivier, J. G. J.; Kasibhatla, P. S.; Jackson, R. B.; Collatz, G. J.; Randerson, J. T. (2009) CO₂ emissions from forest loss. *Nature Geoscience* 2:737–738
- Van Roosbroeck P. (2006). Country environmental profile of Ghana. World Bank – Framework Contract EuropeAid/119860/C/SV/Multi – Lot N°6: Environment Request for Services No 2006/123200.
- Vespertino D., Non-carbon benefits implications for the long-term mitigation results of REDD+ activities in the UNFCCC context: exploring the biodiversity considerations. PhD Course Paper)

- Vieira, S; De Camargo, PB; Selhorst, D; Da Silva, R; Hutyra, L; Chambers, JQ; et al.(2004). Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests. *Oecologia*, 140(3), 468 - 479. UC Irvine: 375554. Retrieved from: <http://escholarship.org/uc/item/0165f5mn>
- Vilà M.,Carillo-Gavilán,A.,Vayreda,J.,Bugmann,H.,Fridman, J., Grodzki, W., Haase, J., Kunstler, G., Schelhaas, M.J. & Trasobares, A. (2013) Disentangling biodiversity and climatic determinants of wood production. *PLOSone*, 8, e53530.
- Von Scheliah, S., Hecht, B., Christophersen, T. (2009): Biodiversity and Livelihoods: REDD benefits. GTZ, CBD. Eschborn (Germany)-
- Wauters J., Coubert C., Grallien E., Jonard M. and Ponette Q. (2008). Carbon *stock* in rubber tree plantation in Western Ghana and Mato Grosso (Brasil). *Forest Ecology and Management* [Vol. 255, pp. 2347 – 2361].
- Yachi, S. & Loreau, M. (1999) Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 96, 1463–1468.

Allegato 1 – Decisioni UNFCCC sul REDD+

Decision 2/CP.13

Reducing emissions from deforestation in developing countries: approaches to stimulate action

The Conference of the Parties,

Recalling the relevant provisions of the Convention, in particular Article 2, Article 3, paragraphs 1, 3 and 4, and Article 4, paragraphs 1(a)–(d), 3, 5 and 7,

Acknowledging the contribution of the emissions from deforestation to global anthropogenic greenhouse gas emissions,

Acknowledging that forest degradation also leads to emissions, and needs to be addressed when reducing emissions from deforestation,

Recognizing that efforts and actions to reduce deforestation and to maintain and conserve forest carbon stocks in developing countries are already being taken,

Recognizing the complexity of the problem, different national circumstances and the multiple drivers of deforestation and forest degradation,

Recognizing the potential role of further actions to reduce emissions from deforestation and forest degradation in developing countries in helping to meet the ultimate objective of the Convention,

Affirming the urgent need to take further meaningful action to reduce emissions from deforestation and forest degradation in developing countries,

Noting that sustainable reduction in emissions from deforestation and forest degradation in developing countries requires stable and predictable availability of resources,

Recognizing that reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries can promote co-benefits and may complement the aims and objectives of other relevant international conventions and agreements,

Recognizing also that the needs of local and indigenous communities should be addressed when action is taken to reduce emissions from deforestation and forest degradation in developing countries,

1. *Invites* Parties to further strengthen and support ongoing efforts to reduce emissions from deforestation and forest degradation on a voluntary basis;

2. *Encourages* all Parties, in a position to do so, to support capacity-building, provide technical assistance, facilitate the transfer of technology to improve, inter alia, data collection, estimation of emissions from deforestation and forest degradation, monitoring and reporting, and address the institutional needs of developing countries to estimate and reduce emissions from deforestation and forest degradation;

3. *Further encourages* Parties to explore a range of actions, identify options and undertake efforts, including demonstration activities, to address the drivers of deforestation relevant to their national circumstances, with a view to reducing emissions from deforestation and forest degradation and thus enhancing forest carbon stocks due to sustainable management of forests;

4. *Encourages*, without prejudice to future decisions of the Conference of the Parties, the use of the indicative guidance provided in the annex to this decision as an aid in undertaking and evaluating the range of demonstration activities;

5. *Invites* Parties, in particular Parties included in Annex II to the Convention, to mobilize resources to support efforts in relation to the actions referred to in paragraphs 1–3 above;

6. *Encourages* the use of the most recent reporting guidelines¹ as a basis for reporting greenhouse gas emissions from deforestation, noting also that Parties not included in Annex I to the Convention are encouraged to apply the *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*;²

7. *Requests* the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice to undertake a programme of work on methodological issues related to a range of policy approaches and positive incentives that aim to reduce emissions from deforestation and forest degradation in developing countries noting relevant documents;³ the work should include:

- (a) Inviting Parties to submit, by 21 March 2008, their views on how to address outstanding methodological issues including, inter alia, assessments of changes in forest cover and associated carbon stocks and greenhouse gas emissions, incremental changes due to sustainable management of the forest, demonstration of reductions in emissions from deforestation, including reference emissions levels, estimation and demonstration of reduction in emissions from forest degradation, implications of national and subnational approaches including displacement of emissions, options for assessing the effectiveness of actions in relation to paragraphs 1, 2, 3 and 5 above, and criteria for evaluating actions, to be compiled into a miscellaneous document for consideration by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice at its twenty-eighth session;
- (b) Requesting the secretariat, subject to availability of supplementary funding, to organize a workshop on methodological issues identified in paragraph 7 (a) above, before its twenty-ninth session, and to prepare a report on the workshop for consideration by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice at that session;
- (c) Advancing the development of methodological approaches, taking into account the outcome of the workshop referred to in paragraph 7 (b) above at its twenty-ninth session;

8. *Requests* the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice to report to the Conference of the Parties, at its fourteenth session, on the outcomes of the work referred to in paragraph 7 (a)–(c) above, including any recommendations on possible methodological approaches;

9. *Invites* relevant organizations and stakeholders, without prejudice to any future decision of the Conference of the Parties on reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries, to support efforts in relation to paragraphs 1, 2, 3 and 5 above and to share outcomes of these

¹ At the time of this decision, the most recent reporting guidelines for national communications from Parties not included in Annex I to the Convention are found in decision 17/CP.8.

² Decision 13/CP.9.

³ FCCC/SBSTA/2006/10, FCCC/SBSTA/2007/3, FCCC/SBSTA/2007/MISC.2 and Add.1, FCCC/SBSTA/2007/MISC.14 and Add. 1–3; and the background paper prepared for the workshop on reducing emissions from deforestation held in Rome, Italy, from 30 August to 1 September 2006, available at <http://unfccc.int/methods_and_science/lulucf/items/3757.php>.

efforts with the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice by providing corresponding information to the secretariat;

10. *Requests* the secretariat to support, subject to the availability of supplementary funding, the activities of all Parties, in particular developing countries, in relation to paragraphs 3, 5, 7 and 9 above, by developing a Web platform where information submitted by Parties, relevant organizations and stakeholders will be made available;

11. *Notes* the further consideration, under decision 1/CP.13, of policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries;

12. *Notes further* that when addressing policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries, the efforts described in paragraph 3 above should be considered.

ANNEX

Indicative guidance

1. Demonstration activities should be undertaken with the approval of the host Party.
2. Estimates of reductions or increases of emissions should be results based, demonstrable, transparent and verifiable, and estimated consistently over time.
3. The use of the methodologies described in paragraph 6 of this decision is encouraged as a basis for estimating and monitoring emissions.
4. Emission reductions from national demonstration activities should be assessed on the basis of national emissions from deforestation and forest degradation.
5. Subnational demonstration activities should be assessed within the boundary used for the demonstration, and assessed for associated displacement of emissions.
6. Reductions in emissions or increases resulting from the demonstration activity should be based on historical emissions, taking into account national circumstances.
7. Subnational¹ approaches, where applied, should constitute a step towards the development of national approaches, reference levels and estimates.
8. Demonstration activities should be consistent with sustainable forest management, noting, inter alia, the relevant provisions of the United Nations Forum on Forests, the United Nations Convention to Combat Desertification and the Convention on Biological Diversity.
9. Experiences in implementing activities should be reported and made available via the Web platform.²
10. Reporting on demonstration activities should include a description of the activities and their effectiveness, and may include other information.
11. Independent expert review is encouraged.

*8th plenary meeting
14–15 December 2007*

¹ Activities carried out within the national boundary.

² To be developed by the secretariat as referred to in paragraph 10 of this decision.

