



## Verso l'Atlante mondiale dell'Unburnable Carbon: cartografie e scenari di *phasing out* dai combustibili fossili in Nigeria

### *Toward the Global Atlas of Unburnable Carbon: cartography and scenario of phasing out from fossil fuels in Nigeria*

EDOARDO CRESCINI\*, EMANUELE CLEMENTE\*\*, <sup>1</sup>DANIELE CODATO\*, FRANCESCO FACCHINELLI\*\*\*, SALVATORE PAPPALARDO\*\*\*\*, GIUSEPPE DELLA FERA\*, ALBERTO DIANTINI\*\*\*\*, MASSIMO DE MARCHI\*\*\*\*

\*Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (ICEA), Università degli Studi di Padova, edoardo.crescinidimon-tevecchiobenedetti@phd.unipd.it; giuseppe.dellafera@unipd.it, \*\* Master di II livello in GIScience e Sistemi a Pilotaggio Remoto per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Università degli Studi di Padova; emanueleclemente91@gmail.com, \*\*\*Dipartimento di Scienze storiche, Geografiche e dell'Antichità (DiSSGeA), Università degli Studi di Padova, francesco.facchinelli@phd.unipd.it, \*\*\*\*Centro di Eccellenza Jean Monnet sulla Giustizia Climatica, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (ICEA), Università degli Studi di Padova, massimo.de-marchi@unipd.it; salvatore.pappalardo@unipd.it; alberto.diantini@gmail.com

#### Riassunto

La Nigeria è uno dei principali paesi esportatori di idrocarburi su scala mondiale, il primo a livello del continente Africano. Lo sviluppo del settore energetico fossile ha permesso negli ultimi vent'anni una forte crescita dei tassi economici e demografici. I benefici economici però sono ripartiti in modo ineguale tra la popolazione. Inoltre, le infrastrutture obsolete e le pratiche d'estrazione adottate hanno causato forti impatti ai danni delle comunità e degli ecosistemi locali, in particolare (ma non solo) nell'area del Delta del fiume Niger. Il presente studio, si inserisce all'interno del progetto di ricerca "L'Atlante Mondiale dell'Unburnable Carbon" e tramite la combinazione di un'analisi multi- criteriale in ambiente GIS, basata sui principi del Trattato di Non Proliferazione dei Combustibili Fossili, traccia possibili scenari futuri di sviluppo sostenibile e di mitigazione dei cambiamenti climatici in Nigeria, come alternativa al settore energetico fossile. L'analisi multi-criteriale ha permesso, quindi, di elaborare una valutazione di carattere ambientale, socio-economica e politica dell'attività petrolifera, proponendo possibili aree dove lasciare il petrolio nel sottosuolo in un'ottica di transizione energetica giusta.

#### Parole chiave

Unburnable Carbon, Analisi Multicriteriale, Transizione energetica giusta

#### Abstract

*Nigeria is one of the world's leading hydrocarbon exporting countries, the first on the African continent. The development of the fossil fuels energy sector has allowed for strong growth in economic and demographic rates over the past two decades. However, the economic benefits are unevenly distributed among the population. Furthermore, obsolete infrastructure and adopted extraction practices have caused severe impacts on local communities and ecosystems, particularly (but not only) in the Niger River Delta area. This study is part of the research project "The world Atlas of Unburnable Carbon, and through the combination of a multi-criteria analysis in a GIS environment, with the principles of Fossil Fuel Non Proliferation Treaty traces possible future scenarios for sustainable development and climate change mitigation in Nigeria as an alternative to the fossil energy sector. The multi-criteria analysis has, therefore, allowed for the development of an environmental, socio-economic and political assessment of oil activity, proposing possible areas where oil could be kept in the ground with a view to a just energy transition.*

#### Keywords

*Unburnable Carbon, Multi-criteria Analysis, Just Energy Transition*

<sup>1</sup> Corrisponding author: daniele.codato@unipd.it

## Introduzione

Gli ecosistemi naturali globali hanno subito una profonda e crescente influenza negli ultimi tre secoli a causa dell'attività umana (Cruzen, 2002). La temperatura globale media nel 2022 ha registrato un aumento di circa 1,15°C rispetto alla media annuale del periodo storico di riferimento (1850-1900). Gli ultimi otto anni sono i più caldi mai registrati dal 1850 (WMO, 2023). Le emissioni antropogeniche di gas climalteranti sono in continuo aumento e gli ultimi due anni (2021-2022) hanno registrato i picchi più alti da quando sono iniziate le misurazioni (WMO, 2023). L'attuale emergenza climatica è stata definita dal Segretario Generale delle Nazioni Unite António Guterres<sup>2</sup> un "codice rosso per l'umanità" e secondo l'ultimo rapporto dell'IPCC è inequivocabile l'influenza dell'attività umana sugli attuali cambiamenti climatici e i relativi impatti sugli ecosistemi e sulle società, che saranno probabilmente osservabili nei dati stratigrafici geologici per milioni di anni in futuro (IPCC, 2021; Lewis e Maslin, 2015). Per queste ragioni la crisi climatica è una delle sfide prioritarie da affrontare a livello globale e ha visto aumentare gli impegni della comunità internazionale in materia di politiche climatiche, tra cui l'Agenda per lo Sviluppo Sostenibile del 2030<sup>3</sup> lanciata dalle Nazioni Unite nel 2015 e gli obiettivi climatici prefissati dall'Accordo di Parigi di limitare l'innalzamento della temperatura media globale a 1,5°C o al massimo 2°C (UN, 2015). Tuttavia il *World Economic Forum* (WEF) nell'ultimo Global Risk Report evidenzia come i rischi di tipo ambientale, in particolare il fallimento delle politiche di mitigazione ed adattamento, siano rispettivamente al primo e al secondo posto tra i primi quattro rischi a livello probabilistico nella prossima decade (WEF, 2023). Infatti, malgrado gli impegni climatici internazionali delineati, nei sei anni successivi all'Accordo di Parigi, i sussidi al settore dei combustibili fossili da parte delle sessanta banche più importanti a livello mondiale hanno raggiunto i 4,6 trilioni di dollari; solamente nel 2021, sono stati investiti 742 miliardi (Rainforest Action Alliance et al., 2022). L'utilizzo dei combustibili fossili è, senza

dubbio, tra le maggiori cause dei cambiamenti climatici. Questo settore, infatti, è responsabile di oltre il 64% delle emissioni globali di gas climalteranti (GHG) e di circa il 90% delle emissioni totali di anidride carbonica nell'atmosfera terrestre (IPCC, 2021; SEI, 2021). Nel 1997, il report "*Fossil Fuel and Climate Protection: The Carbon Logic*" già mostrava che solamente sfruttando le riserve di idrocarburi economicamente recuperabili, quindi non quelle complessive a livello mondiale, si sarebbe superato di gran lunga il budget di carbonio prefissato per evitare scenari climatici futuri pericolosi e drastici (Hare, 1997). Successivamente, altri studi hanno evidenziato che, bruciando tutte le riserve di combustibili fossili esplorate ed accertate, si sarebbe ampiamente superato il budget di carbonio per rimanere al di sotto dei 2°C (Meinsahusen et al., 2009). McGlade e Ekins, nel 2015, invece, hanno calcolato le emissioni cumulative possibili di carbonio in termini di riserve di idrocarburi, per avere almeno il 50% di possibilità di raggiungere gli obiettivi definiti dall'Accordo di Parigi di limitare il riscaldamento globale ai 2°C. Successivamente, Welsby et al. (2021), hanno aggiornato quest'ultima ricerca, definendo le percentuali di combustibili fossili da non sfruttare per rimanere all'interno dello scenario di 1,5°C di riscaldamento globale. Nel loro studio, hanno definito le riserve di combustibili fossili non estraibili, le "*unburnable carbon areas*", non solo da un punto di vista quantitativo, ma anche alla scala di Paese. Infine, Trout et al. (2022) confermando le conclusioni del "*Net Zero by 2050*" pubblicato dall'*International Energy Agency* (IEA, 2022), hanno evidenziato che per restare al di sotto degli 1,5°C, devono essere sospesi immediatamente i sussidi per nuove concessioni e nuove esplorazione di riserve fossili, per utilizzarli nello smantellamento di concessioni già sviluppate e o in produzione.