Decision 4/CP.15

Methodological guidance for activities relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 1/CP.13 and 2/CP.13,

Acknowledging the importance of reducing emissions from deforestation and forest degradation, and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries,

Noting the progress made by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice in its programme of work on methodological issues related to a range of policy approaches and positive incentives,

Also noting the range of ongoing activities and cooperative efforts being undertaken by Parties and international organizations, in accordance with decision 2/CP.13, paragraphs 1, 2, 3 and 5,

Recognizing the need for full and effective engagement of indigenous peoples and local communities in, and the potential contribution of their knowledge to, monitoring and reporting of activities relating to decision 1/CP.13, paragraph 1 (b) (iii),

Recognizing the importance of promoting sustainable management of forests and co-benefits, including biodiversity, that may complement the aims and objectives of national forest programmes and relevant international conventions and agreements,

Noting experiences and lessons learned from ongoing activities and efforts in capacity-building, testing methodologies and monitoring approaches, and a range of policy approaches and positive incentives, including those guided by the indicative guidance contained in the annex to decision 2/CP.13,

1. *Requests* developing country Parties, on the basis of work conducted on the methodological issues set out in decision 2/CP.13, paragraphs 7 and 11, to take the following guidance into account for activities relating to decision 2/CP.13, and without prejudging any further relevant decisions of the Conference of the Parties, in particular those relating to measurement and reporting:

- (a) To identify drivers of deforestation and forest degradation resulting in emissions and also the means to address these;
- (b) To identify activities within the country that result in reduced emissions and increased removals, and stabilization of forest carbon stocks;
- (c) To use the most recent Intergovernmental Panel on Climate Change guidance and guidelines, as adopted or encouraged by the Conference of the Parties, as appropriate, as a basis for estimating anthropogenic forest-related greenhouse gas emissions by sources and removals by sinks, forest carbon stocks and forest area changes;

-
- (d) To establish, according to national circumstances and capabilities, robust and transparent national forest¹ monitoring systems and, if appropriate, sub-national systems as part of national monitoring systems that:
- (i) Use a combination of remote sensing and ground-based forest carbon inventory approaches for estimating, as appropriate, anthropogenic forest-related greenhouse gas emissions by sources and removals by sinks, forest carbon stocks and forest area changes;
 - (ii) Provide estimates that are transparent, consistent, as far as possible accurate, and that reduce uncertainties, taking into account national capabilities and capacities;
 - (iii) Are transparent and their results are available and suitable for review as agreed by the Conference of the Parties;

2. *Recognizes* that further work may need to be undertaken by the Intergovernmental Panel on Climate Change, in accordance with any relevant decisions by the Conference of the Parties;

3. *Encourages*, as appropriate, the development of guidance for effective engagement of indigenous peoples and local communities in monitoring and reporting;

4. *Encourages* all Parties in a position to do so to support and strengthen the capacities of developing countries to collect and access, analyse and interpret data, in order to develop estimates;

5. *Invites* Parties in a position to do so and relevant international organizations to enhance capacity-building in relation to using the guidance and guidelines referred to in paragraph 1 (c) above, taking into account the work of the Consultative Group of Experts on National Communications from Parties not included in Annex I to the Convention;

6. *Requests* the secretariat, subject to availability of supplementary funding, to enhance coordination of the activities referred to in paragraph 5 above, in the context of existing initiatives;

7. *Recognizes* that developing country Parties in establishing forest reference emission levels and forest reference levels should do so transparently taking into account historic data, and adjust for national circumstances, in accordance with relevant decisions of the Conference of the Parties;

8. *Invites* Parties to share lessons learned and experiences gained in the application of the guidance referred to in paragraph 1 above and the annex to decision 2/CP.13 through the web platform on the UNFCCC website;

9. *Urges* relevant international organizations, non-governmental organizations and stakeholders to integrate and coordinate their efforts in order to avoid duplication and enhance synergy with regard to activities relating to decision 2/CP.13.

*9th plenary meeting
18–19 December 2009*

¹ Taking note of, if appropriate, the guidance on consistent representation of land in the Intergovernmental Panel on Climate Change *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*.

Decision 1/CP.16

The Cancun Agreements: Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention

This section on REDD+ is an excerpt from decision 1/CP.16

C. Policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries

Affirming that, in the context of the provision of adequate and predictable support to developing country Parties, Parties should collectively aim to slow, halt and reverse forest cover and carbon loss, in accordance with national circumstances, consistent with the ultimate objective of the Convention, as stated in Article 2,

Also affirming the need to promote broad country participation in all phases described in paragraph 73 below, including through the provision of support that takes into account existing capacities,

68. *Encourages* all Parties to find effective ways to reduce the human pressure on forests that results in greenhouse gas emissions, including actions to address drivers of deforestation;

69. *Affirms* that the implementation of the activities referred to in paragraph 70 below should be carried out in accordance with appendix I to this decision, and that the safeguards referred to in paragraph 2 of appendix I to this decision should be promoted and supported;

70. *Encourages* developing country Parties to contribute to mitigation actions in the forest sector by undertaking the following activities, as deemed appropriate by each Party and in accordance with their respective capabilities and national circumstances:

- (a) Reducing emissions from deforestation;
- (b) Reducing emissions from forest degradation;
- (c) Conservation of forest carbon stocks;
- (d) Sustainable management of forests;
- (e) Enhancement of forest carbon stocks;

71. *Requests* developing country Parties aiming to undertake the activities referred to in paragraph 70 above, in the context of the provision of adequate and predictable support, including financial resources and technical and technological support to developing country Parties, in accordance with national circumstances and respective capabilities, to develop the following elements:

- (a) A national strategy or action plan;

(b) A national forest reference emission level and/or forest reference level⁶ or, if appropriate, as an interim measure, subnational forest reference emission levels and/or forest reference levels, in accordance with national circumstances, and with provisions contained in decision 4/CP.15, and with any further elaboration of those provisions adopted by the Conference of the Parties;

(c) A robust and transparent national forest monitoring system for the monitoring and reporting of the activities referred to in paragraph 70 above, with, if appropriate, subnational monitoring and reporting as an interim measure,⁷ in accordance with national circumstances, and with the provisions contained in decision 4/CP.15, and with any further elaboration of those provisions agreed by the Conference of the Parties;

(d) A system for providing information on how the safeguards referred to in appendix I to this decision are being addressed and respected throughout the implementation of the activities referred to in paragraph 70 above, while respecting sovereignty;

72. *Also requests* developing country Parties, when developing and implementing their national strategies or action plans, to address, inter alia, the drivers of deforestation and forest degradation, land tenure issues, forest governance issues, gender considerations and the safeguards identified in paragraph 2 of appendix I to this decision, ensuring the full and effective participation of relevant stakeholders, inter alia indigenous peoples and local communities;

73. *Decides* that the activities undertaken by Parties referred to in paragraph 70 above should be implemented in phases, beginning with the development of national strategies or action plans, policies and measures, and capacity-building, followed by the implementation of national policies and measures and national strategies or action plans that could involve further capacity-building, technology development and transfer and results-based demonstration activities, and evolving into results-based actions that should be fully measured, reported and verified;

74. *Recognizes* that the implementation of the activities referred to in paragraph 70 above, including the choice of a starting phase as referred to in paragraph 73 above, depends on the specific national circumstances, capacities and capabilities of each developing country Party and the level of support received;

75. *Requests* the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice to develop a work programme on the matters referred to in appendix II to this decision;

76. *Urges* Parties, in particular developed country Parties, to support, through multilateral and bilateral channels, the development of national strategies or action plans, policies and measures and capacity-building, followed by the implementation of national policies and measures and national strategies or action plans that could involve further capacity-building, technology development and transfer and results-based demonstration activities, including consideration of the safeguards referred to in paragraph 2 of appendix I to this decision, taking into account the relevant provisions on finance including those relating to reporting on support;

77. *Requests* the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention to explore financing options for the full implementation of the results-based

⁶ In accordance with national circumstances, national forest reference emission levels and/or forest reference levels could be a combination of subnational forest reference emissions levels and/or forest reference levels.

⁷ Including monitoring and reporting of emissions displacement at the national level, if appropriate, and reporting on how displacement of emissions is being addressed, and on the means to integrate subnational monitoring systems into a national monitoring system.

actions⁸ referred to in paragraph 73 above and to report on progress made, including any recommendations for draft decisions on this matter, to the Conference of the Parties at its seventeenth session;

78. *Also requests* Parties to ensure coordination of the activities referred to in paragraph 70 above, including of the related support, particularly at the national level;

79. *Invites* relevant international organizations and stakeholders to contribute to the activities referred to in paragraphs 70 and 78 above;

*9th plenary meeting
10–11 December 2010*

⁸ These actions require national monitoring systems.

Appendix I

Guidance and safeguards for policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries

1. The activities referred to in paragraph 70 of this decision should:
 - (a) Contribute to the achievement of the objective set out in Article 2 of the Convention;
 - (b) Contribute to the fulfilment of the commitments set out in Article 4, paragraph 3, of the Convention;
 - (c) Be country-driven and be considered options available to Parties;
 - (d) Be consistent with the objective of environmental integrity and take into account the multiple functions of forests and other ecosystems;
 - (e) Be undertaken in accordance with national development priorities, objectives and circumstances and capabilities and should respect sovereignty;
 - (f) Be consistent with Parties' national sustainable development needs and goals;
 - (g) Be implemented in the context of sustainable development and reducing poverty, while responding to climate change;
 - (h) Be consistent with the adaptation needs of the country;
 - (i) Be supported by adequate and predictable financial and technology support, including support for capacity-building;
 - (j) Be results-based;
 - (k) Promote sustainable management of forests;
2. When undertaking the activities referred to in paragraph 70 of this decision, the following safeguards should be promoted and supported:
 - (a) That actions complement or are consistent with the objectives of national forest programmes and relevant international conventions and agreements;
 - (b) Transparent and effective national forest governance structures, taking into account national legislation and sovereignty;
 - (c) Respect for the knowledge and rights of indigenous peoples and members of local communities, by taking into account relevant international obligations, national circumstances and laws, and noting that the United Nations General Assembly has adopted the United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples;
 - (d) The full and effective participation of relevant stakeholders, in particular indigenous peoples and local communities, in the actions referred to in paragraphs 70 and 72 of this decision;
 - (e) That actions are consistent with the conservation of natural forests and biological diversity, ensuring that the actions referred to in paragraph 70 of this decision are not used for the conversion of natural forests, but are instead used to incentivize the

protection and conservation of natural forests and their ecosystem services, and to enhance other social and environmental benefits;¹

- (f) Actions to address the risks of reversals;
- (g) Actions to reduce displacement of emissions.

¹ Taking into account the need for sustainable livelihoods of indigenous peoples and local communities and their interdependence on forests in most countries, reflected in the United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples, as well as the International Mother Earth Day.

Appendix II

Work programme of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice on policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries

In the development of its work programme, the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice is requested to:

- (a) Identify land use, land-use change and forestry activities in developing countries, in particular those that are linked to the drivers of deforestation and forest degradation, identify the associated methodological issues to estimate emissions and removals resulting from these activities, and assess the potential contribution of these activities to the mitigation of climate change, and report on the findings and outcomes of this work to the Conference of the Parties (COP) at its eighteenth session on the outcomes of the work referred to in this paragraph;
- (b) Develop modalities relating to paragraphs 71 (b) and (c) and guidance relating to paragraph 71 (d) of this decision, for consideration by the COP at its seventeenth session;
- (c) Develop, as necessary, modalities for measuring, reporting and verifying anthropogenic forest-related emissions by sources and removals by sinks, forest carbon stocks, and forest carbon stock and forest-area changes resulting from the implementation of the activities referred to in paragraph 70 of this decision, consistent with any guidance on measuring, reporting and verifying nationally appropriate mitigation actions by developing country Parties agreed by the COP, taking into account methodological guidance in accordance with decision 4/CP.15, for consideration by the COP at its seventeenth session.

Decision 2/CP.17

Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention

This section on REDD+ is an excerpt from decision 2/CP.17

C. Policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries

Recalling the principles and provisions set forth in decision 1/CP.16 and its appendices I and II on policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries,

Also recalling decisions 1/CP.13, 2/CP.13, 4/CP.15 and 12/CP.17,

Further recalling decision 1/CP.16, paragraphs 68–74 and 76–78,

Reaffirming that, in the context of the provision of adequate and predictable support to developing country Parties, Parties should collectively aim to slow, halt and reverse forest cover and carbon loss, in accordance with national circumstances, consistent with the ultimate objective of the Convention, as stated in its Article 2,

Also reaffirming decision 1/CP.16, appendix I, paragraph 1,

Affirming that efforts are already being made and actions being taken to reduce emissions from deforestation and forest degradation, and to maintain and enhance forest carbon stocks in developing countries,

Recognizing the importance of effective and continuing support for the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 73 and 76,

Also recognizing that policy approaches and positive incentives for mitigation actions in the forest sector, as referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, can promote poverty alleviation and biodiversity benefits, ecosystem resilience and the linkages between adaptation and mitigation, and should promote and support the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix 1, paragraph 2(c–e),

Being aware of the relevance of the work being undertaken by relevant international conventions and agreements,

63. *Agrees* that, regardless of the source or type of financing, the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, should be consistent with the relevant provisions included in decision 1/CP.16, including the safeguards in its appendix I, in accordance with relevant decisions of the Conference of the Parties;

64. *Recalls* that for developing country Parties undertaking the results-based actions¹ referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 73 and 77, to obtain and receive results-based finance, these actions should be fully measured, reported and verified,² and developing

¹ In accordance with decision 1/CP.16, appendix II.

² As agreed by the Conference of the Parties.

country Parties should have the elements referred to in decision 1/CP.16, paragraph 71, in accordance with any decisions taken by the Conference of the Parties on this matter;

65. *Agrees* that results-based finance provided to developing country Parties that is new, additional and predictable may come from a wide variety of sources, public and private, bilateral and multilateral, including alternative sources;

66. *Considers* that, in the light of the experience gained from current and future demonstration activities, appropriate market-based approaches could be developed by the Conference of the Parties to support the results-based actions by developing country Parties referred to in decision 1/CP.16, paragraph 73, ensuring that environmental integrity is preserved, that the provisions of decision 1/CP.16, appendices I and II, are fully respected, and should be consistent with the relevant provisions of decisions 1/CP.16 and 12/CP.17 and any future decision by the Conference of the Parties on these matters;

67. *Notes* that non-market-based approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests as a non-market alternative that supports and strengthens governance, the application of safeguards as referred to in decision 1/CP.16, appendix I, paragraph 2(c–e), and the multiple functions of forests, could be developed;

68. *Encourages* the operating entities of the financial mechanism of the Convention to provide results-based finance for the actions referred to in decision 1/CP.16, paragraph 73;

69. *Invites* Parties and admitted observer organizations to submit to the secretariat, by 5 March 2012, their views on modalities and procedures for financing results-based actions and considering activities related to decision 1/CP.16, paragraphs 68–70 and 72;

70. *Requests* the secretariat to compile the submissions by Parties into a miscellaneous document for consideration by the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention at its session to be held in conjunction with the thirty-sixth session of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice;

71. *Also requests* the secretariat to prepare, subject to the availability of supplementary resources, a technical paper, based on submissions by Parties and admitted observer organizations on the issues referred to in paragraphs 69 and 70 above, as an input for the workshop referred to in paragraph 72 below;

72. *Further requests* the secretariat to organize, subject to the availability of supplementary resources, a workshop taking into account the submissions by Parties and admitted observer organizations referred to in paragraph 69 above, the technical paper referred to in paragraph 71 above, and the conclusions on this matter by the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention at its session to be held in conjunction with the thirty-sixth session of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, before the session of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention to be held in conjunction with the eighteenth session of the Conference of the Parties;

73. *Requests* the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention to consider the submissions by Parties and admitted observer organizations referred to in paragraph 69 above, the technical paper referred to in paragraph 71 above and the report on the outcomes of the workshop referred to in paragraph 72 above with the aim of reporting on progress made and any recommendations to the Conference of the Parties at its eighteenth session.

*10th plenary meeting
11 December 2011*

Decision 12/CP.17

Guidance on systems for providing information on how safeguards are addressed and respected and modalities relating to forest reference emission levels and forest reference levels as referred to in decision 1/CP.16

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 2/CP.13, 4/CP.15 and 1/CP.16,

Recalling also decision 1/CP.16, paragraphs 69–71 and appendices I and II,

Noting that guidance on systems for providing information on how safeguards referred to in appendix I to decision 1/CP.16 are addressed and respected should be consistent with national sovereignty, national legislation and national circumstances,

Recognizing the importance and necessity of adequate and predictable financial and technology support for developing all of the elements referred to in decision 1/CP.16, paragraph 71,

Being aware of the need for any modalities for the construction of forest reference levels and forest emission reference levels to be flexible so as to accommodate national circumstances and capabilities, while pursuing environmental integrity and avoiding perverse incentives,

I. Guidance on systems for providing information on how safeguards are addressed and respected

1. *Notes* that the implementation of the safeguards referred to in appendix I to decision 1/CP.16, and information on how these safeguards are being addressed and respected, should support national strategies or action plans and be included in, where appropriate, all phases of implementation referred to in decision 1/CP.16, paragraph 73, of the activities referred to in paragraph 70 of the same decision;

2. *Agrees* that systems for providing information on how the safeguards referred to in appendix I to decision 1/CP.16 are addressed and respected should, taking into account national circumstances and respective capabilities, and recognizing national sovereignty and legislation, and relevant international obligations and agreements, and respecting gender considerations:

(a) Be consistent with the guidance identified in decision 1/CP.16, appendix I, paragraph 1;

(b) Provide transparent and consistent information that is accessible by all relevant stakeholders and updated on a regular basis;

(c) Be transparent and flexible to allow for improvements over time;

(d) Provide information on how all of the safeguards referred to in appendix I to decision 1/CP.16 are being addressed and respected;

(e) Be country-driven and implemented at the national level;

(f) Build upon existing systems, as appropriate;

-
3. *Agrees also* that developing country Parties undertaking the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, should provide a summary of information on how all of the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix I, are being addressed and respected throughout the implementation of the activities;
 4. *Decides* that the summary of information referred to in paragraph 3 above should be provided periodically and be included in national communications, consistent with relevant decisions of the Conference of the Parties on guidelines on national communications from Parties not included in Annex I to the Convention, or communication channels agreed by the Conference of the Parties;
 5. *Requests* the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, at its thirty-sixth session, to consider the timing of the first presentation and the frequency of subsequent presentations of the summary of information referred to in paragraph 3 above, with a view to recommending a decision on this matter for adoption by the Conference of the Parties at its eighteenth session;
 6. *Also requests* the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, at its thirty-sixth session, to consider the need for further guidance to ensure transparency, consistency, comprehensiveness and effectiveness when informing on how all safeguards are addressed and respected and, if appropriate, to consider additional guidance, and to report to the Conference of the Parties at its eighteenth session;