## 1. L'estrazione e la produzione di combustibili fossili in aree tropicali

### 1.1 *Unburnable Carbon: dall'iniziativa Yasuni ITT al concetto di Yasunization*

Il concetto di "*Unburnable Carbon*" è stato coniato nel 2011 dalla *Carbon Tracker Initiative* per definire le riserve di combustibili fossili che dovrebbero rimanere inutilizza-

2 Website, [bit.ly/3XiLl44](https://bit.ly/3XiLl44), ultimo accesso 07/01/2023, Secretary-General's statement on the IPCC Working Group 1 Report on the Physical Science Basis of the Sixth Assessment

3 Website, <https://sdgs.un.org/goals>, ultimo accesso 10/01/2023

te, ovvero lasciate nel sottosuolo, in modo da rispettare il budget di carbonio e limitare il riscaldamento globale (Leaton et al., 2011). Ad oggi, le politiche di mitigazione per il clima, che riguardano quelle azioni volte ad aumentare i pozzi di carbonio e diminuirne le sorgenti (IPCC, 2014), si sono concentrate principalmente su politiche che riguardassero il *demand-side*, quindi, quelle che puntano a diminuire il consumo, riducendo la domanda di combustibili fossili. Recentemente, diversi studi si sono però focalizzati sull'importanza delle azioni climatiche di mitigazione di tipo *supply-side*, il cui obiettivo è, tramite processi partecipati, sviluppare percorsi di *phasing out* gradual, diminuire la produzione e mantenere nel sottosuolo le riserve di combustibili fossili (Lazarus e van Asselt, 2018). La riduzione di produzione di combustibili fossili e il raggiungimento di una transizione verso una società a zero emissioni con un sistema economico resiliente agli impatti climatici deve svilupparsi in un ambiente di cooperazione internazionale, che salvaguardi i diritti umani e della natura, incluso il diritto allo sviluppo per ogni popolazione del mondo (Robinson e Shine, 2018). Un esempio virtuoso ed emblematico, nonostante il suo fallimento in ambito di partnership internazionale, è stata l'iniziativa *Yasuni-ITT* avviata nel 2007 e promossa dallo stato Ecuadoriano, grazie alle forti pressioni esercitate dalle organizzazioni della società civile (Sovacool e Scarpaci, 2016). Questo progetto politico innovativo aveva come obiettivo principale di preservare e proteggere una delle aree più biodiverse, sia a livello biologico che culturale, dell'intera foresta Amazzonica, lasciando nel sottosuolo un quarto delle riserve totali di petrolio presenti in Ecuador (Bass et al., 2010; De Marchi et al., 2015). L'iniziativa ha previsto l'apertura di un fondo dedicato, con l'obiettivo di raccogliere 3,6 miliardi di dollari pari alla metà dei potenziali introiti che lo Stato ecuadoriano avrebbe ricavato dallo sfruttamento di queste risorse petrolifere (Vallejo et al., 2015). Al 2013, la campagna aveva raccolto circa 330 milioni di dollari, una cifra irrisoria rispetto al target prefissato e di conseguenza l'allora Presidente Rafael Correa dichiarò pubblicamente il fallimento dell'iniziativa *Yasuni-ITT* accusando i Paesi del Nord Globale di non supportare politiche ambientali innovative per il *phasing out* dai combustibili fossili e la conservazione della biodiversità (Sovacool e Scarpaci, 2016)<sup>4</sup>. Nonostante l'iniziativa non abbia avuto esito po-

<sup>4</sup> Durante la scrittura del manoscritto, le organizzazioni della società civile ecuadoriana, insieme agli accademici e ai movi-

sitivo ha comunque rappresentato una delle esperienze cruciali a livello mondiale per quanto riguarda le campagne di disinvestimento dalle fonti fossili, creando anche il termine "*yasunization (yasunizzazione)*". Tramite questa parola si vuole esprimere un concetto molto più ampio, connesso ad un modello di sviluppo replicabile in tutti quei contesti in cui si sovrappongano delle pianificazioni territoriali tra loro contrastanti, come ad esempio l'estrazione dei combustibili fossili e gli alti valori biologici e culturali presenti. Il termine *yasunizzazione* vuole promuovere un percorso di sviluppo che fermi i sussidi alle attività di estrazione dei combustibili fossili, in favore di politiche di mitigazione e di transizione energetica che preservino la biodiversità ecologica e culturale di un determinato territorio (Fierro, 2017). Nel 2019, è stata lanciata, a livello mondiale, una campagna per l'adozione del Trattato di Non Proliferazione dei Combustibili Fossili (*Fossil Fuel Non-Proiferation Treaty, FFNPT*), a cui hanno aderito organizzazioni della società civile, ricercatori, attori politici e numerose città. Il Trattato è basato su tre principi fondamentali: il primo è quello di terminare immediatamente le esplorazioni e le espansioni in nuove riserve di combustibili fossili; il secondo, riguarda l'eliminazione dei sussidi al settore degli idrocarburi, spostandoli verso alternative più sicure e sostenibili e smantellando le infrastrutture esistenti; infine, il terzo principio, prevede lo sviluppo di percorsi chiari e proattivi, in una partnership globale, per sostenere la transizione energetica equa e giusta dei paesi estrattivi. In questo contesto, si muove anche il Centro di Eccellenza Jean Monnet sulla Giustizia Climatica (progetto JM Erasmus+ 2020-2023) dell'Università degli Studi di Padova, tra le cui finalità, vi è il supporto a processi di transizione energetica tramite la creazione di scenari *unburnable* sia a livello geografico sia a livello di politiche di mitigazione. L'attuale lavoro in Nigeria è uno dei casi di studio esaminati nell'ambito del programma di ricerca del Centro. Si è realizzata un'analisi multi-criteriale in ambiente GIS per facilitare la geovisualizzazione e sostenere