II. Modalities for forest reference emission levels and forest reference levels

7. *Agrees* that, in accordance with decision 1/CP.16, paragraph 71(b), forest reference emission levels and/or forest reference levels expressed in tonnes of carbon dioxide equivalent per year are benchmarks for assessing each country's performance in implementing the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70;
8. *Decides* that forest reference emission levels and/or forest reference levels, in accordance with decision 1/CP.16, paragraph 71(b), shall be established taking into account decision 4/CP.15, paragraph 7, and maintaining consistency with anthropogenic forest-related greenhouse gas emissions by sources and removals by sinks as contained in each country's greenhouse gas inventories;
9. *Invites* Parties to submit information and rationale on the development of their forest reference emission levels and/or forest reference levels, including details of national circumstances and if adjusted include details on how the national circumstances were considered, in accordance with the guidelines contained in the annex to this decision and any future decision by the Conference of the Parties;
10. *Agrees* that a step-wise approach to national forest reference emission level and/or forest reference level development may be useful, enabling Parties to improve the forest reference emission level and/or forest reference level by incorporating better data, improved methodologies and, where appropriate, additional pools, noting the importance of adequate and predictable support as referenced by decision 1/CP.16, paragraph 71;
11. *Acknowledges* that subnational forest reference emission levels and/or forest reference levels may be elaborated as an interim measure, while transitioning to a national forest reference emission level and/or forest reference level, and that interim forest reference emission levels and/or forest reference levels of a Party may cover less than its entire national territory of forest area;

-
12. *Agrees* that a developing country Party should update a forest reference emission level and/or forest reference level periodically as appropriate, taking into account new knowledge, new trends and any modification of scope and methodologies;
 13. *Invites* developing country Parties, on a voluntary basis and when deemed appropriate, to submit proposed forest reference emission levels and/or forest reference levels, in accordance with decision 1/CP.16, paragraph 71(b), accompanied by the information referred to in paragraph 9 above;
 14. *Requests* the secretariat to make available information on forest reference emission levels and/or forest reference levels on the UNFCCC REDD web platform,¹ including submissions with proposed forest reference emission levels and/or forest reference levels;
 15. *Agrees* to establish a process that enables technical assessment of the proposed forest reference emission levels and/or forest reference levels when submitted or updated by Parties in accordance with paragraph 12 above and in accordance with guidance to be developed by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice at its thirty-sixth session.

¹ <<http://unfccc.int/4531>>.

Annex

Guidelines for submissions of information on reference levels

Each developing country Party aiming to undertake the actions listed in decision 1/CP.16, paragraph 70, should include in its submission information that is transparent, complete,¹ consistent with guidance agreed by the Conference of the Parties (COP) and accurate information for the purpose of allowing a technical assessment of the data, methodologies and procedures used in the construction of a forest reference emission level and/or forest reference level. The information provided should be guided by the most recent Intergovernmental Panel on Climate Change guidance and guidelines, as adopted or encouraged by the COP, as appropriate, and include:

(a) Information that was used by Parties in constructing a forest reference emission level and/or forest reference level, including historical data, in a comprehensive and transparent way;

(b) Transparent, complete, consistent and accurate information, including methodological information, used at the time of construction of forest reference emission levels and/or forest reference levels, including, inter alia, as appropriate, a description of data sets, approaches, methods, models, if applicable and assumptions used, descriptions of relevant policies and plans, and descriptions of changes from previously submitted information;

(c) Pools and gases, and activities listed in decision 1/CP.16, paragraph 70, which have been included in forest reference emission levels and/or forest reference levels and the reasons for omitting a pool and/or activity from the construction of forest reference emission levels and/or forest reference levels, noting that significant pools and/or activities should not be excluded;

(d) The definition of forest used in the construction of forest reference emission levels and/or forest reference levels and, if appropriate, in case there is a difference with the definition of forest used in the national greenhouse gas inventory or in reporting to other international organizations, an explanation of why and how the definition used in the construction of forest reference emission levels and/or forest reference levels was chosen.

*10th plenary meeting
9 December 2011*

¹ Complete here means the provision of information that allows for the reconstruction of forest reference emission levels and/or forest reference levels.

Decision 1/CP.18

Agreed outcome pursuant to the Bali Action Plan

This section on REDD+ is an excerpt from decision 1/CP.18

C. Policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries

25. *Decides* to undertake a work programme on results-based finance in 2013, including two in-session workshops, subject to the availability of supplementary resources, to progress the full implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70;

26. *Invites* the President of the Conference of the Parties to appoint two co-chairs, one from a developing country Party and one from a developed country Party, for the work programme mentioned in paragraph 25 above;

27. *Requests* the secretariat to assist the co-chairs in supporting the workshops mentioned in paragraph 25 above;

28. *Decides* that the aim of the work programme is to contribute to the ongoing efforts to scale up and improve the effectiveness of finance for the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, taking into account decision 2/CP.17, paragraphs 66 and 67;

29. *Also decides* that the work programme will address options to achieve this objective, taking into account a wide variety of sources as referred to in decision 2/CP.17, paragraph 65, including:

- (a) Ways and means to transfer payments for results-based actions;
- (b) Ways to incentivize non-carbon benefits;
- (c) Ways to improve the coordination of results-based finance;

30. *Agrees* that the work programme will draw upon relevant sources of information and will also take into account lessons learned from other processes under the Convention and from fast-start finance;

31. *Requests* the co-chairs, supported by the secretariat, to coordinate the activities of the work programme with the work under the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice related to methodological guidance for activities relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries;

32. *Also requests* the co-chairs, supported by the secretariat, to prepare a report on the workshops referred to in paragraph 25 above for consideration by the Conference of the Parties at its nineteenth session, with a view to the Conference of the Parties adopting a decision on this matter;

33. *Decides* that the work programme shall end by the nineteenth session of the Conference of the Parties unless the Conference of the Parties decides otherwise;

34. *Recognizes* the need to improve the coordination of support for the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, and to provide adequate and predictable support, including financial resources and technical and technological support, to developing country Parties for implementation of those activities;
35. *Requests* the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice and the Subsidiary Body for Implementation, at their thirty-eighth sessions, to jointly initiate a process with the aim of addressing the matters outlined in paragraph 34 above, and to consider existing institutional arrangements or potential governance alternatives including a body, a board or a committee, and to make recommendations on these matters to the Conference of the Parties at its nineteenth session;
36. *Invites* Parties and admitted observer organizations to submit to the secretariat, by 25 March 2013, their views on the matters referred to in paragraphs 34 and 35 above, including potential functions, and modalities and procedures;
37. *Requests* the secretariat to compile the submissions from Parties referred to in paragraph 36 above into a miscellaneous document for consideration by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice and the Subsidiary Body for Implementation at their thirty-eighth sessions;
38. *Also requests* the secretariat to organize, subject to the availability of supplementary resources, an in-session workshop at the thirty-eighth sessions of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice and the Subsidiary Body for Implementation on the matters referred to in paragraphs 34 and 35 above, taking into account the submissions referred to in paragraph 36 above, and to prepare a report on the workshop for consideration by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice and the Subsidiary Body for Implementation at their thirty-ninth sessions;
39. *Requests* the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, at its thirty-eighth session, to consider how non-market-based approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests, as referred to in decision 2/CP.17, paragraph 67, could be developed to support the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, and to report on this matter to the Conference of the Parties at its nineteenth session;
40. *Also requests* the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, at its thirty-eighth session, to initiate work on methodological issues related to non-carbon benefits resulting from the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, and to report on this matter to the Conference of the Parties at its nineteenth session;

*9th plenary meeting
7 December 2012*

Decision 9/CP.19*

Work programme on results-based finance to progress the full implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 2/CP.13, 4/CP.15, 1/CP.16, 2/CP.17, 12/CP.17, 1/CP.18 and 10/CP.19 to 15/CP.19,

Reaffirming that, in the context of the provision of adequate and predictable support to developing country Parties, Parties should collectively aim to slow, halt and reverse forest cover and carbon loss, in accordance with national circumstances, consistent with the ultimate objective of the Convention, as stated in its Article 2,

Recognizing the importance and necessity of adequate and predictable financial and technology support for developing all of the elements referred to in decision 1/CP.16, paragraph 71,

Also recognizing the need to scale up and improve the effectiveness of finance for the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, taking into account decision 2/CP.17, paragraphs 66 and 67,

Further recognizing the key role that the Green Climate Fund will play in channelling financial resources to developing countries and catalysing climate finance,

1. *Reaffirms* that results-based finance provided to developing country Parties for the full implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, that is new, additional and predictable may come from a variety of sources, public and private, bilateral and multilateral, including alternative sources, as referred to in decision 2/CP.17, paragraph 65;
2. *Also reaffirms* that the progression of developing country Parties towards results-based actions occurs in the context of the provision of adequate and predictable support for all phases of the actions and activities referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 70 and 73;
3. *Recalls* that for developing country Parties undertaking the results-based actions referred to in decision 1/CP.16, paragraph 73, to obtain and receive results-based finance, those actions should be fully measured, reported and verified, in accordance with decisions 13/CP.19 and 14/CP.19, and developing country Parties should have all of the elements referred to in decision 1/CP.16, paragraph 71, in place, in accordance with decisions 12/CP.17 and 11/CP.19;
4. *Agrees* that developing countries seeking to obtain and receive results-based payments in accordance with decision 2/CP.17, paragraph 64, should provide the most recent summary of information on how all of the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix I, paragraph 2, have been addressed and respected before they can receive results-based payments;

* This decision forms part of the Warsaw Framework for REDD-plus. For more information, see document FCCC/CP/2013/10, paragraph 44.

5. *Encourages* entities financing the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, through the wide variety of sources referred to in decision 2/CP.17, paragraph 65, including the Green Climate Fund in a key role, to collectively channel adequate and predictable results-based finance in a fair and balanced manner, taking into account different policy approaches, while working with a view to increasing the number of countries that are in a position to obtain and receive payments for results-based actions;
6. *Also encourages* the entities referred to in paragraph 5 above, when providing results-based finance, to apply the methodological guidance consistent with decisions 4/CP.15, 1/CP.16, 2/CP.17, 12/CP.17 and 11/CP.19 to 15/CP.19, as well as this decision, in order to improve the effectiveness and coordination of results-based finance;
7. *Requests* the Green Climate Fund, when providing results-based finance, to apply the methodological guidance consistent with decisions 4/CP.15, 1/CP.16, 2/CP.17, 12/CP.17 and 11/CP.19 to 15/CP.19, as well as this decision, in order to improve the effectiveness and coordination of results-based finance;
8. *Encourages* entities financing the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, through the wide variety of sources referred to in decision 2/CP.17, paragraph 65, to continue to provide financial resources to alternative policy approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests;
9. *Decides* to establish an information hub on the web platform on the UNFCCC website¹ as a means to publish information on the results of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, and corresponding results-based payments;
10. *Notes* that the information hub aims to increase transparency of information on results-based actions, on the corresponding payments, as well as information related to the elements referred to in decision 1/CP.16, paragraph 71, without creating additional requirements for developing country Parties;
11. *Decides* that the information hub will contain, as reported through the appropriate channels under the Convention:
 - (a) The results for each relevant period expressed in tonnes of carbon dioxide equivalent per year and a link to the technical report referred to in decision 14/CP.19, paragraph 14;
 - (b) The assessed forest reference emission level(s) and/or forest reference level(s) expressed in tonnes of carbon dioxide equivalent per year and a link to the final report of the technical assessment team referred to in decision 13/CP.19, paragraph 18;
 - (c) The summary of information on how all of the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix I, are being addressed and respected, as referred to in decisions 12/CP.19 and 12/CP.17, chapter I;
 - (d) A link to the national strategy or action plan as referred to in decision 1/CP.16, paragraph 71(a), as appropriate;
 - (e) Information on the national forest monitoring system, as provided in the technical annex referred to in decision 14/CP.19;
12. *Also decides* that the information hub will also contain information on each of the results referred to in paragraph 11 above, including the quantity of results for which payments were received, expressed in tonnes of carbon dioxide equivalent per year, and the entity paying for results;

¹ <<http://unfccc.int/redd>>.

13. *Agrees* that the information on results-based payments is to be inserted on the information hub in consultation with the developing country Party concerned, taking into full account decision 10/CP.19, paragraph 2;
14. *Requests* the secretariat to insert the information referred to in paragraph 11(a–e) above on the information hub once all of the information is available through the appropriate channels under the Convention, and to also insert the information referred to in paragraph 12 above;
15. *Also requests* the secretariat to organize, subject to the availability of supplementary resources, an expert meeting on the matters referred to in paragraphs 11–13 above as well as on a format for the insertion of the information referred to in paragraph 12 above before the forty-first session of the Subsidiary Body for Implementation (December 2014), and to prepare a report on that expert meeting for consideration by the Subsidiary Body for Implementation at its forty-first session;
16. *Notes* that the insertion of results on the information hub does not create any rights or obligations for any Party or other entity;
17. *Also notes* that the information on results included on the information hub should be linked to the same results reflected on any other relevant future system that may be developed under the Convention;
18. *Further notes* that nothing under this decision and its implementation prejudices any future decision with regard to the eligibility or non-eligibility of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, to the mechanism defined in decision 2/CP.17, paragraph 83, or to the outcome of the work programme referred to in decision 1/CP.18, paragraph 44;
19. *Requests* the secretariat to improve and further develop the web platform on the UNFCCC website to include the information referred to in paragraphs 11 and 12 above, and to make the information available in a simple, transparent and easily accessible manner;
20. *Also requests* the Standing Committee on Finance, noting the urgencies of these issues, and the request to the Standing Committee on Finance to consider, in its work on coherence and coordination, inter alia, the issue of financing for forests, taking into account different policy approaches, to focus its soonest possible forum on issues related to finance for forests, including the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, inter alia:
- (a) Ways and means to transfer payments for results-based actions as referred to in decision 1/CP.18, paragraph 29;
 - (b) The provision of financial resources for alternative approaches;
21. *Further requests* the Standing Committee on Finance to invite experts on the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, to the forum referred to in paragraph 20 above;
22. *Recognizes* the importance of incentivizing non-carbon benefits for the long-term sustainability of the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, and noting the work on methodological issues referred to in decision 1/CP.18, paragraph 40;
23. *Takes note* of the estimated budgetary implications of the activities to be undertaken by the secretariat as referred to in paragraphs 14, 15 and 19 above;

24. *Requests* that the actions of the secretariat called for in this decision be undertaken subject to the availability of financial resources.

10th plenary meeting
22 November 2013

Decision 10/CP.19*

Coordination of support for the implementation of activities in relation to mitigation actions in the forest sector by developing countries, including institutional arrangements

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 1/CP.16, 2/CP.17 and 1/CP.18,

Noting the outcomes of the process as referred to in decision 1/CP.18, paragraphs 34 and 35,

Recognizing the need for adequate and predictable support for the implementation of the activities and elements referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 70, 71 and 73,

Also recognizing the need for effective and transparent coordination of support for the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70,

1. *Invites* interested Parties to designate, in accordance with national circumstances and the principles of sovereignty, a national entity or focal point to serve as a liaison with the secretariat and the relevant bodies under the Convention, as appropriate, on the coordination of support for the full implementation of activities and elements referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 70, 71 and 73, including different policy approaches, such as joint mitigation and adaptation, and to inform the secretariat accordingly;

2. *Notes* that the national entities or focal points of developing country Parties may, in accordance with national circumstances and the principles of sovereignty, nominate their entities to obtain and receive results-based payments, consistent with any specific operational modalities of the financing entities providing them with support for the full implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70;

3. *Recognizes* that in order to address issues related to the coordination of support for the implementation of the activities and elements referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 70, 71 and 73, needs and functions were identified:

(a) Strengthen, consolidate and enhance the sharing of relevant information, knowledge, experiences and good practices, at the international level, taking into account national experiences and, as appropriate, traditional knowledge and practices;

(b) Identify and consider possible needs and gaps in coordination of support, taking into consideration relevant information communicated under the Convention and other multilateral and bilateral arrangements;

(c) Consider and provide opportunities to exchange information between the relevant bodies established under the Convention and other multilateral and bilateral entities financing and funding the activities and elements referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 70, 71 and 73, related to actions and support provided and received for these activities;

(d) Provide information and any recommendations, as appropriate, considering the elements contained in paragraph 3(a–c) above, to improve the effectiveness of finance, including results-based finance, technology and capacity-building for developing country

* This decision forms part of the Warsaw Framework for REDD-plus. For more information, see document FCCC/CP/2013/10, paragraph 44.

Parties when implementing the activities and elements referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 70, 71 and 73, to the Conference of the Parties;

(e) Provide information and recommendations, as appropriate, on improving the effectiveness of finance to entities including bilateral, multilateral and private sector entities that finance and implement the activities and elements referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 70, 71 and 73, and on how these activities, including results-based actions, can be more effectively supported;

(f) Encourage other entities providing support for the activities and elements referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 70, 71 and 73, to enhance efficiency and coordination and to seek consistency with the operating entities of the financial mechanism of the Convention, as appropriate;

(g) Exchange information on the development of different approaches, including joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests;

4. *Encourages* national entities or focal points, Parties and relevant entities financing the activities referred to in decision 1/CP. 16, paragraph 70, to meet on a voluntary basis, in conjunction with the first sessional period meetings of the subsidiary bodies, in order to discuss the needs and functions identified in paragraph 3 above;

5. *Also encourages* these national entities or focal points, Parties and relevant entities referred to in paragraph 4 above to hold their first meeting in conjunction with the second sessional period meetings of the subsidiary bodies in 2014 and thereafter annually in conjunction with the first sessional period meetings of the subsidiary bodies;

6. *Requests* the secretariat to facilitate the organization of the meetings referred to in paragraphs 4 and 5 above, beginning, if possible, in conjunction with the forty-first sessions of the subsidiary bodies (December 2014);

7. *Encourages* national entities or focal points, Parties and relevant entities financing the activities referred to in paragraph 4 above at their first meeting to consider procedural matters to facilitate the discussions;

8. *Decides* that at the meetings referred to in paragraphs 4 and 5 above, participants may seek input from relevant bodies established under the Convention, international and regional organizations, the private sector, indigenous peoples and civil society in undertaking their work and invite the representatives of these entities to participate as observers in these meetings;

9. *Requests* the Subsidiary Body for Implementation, at the latest, at its forty-seventh session (November–December 2017) to review the outcomes of the meetings referred to in paragraphs 4 and 5 above, to consider existing institutional arrangements or the need for potential governance alternatives for the coordination of support for the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, and to make recommendations on these matters to the Conference of the Parties at its twenty-third session (November–December 2017);

10. *Agrees* to conclude at this session the joint work of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice and the Subsidiary Body for Implementation, as referred to in decision 1/CP.18, paragraphs 34 and 35, on the coordination of support for the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70;

11. *Takes note* of the estimated budgetary implications of the activities to be undertaken by the secretariat pursuant to paragraph 6 above;

12. *Requests* that the actions of the secretariat called for in this decision be undertaken subject to the availability of financial resources.