menti indigeni sono riusciti, a seguito di una lotta decennale, a promuovere un referendum popolare per lasciare il petrolio sottoterra nel blocco ITT (Ishpingo, Tambococho e Tiputini). Il referendum si è tenuto il 20 agosto 2023 in concomitanza con le elezioni per il presidente della repubblica; il 59% dei votanti ha deciso di lasciare il petrolio sottoterra in quest'area. La vittoria del referendum popolare è un momento storico per i processi di transizione energetica e per la promozione di una gestione e una pianificazione delle risorse territoriali alternativa.

i processi decisionali volti al *phasing out* del settore energetico fossile in favore di strategie e percorsi di sviluppo sostenibili.

### 1.1.1 L'Atlante Mondiale dell'Unburnable Carbon

L'importanza di azioni climatiche di mitigazione basate sul diminuire la produzione di combustibili fossili e lasciarli nel sottosuolo è presente da una decina d'anni nella comunità scientifica e resa particolarmente visibile con il lavoro di McGlade e Ekins nel 2015 pubblicato sulla rivista *Nature*. Tuttavia, gran parte delle ricerche definiscono la quantità di combustibili fossili non estraibili, ma non la localizzazione di dettaglio. I metodi geografici e la cartografia, invece, possono fornire un importante supporto territoriale alle politiche di *phasing out* definendo il "dove" con diversi livelli di dettaglio.<sup>5</sup> In questa prospettiva il gruppo di ricerca "Cambiamenti Climatici, Territori, Diversità" dell'Università di Padova, dal 2015, sta sviluppando un Atlante mondiale dell'*Unburnable Carbon*. Il progetto non conta su finanziamenti specifici e quindi segue la tempistica discontinua della disponibilità di risorse umane. All'interno dell'Atlante vengono realizzati studi alla scala di Paese, con analisi geografiche in ambiente GIS per definire, in contesti ad alta diversità biologica e culturale, quali riserve di combustibili fossili lasciare nel sottosuolo. Ad oggi, sono state analizzate diverse aree della foresta Amazzonica, l'Italia e il Circolo Polare Artico, nuova frontiera di espansione ed esplorazione delle riserve petrolifere (Codato et al, 2023; Diantini, 2022; Codato et al, 2019; Facchinelli et al, 2019; Trivellato et al, 2019; Diantini et al, 2018; Diantini, 2016; De Marchi et al, 2015). I dati sono anche consultabili tramite la piattaforma Geonode<sup>6</sup> del Centro di Eccellenza Jean Monnet sulla Giustizia Climatica grazie al finanziamento dell'Unione Europea. L'atlante intende contribuire a salvaguardare i diritti umani delle popolazioni locali che subiscono i costi e gli impatti causati dal settore petrolifero, conservare la biodiversità presente in questi territori e supportare le politiche di mitigazione per contrastare i cambiamenti climatici. Inoltre, l'utilizzo degli strumenti della *GIScience* facilita la visualizzazio-

5 Webiste, <https://fossilfuel treaty.org/>, ultimo accesso 11/01/2023

6 Website, <https://research.climate-justice.earth/>

ne delle aree in cui non estrarre i combustibili fossili e di conseguenza la possibilità di ideare scenari di transizione energetica e di *phasing out*. L'Atlante dell'*Unburnable Carbon*, in una prospettiva geografica trans-scalare, rende visibili le aree prioritarie nelle quali il non utilizzo delle riserve di idrocarburi genera molteplici benefici sociali e ambientali, promuove la giustizia climatica e sociale e attiva possibili percorsi di sviluppo sostenibile per contrastare l'attuale crisi climatica in atto.