*10th plenary meeting
22 November 2013*

Decision 11/CP.19*

Modalities for national forest monitoring systems

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 2/CP.13, 4/CP.15, 1/CP.16, 2/CP.17 and 12/CP.17,

1. *Affirms* that, consistent with decision 1/CP.16, paragraph 71, the activities referred to in this decision are undertaken in the context of the provision of adequate and predictable support, including financial resources and technical and technological support to developing country Parties;
2. *Decides* that the development of Parties' national forest monitoring systems for the monitoring and reporting of the activities,¹ as referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, with, if appropriate, subnational monitoring and reporting as an interim measure, should take into account the guidance provided in decision 4/CP.15 and be guided by the most recent Intergovernmental Panel on Climate Change guidance and guidelines, as adopted or encouraged by the Conference of the Parties, as appropriate, as a basis for estimating anthropogenic forest-related greenhouse gas emissions by sources, and removals by sinks, forest carbon stocks, and forest carbon stock and forest-area changes;
3. *Also decides* that robust national forest monitoring systems should provide data and information that are transparent, consistent over time, and are suitable for measuring, reporting and verifying anthropogenic forest-related emissions by sources and removals by sinks, forest carbon stocks, and forest carbon stock and forest-area changes resulting from the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, taking into account paragraph 71(b) and (c) consistent with guidance on measuring, reporting and verifying nationally appropriate mitigation actions by developing country Parties agreed by the Conference of the Parties, taking into account methodological guidance in accordance with decision 4/CP.15;
4. *Further decides* that national forest monitoring systems, with, if appropriate, subnational monitoring and reporting as an interim measure as referred to in decision 1/CP.16, paragraph 71(c), and in decision 4/CP.15, paragraph 1(d) should:
 - (a) Build upon existing systems, as appropriate;
 - (b) Enable the assessment of different types of forest in the country, including natural forest, as defined by the Party;
 - (c) Be flexible and allow for improvement;
 - (d) Reflect, as appropriate, the phased approach as referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 73 and 74;

* This decision forms part of the Warsaw Framework for REDD-plus. For more information, see document FCCC/CP/2013/10, paragraph 44.

¹ As per decision 1/CP.16, paragraph 70, Parties undertake activities as deemed appropriate by each Party with their respective capabilities and national circumstances, noting that significant pools and/or activities should not be excluded.

5. *Acknowledges* that Parties' national forest monitoring systems may provide, as appropriate, relevant information for national systems for the provision of information on how safeguards in decision 1/CP.16, appendix I, are addressed and respected.

*10th plenary meeting
22 November 2013*

Decision 12/CP.19*

The timing and the frequency of presentations of the summary of information on how all the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix I, are being addressed and respected

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 17/CP.8, 1/CP.16, 2/CP.17 and 12/CP.17,

Also recalling, in particular, decision 12/CP.17, paragraph 5,

1. *Reiterates* that according to decision 12/CP.17, paragraph 3, developing country Parties undertaking the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, should provide a summary of information on how all of the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix I, are being addressed and respected throughout the implementation of the activities;
2. *Also reiterates* that according to decision 12/CP.17, paragraph 4, the summary of information referred to in paragraph 1 above should be provided periodically and be included in national communications, or communication channels agreed by the Conference of the Parties;
3. *Agrees* that the summary of information referred to in paragraph 1 above could also be provided, on a voluntary basis, via the web platform on the UNFCCC website;¹
4. *Decides* that developing country Parties should start providing the summary of information referred to in paragraph 1 above in their national communication or communication channel, including via the web platform of the UNFCCC, taking into account paragraph 3 above, after the start of the implementation of activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70;
5. *Also decides* that the frequency of subsequent presentations of the summary of information as referred to in paragraph 2 above should be consistent with the provisions for submissions of national communications from Parties not included in Annex I to the Convention and, on a voluntary basis, via the web platform on the UNFCCC website.

*10th plenary meeting
22 November 2013*

* This decision forms part of the Warsaw Framework for REDD-plus. For more information, see document FCCC/CP/2013/10, paragraph 44.

¹ <<http://unfccc.int/redd>>.

Decision 13/CP.19*

Guidelines and procedures for the technical assessment of submissions from Parties on proposed forest reference emission levels and/or forest reference levels

The Conference of the Parties,

Reaffirming that, in the context of the provision of adequate and predictable support to developing country Parties, Parties should collectively aim to slow, halt and reverse forest cover and carbon loss, in accordance with national circumstances, consistent with the ultimate objective of the Convention, as stated in its Article 2,

Noting the urgent need for enhanced training for developing country Parties in the assessment of forest reference emission levels and/or forest reference levels,

Recalling the provisions of decisions 4/CP.15, 1/CP.16 and 12/CP.17,

Also recalling that in accordance with decision 2/CP.17, paragraphs 66 and 67, both appropriate market-based approaches and non-market-based approaches could be developed to support the results-based actions by developing country Parties referred to in decision 1/CP.16, paragraph 73,

1. *Decides* that each submission referred to in decision 12/CP.17, paragraph 13, shall be subject to a technical assessment;
2. *Recalls* that in accordance with decision 12/CP.17, developing countries may, on a voluntary basis and when deemed appropriate, submit a proposed forest reference emission level and/or forest reference level, and that such proposed forest reference emission levels and/or forest reference levels might be technically assessed in the context of results-based payments;
3. *Adopts* the guidelines and procedures for the technical assessment of submissions from Parties on forest reference emission levels and/or forest reference levels contained in the annex;
4. *Requests* the secretariat to prepare a synthesis report on the technical assessment process, for consideration by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice after the first year of technical assessments;
5. *Invites* Parties, in particular developing country Parties, and, as appropriate, intergovernmental organizations to nominate technical experts with the relevant qualifications to the UNFCCC roster of experts;
6. *Also invites* Parties, in particular developed country Parties, and relevant international organizations to support capacity-building in relation to the development and assessment of forest reference emission levels and/or forest reference levels, taking into account the work of the Consultative Group of Experts on National Communications from Parties not included in Annex I to the Convention;
7. *Takes note* of the estimated budgetary implications of the activities to be undertaken by the secretariat as referred to in paragraphs 1 to 4 above;

* This decision forms part of the Warsaw Framework for REDD-plus. For more information, see document FCCC/CP/2013/10, paragraph 44.

8. *Requests* that the actions of the secretariat called for in this decision be undertaken subject to the availability of financial resources.

Annex

Guidelines and procedures for the technical assessment of submissions from Parties on proposed forest reference emission levels and/or forest reference levels

Guidelines for technical assessment

Objectives

1. The objectives of the technical assessment are:
 - (a) To assess the degree to which information provided by Parties is in accordance with the guidelines for submissions of information on forest reference emission levels and/or forest reference levels contained in the annex to decision 12/CP.17 for the construction of the forest reference emission levels and/or forest reference levels;
 - (b) To offer a facilitative, non-intrusive, technical exchange of information on the construction of forest reference emission levels and/or forest reference levels with a view to supporting the capacity of developing country Parties for the construction and future improvements, as appropriate, of their forest reference emission levels and/or forest reference levels, subject to national capabilities and policy.

Scope

2. The technical assessment of the data, methodologies, and procedures used by the developing country Party under assessment in the construction of its forest reference emission level and/or forest reference level in accordance with decision 12/CP.17, chapter II, and its annex, will assess the following:
 - (a) The extent to which the forest reference emission level and/or forest reference level maintains consistency with corresponding anthropogenic forest-related greenhouse gas emissions by sources and removals by sinks as contained in the national greenhouse gas inventories;
 - (b) How historical data have been taken into account in the establishment of the forest reference emission level and/or forest reference level;
 - (c) The extent to which the information provided was transparent, complete,¹ consistent and accurate, including methodological information, description of data sets, approaches, methods, models, if applicable, and assumptions used and whether the forest reference emission levels and/or forest reference levels are national or cover less than the entire national territory of forest area;
 - (d) Whether a description of relevant policies and plans has been provided, as appropriate;
 - (e) If applicable, whether descriptions of changes to previously submitted forest reference emission levels and/or forest reference levels have been provided, taking into account the stepwise approach;²

¹ Complete here means the provision of information that allows for the reconstruction of the forest reference emission levels and/or forest reference levels.

² Decision 12/CP.17, paragraph 10.

(f) Pools and gases, and activities included in the forest reference emission level and/or forest reference level, and justification of why omitted pools and/or activities were deemed not significant;

(g) Whether the definition of forest used in the construction of the forest reference emission level and/or forest reference level has been provided and, if it is different from the one used in the national greenhouse gas inventory or from the one reported to other international organizations, why and how the definition used was chosen;

(h) Whether assumptions about future changes to domestic policies have been included in the construction of the forest reference emission level and/or forest reference level;

(i) The extent to which the forest reference emission level and/or forest reference level value is consistent with the information and descriptions provided by the Party.

3. As part of the technical assessment process, areas for technical improvement may be identified and these areas and capacity-building needs for the construction of future forest reference emission levels and/or forest reference levels may be noted by the Party concerned.

4. The assessment team shall refrain from making any judgment on domestic policies taken into account in the construction of forest reference emission levels and/or forest reference levels.

Procedures for technical assessment

General procedures

5. Each submission will be technically assessed by an assessment team in accordance with the procedures and time frames established in these guidelines.

6. Each assessment team will conduct a thorough and comprehensive assessment of the submitted forest reference emission level and/or forest reference level and will prepare a report under its collective responsibility.

7. The technical assessment process will be coordinated by the secretariat. The assessment team will be composed of land use, land-use change and forestry (LULUCF) experts selected from the UNFCCC roster of experts. Participating experts will serve in their personal capacity and will be neither nationals of the Party undergoing the technical assessment nor funded by that Party.

8. In order to facilitate the secretariat's work, each Party should confirm to the secretariat, who their active experts on the LULUCF roster of experts are who will be able to participate in the technical assessment of forest reference emission levels and/or forest reference levels.

Composition of the assessment team

9. The secretariat shall ensure a balanced representation of LULUCF experts from developing and developed countries. The Consultative Group of Experts on National Communications from Parties not included in Annex I to the Convention may nominate one of its experts from a developing country Party with relevant expertise to participate in the technical assessment as an observer. Each submission shall be assessed by two LULUCF experts selected from the UNFCCC roster of experts, one from a developed country and one from a developing country.

Timing

10. Assessment sessions will be organized once a year. Submissions received no later than 10 weeks ahead of a session will be assessed at that session. The assessment sessions will take place in Bonn, Germany.
11. The secretariat should forward all relevant information to the assessment team at least eight weeks before the start of the assessment session.
12. Prior to the assessment session, the assessment team should identify any preliminary issues requiring clarifications from the Party, as appropriate.
13. The Party that submitted the forest reference emission level and/or forest reference level may interact with the assessment team during the assessment of its submission to provide clarification and additional information to facilitate the assessment by the assessment team.
14. The assessment team may seek additional clarifications from the Party no later than one week following the assessment session. This may result in the provision of technical inputs to the Party on the construction of its forest reference emission level and/or forest reference level. The Party is to provide clarifications to the assessment team no later than eight weeks following the request. As a result of the facilitative process referred to above, the Party may modify its submitted forest reference emission level and/or forest reference level in response to the technical inputs of the assessment team.
15. In the event that the Party modifies its submitted forest reference emission level and/or forest reference level in response to the technical inputs of the assessment team, the assessment team will consider this information within four weeks from the submission of the modified forest reference emission level and/or forest reference level.
16. The assessment team will prepare a draft report and make it available to the Party no later than 12 weeks³ following the assessment session. The report should include a short summary.
17. The Party will have 12 weeks to respond to the draft report of the assessment team.
18. The assessment team will prepare a final report within four weeks following the Party's response and the report will be sent to the secretariat for publication via the web platform on the UNFCCC website.⁴ The report should contain an assessed forest reference emission level and/or forest reference level and, if appropriate, areas identified for further technical improvement, and capacity-building needs if noted by the Party concerned, for the construction of future forest reference emission levels and/or forest reference levels, incorporating the Party's response.

*10th plenary meeting
22 November 2013*

³ In the case that a Party modifies its submitted forest reference emission level and/or forest reference level in accordance with paragraph 15, this period will be extended to no later than 16 weeks.

⁴ <<http://unfccc.int/redd>>.

Decision 14/CP.19*

Modalities for measuring, reporting and verifying

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 2/CP.13, 4/CP.15, 1/CP.16, 2/CP.17 and 12/CP.17,

Also recalling the relevant provisions of decisions 17/CP.8 and 2/CP.17 related to the provision of support for reporting,

1. *Decides* that measuring, reporting and verifying anthropogenic forest-related emissions by sources and removals by sinks, forest carbon stocks, and forest carbon stock and forest-area changes resulting from the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, taking into account paragraph 71(b) and (c) of that decision, is to be consistent with the methodological guidance provided in decision 4/CP.15, and any guidance on the measurement, reporting and verification of nationally appropriate mitigation actions by developing country Parties as agreed by the Conference of the Parties, and in accordance with any future relevant decisions of the Conference of the Parties;
2. *Recognizes* the need to develop capacities for measuring, reporting and verifying anthropogenic forest-related emissions by sources and removals by sinks, forest carbon stocks, and forest carbon stock and forest-area changes resulting from the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70;
3. *Decides* that the data and information used by Parties in the estimation of anthropogenic forest-related emissions by sources and removals by sinks, forest carbon stocks, and forest carbon stock and forest-area changes, as appropriate to the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, undertaken by Parties, should be transparent, and consistent over time and with the established forest reference emission levels and/or forest reference levels in accordance with decision 1/CP.16, paragraph 71(b) and (c) and chapter II of decision 12/CP.17;
4. *Agrees* that, consistent with decision 12/CP.17, paragraph 7, the results of the implementation by Parties of the activities¹ referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, measured against the forest reference emission levels and/or forest reference levels should be expressed in tonnes of carbon dioxide equivalent per year;
5. *Encourages* Parties to improve the data and methodologies used over time, while maintaining consistency with the established or, as appropriate, updated, forest reference emission levels and/or forest reference levels in accordance with decision 1/CP.16, paragraph 71(b) and (c);
6. *Decides* that, consistent with decision 1/CP.16 and decision 2/CP.17, annex III, the data and information referred to in paragraph 3 above should be provided through the biennial update reports by Parties, taking into consideration the additional flexibility given to the least developed countries and small island developing States;

* This decision forms part of the Warsaw Framework for REDD-plus. For more information, see document FCCC/CP/2013/10, paragraph 44.

¹ As per decision 1/CP.16, paragraph 70, a Party undertakes activities as deemed appropriate by it and in accordance with its respective capabilities and national circumstances, noting that significant pools and/or activities should not be excluded.

7. *Requests* developing country Parties seeking to obtain and receive payments for results-based actions, when submitting the data and information referred to in paragraph 3 above, through the biennial update reports, to supply a technical annex as per decision 2/CP.17, annex III, paragraph 19;
8. *Underlines* that the submission of the technical annex referred to in paragraph 7 above is voluntary and in the context of results-based payments;
9. *Decides* that the data and information provided in the technical annex referred to in paragraph 7 above shall be consistent with decisions 4/CP.15 and 12/CP.17 and follow the guidelines provided in the annex;
10. *Also decides* that, upon the request of the developing country Party seeking to obtain and receive payments for results-based actions, two land use, land-use change and forestry experts from the UNFCCC roster of experts, one each from a developing country and a developed country Party, will be included among the members selected for the technical team of experts;
11. *Further decides* that, as part of the technical analysis referred to in decision 2/CP.17, annex IV, paragraph 4, the technical team of experts shall analyse the extent to which:
- (a) There is consistency in methodologies, definitions, comprehensiveness and the information provided between the assessed reference level and the results of the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70;
 - (b) The data and information provided in the technical annex is transparent, consistent, complete² and accurate;
 - (c) The data and information provided in the technical annex is consistent with the guidelines referred to in paragraph 9 above;
 - (d) The results are accurate, to the extent possible;
12. *Decides* that the Party that submitted the technical annex may interact with the technical team of experts during the analysis of its technical annex to provide clarifications and additional information to facilitate the analysis by the technical team of experts;
13. *Also decides* that the two land use, land-use change and forestry experts referred to in paragraph 10 above may seek clarifications on the technical annex referred to in paragraph 7 above and that the Party should provide clarifications to the extent possible, in accordance with national circumstances and taking into account national capabilities;
14. *Agrees* that the land use, land-use change and forestry experts referred to in paragraph 10 above will develop, under their collective responsibility, a technical report to be published by the secretariat via the web platform on the UNFCCC website,³ containing:
- (a) The technical annex referred to in paragraph 7 above;
 - (b) The analysis of the technical annex referred to in paragraph 7 above;
 - (c) Areas for technical improvement identified, consistent with paragraph 5 above, as appropriate;
 - (d) Any comments and/or responses by the Party concerned, including areas for further improvement and capacity-building needs, if noted by the Party concerned, as appropriate;

² Complete means here the provision of information that allows for the reconstruction of the results.

³ <<http://unfccc.int/redd>>.

15. *Also agrees* that results-based actions that may be eligible to appropriate market-based approaches that could be developed by the Conference of the Parties, as per decision 2/CP.17, paragraph 66, may be subject to any further specific modalities for verification consistent with any relevant decision of the Conference of the Parties.

Annex

Guidelines for elements to be included in the technical annex referred to in decision 14/CP.19, paragraph 7

1. Summary information from the final report containing each corresponding assessed forest reference emission level and/or forest reference level, which includes:
 - (a) The assessed forest reference emission level and/or forest reference level expressed in tonnes of carbon dioxide equivalent per year (CO₂ eq);
 - (b) The activity or activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, included in the forest reference emission level and/or forest reference level;
 - (c) The territorial forest area covered;
 - (d) The date of the forest reference emission level and/or forest reference level submission and the date of the final technical assessment report;
 - (e) The period (in years) of the assessed forest reference emission level and/or forest reference level.
2. Results in tonnes of CO₂ eq per year, consistent with the assessed forest reference emission level and/or forest reference level.
3. Demonstration that the methodologies used to produce the results referred to in paragraph 2 above are consistent with those used to establish the assessed forest reference emission level and/or forest reference level.
4. A description of national forest monitoring systems and the institutional roles and responsibilities for measuring, reporting and verifying the results.
5. Necessary information that allows for the reconstruction of the results.
6. A description of how the elements contained in decision 4/CP.15, paragraph 1(c) and (d), have been taken into account.

*10th plenary meeting
22 November 2013*

Decision 15/CP.19*

Addressing the drivers of deforestation and forest degradation

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 2/CP.13, 1/CP.16 and 2/CP.17,

Noting the complexity of the problem, different national circumstances and the multiple drivers of deforestation and forest degradation,

Also noting that livelihoods may be dependent on activities related to drivers of deforestation and forest degradation and that addressing these drivers may have an economic cost and implications for domestic resources,

1. *Reaffirms* the importance of addressing drivers of deforestation and forest degradation in the context of the development and implementation of national strategies and action plans by developing country Parties, as referred to in decision 1/CP.16, paragraphs 72 and 76;
2. *Recognizes* that drivers of deforestation and forest degradation have many causes, and that actions to address these drivers are unique to countries' national circumstances, capacities and capabilities;
3. *Encourages* Parties, organizations and the private sector to take action to reduce the drivers of deforestation and forest degradation;
4. *Also encourages* all Parties, relevant organizations, and the private sector and other stakeholders, to continue their work to address drivers of deforestation and forest degradation and to share the results of their work on this matter, including via the web platform on the UNFCCC website;¹
5. *Further encourages* developing country Parties to take note of the information from ongoing and existing work on addressing the drivers of deforestation and forest degradation by developing country Parties and relevant organizations and stakeholders.

*10th plenary meeting
22 November 2013*

* This decision forms part of the Warsaw Framework for REDD-plus. For more information, see document FCCC/CP/2013/10, paragraph 44.

¹ <<http://unfccc.int/redd>>.

Decision 16/CP.21

Alternative policy approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 2/CP.17, paragraph 67, and 1/CP.18, paragraph 39,

1. *Notes* that methodological aspects related to non-market-based approaches as referred to in decision 1/CP.18, paragraph 39, have been addressed by decisions 9/CP.19 to 15/CP.19;
2. *Also notes* the references to alternative policy approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests, as referred to in decision 9/CP.19, and the need to provide clarity on such approaches as per this decision;
3. *Acknowledges* that alternative policy approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests, are subject to the methodological guidance contained in decision 4/CP.15, paragraph 1, as well as the guidance on safeguards and on systems for providing information on how the safeguards are being addressed and respected when addressing issues related to the reduction of emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks;
4. *Recognizes* that alternative policy approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests, are one of the alternatives to results-based payments, as referred to in decision 9/CP.19, that may contribute to the long-term sustainability of the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70;
5. *Decides* that developing country Parties seeking to receive support for the design and implementation of alternative policy approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests, may consider the following elements:
 - (a) Development of national strategies or action plans for the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, in order to support the integral and sustainable management of forests;
 - (b) Identification of support needs, including financial resources and technical and technological support;
 - (c) Development of proposals demonstrating how alternative policy approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests, are contributing to the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70;
 - (d) Consideration of outcomes and areas of improvement in accordance with national circumstances by using adaptive management and learning, as appropriate;
6. *Notes* that the financing entities referred to in decision 9/CP.19, paragraph 5, are encouraged to continue to provide financial resources, including through the wide variety of sources referred to in decision 2/CP.17, paragraph 65, for alternative policy approaches,

such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests;

7. *Invites* Parties that want to implement alternative policy approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests, to support the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, to share information via the web platform on the UNFCCC website;¹

8. *Decides* to conclude its consideration of alternative policy approaches, such as joint mitigation and adaptation approaches for the integral and sustainable management of forests, in the context of decision 1/CP.18, paragraph 39.

*10th plenary meeting
10 December 2015*

¹ <<http://unfccc.int/4531>>.

Decision 17/CP.21

Further guidance on ensuring transparency, consistency, comprehensiveness and effectiveness when informing on how all the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix I, are being addressed and respected

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 1/CP.16, 12/CP.17, 9/CP.19, 11/CP.19 and 12/CP.19,

Noting that the implementation of the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix I, and the information provided on how these safeguards are being addressed and respected should take into account national circumstances and respective capabilities and recognize national sovereignty and legislation and relevant international obligations and agreements,

Recalling the importance and necessity of adequate and predictable financial and technical support for developing all of the elements referred to in decision 1/CP.16, paragraph 71,

Also recalling that the monitoring and reporting of emissions displacement at the national level is agreed separately in decision 1/CP.16, paragraph 71(c),

1. *Reiterates* that, in accordance with decision 12/CP.17, paragraphs 1 and 3, developing country Parties undertaking the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, should provide a summary of information on how all the safeguards referred to in decision 1/CP.16, appendix I, are being addressed and respected throughout the implementation of those activities;

2. *Also reiterates* that the summary of information referred to in paragraph 1 above should be provided periodically, in accordance with decisions 12/CP.17 and 12/CP.19;

3. *Notes* that information on how all the safeguards are being addressed and respected should be provided in a way that ensures transparency, consistency, comprehensiveness and effectiveness;

4. *Decides* that developing country Parties should provide information on which activity or activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, are included in the summary of information referred to in paragraph 1 above, taking into account decision 12/CP.17, paragraphs 1 and 3, and decision 9/CP.19, paragraph 4;

5. *Strongly encourages* developing country Parties, when providing the summary of information referred to in paragraph 1 above, to include the following elements, where appropriate:

(a) Information on national circumstances relevant to addressing and respecting the safeguards;

(b) A description of each safeguard in accordance with national circumstances;

(c) A description of existing systems and processes relevant to addressing and respecting safeguards, including the information systems referred to in decision 12/CP.17, in accordance with national circumstances;

(d) Information on how each of the safeguards has been addressed and respected, in accordance with national circumstances;

6. *Encourages* developing country Parties to provide any other relevant information on the safeguards in the summary of information referred to in paragraph 1 above;

7. *Also encourages* developing country Parties to improve the information provided in the summary of information referred to in paragraph 1 above, taking into account the stepwise approach;

8. *Decides* that there is no need for further guidance pursuant to decision 12/CP.17, paragraph 6, to ensure transparency, consistency, comprehensiveness and effectiveness when informing on how all the safeguards are being addressed and respected.

*10th plenary meeting
10 December 2015*

Decision 18/CP.21

Methodological issues related to non-carbon benefits resulting from the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70

The Conference of the Parties,

Recalling decisions 1/CP.16, 1/CP.18 and 9/CP.19, paragraph 22,

Reaffirming the importance of incentivizing non-carbon benefits for the long-term sustainability of the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, recognized in decision 9/CP.19, paragraph 22,

Recognizing that multiple non-carbon benefits associated with the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, can contribute to adaptation,

1. *Recognizes* that non-carbon benefits associated with the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, are unique to countries' national circumstances, in accordance with national sovereignty, legislation, policies and priorities;
2. *Also recognizes* that, in line with their national circumstances and capabilities, developing country Parties seeking support for the integration of non-carbon benefits into activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, with a view to contributing to the long-term sustainability of those activities, may provide information addressing, inter alia, the nature, scale and importance of the non-carbon benefits;
3. *Encourages* developing country Parties to share the information referred to in paragraph 2 above via the web platform on the UNFCCC website;¹
4. *Invites* interested developing country Parties to communicate the information referred to in paragraph 2 above for consideration by interested Parties and relevant financing entities, as appropriate;
5. *Decides* that methodological issues related to non-carbon benefits resulting from the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70, do not constitute a requirement for developing country Parties seeking to receive support for the implementation of the actions and activities referred to in decision 1/CP.16 or results-based payments pursuant to decision 9/CP.19;
6. *Agrees* to conclude at this session the work on methodological issues related to non-carbon benefits from the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70.

*10th plenary meeting
10 December 2015*

¹ <<http://unfccc.int/4531>>.