### 1.2 Il caso studio delle attività di estrazione petrolifera in Nigeria

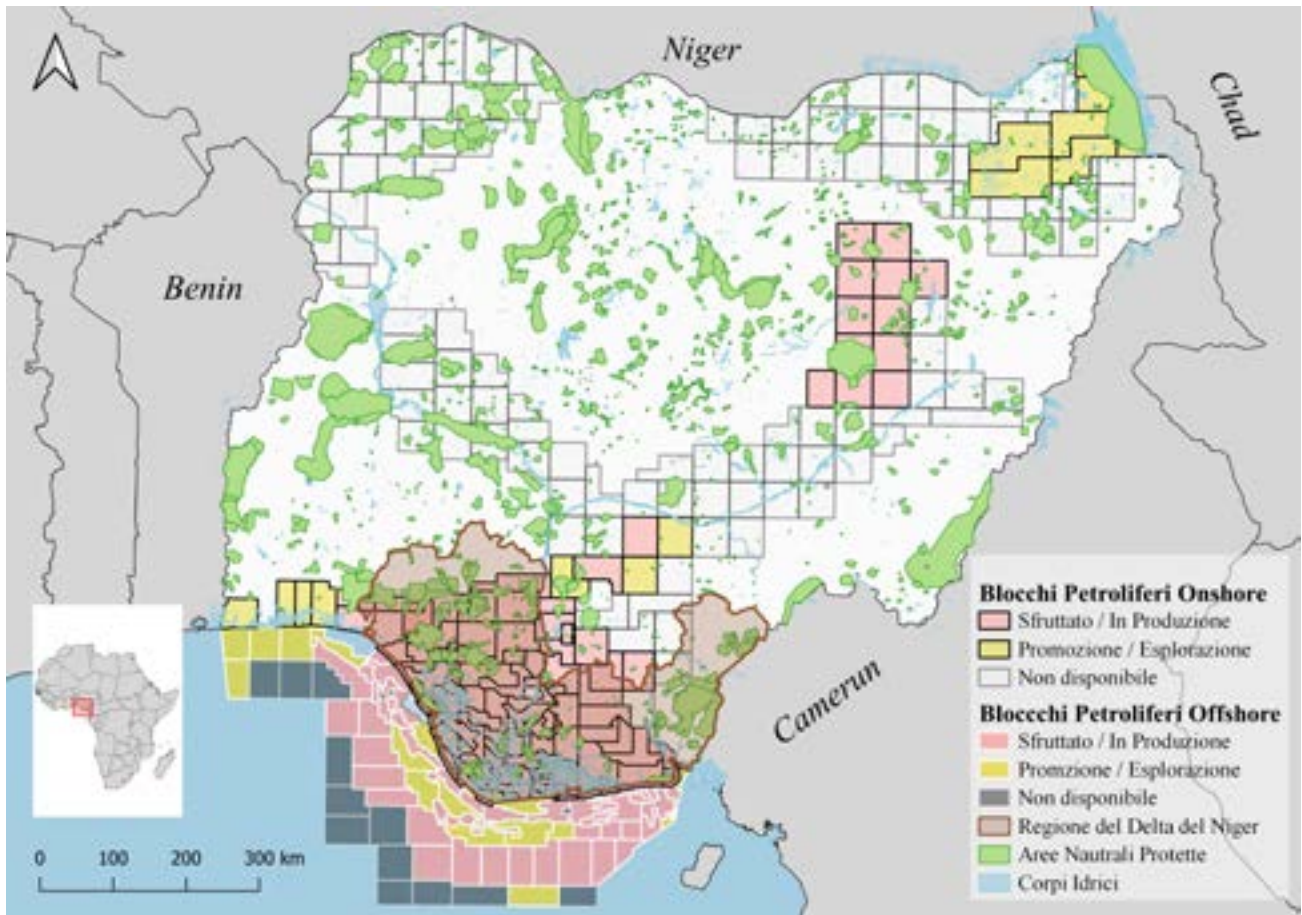
La Nigeria è il paese più popoloso del continente africano, localizzato nella fascia tropicale della regione subsahariana e si affaccia sul golfo di Guinea (Ebiare e Zejiao, 2010). La sua estensione (circa 900 milioni di km<sup>2</sup>) determina una notevole variabilità climatica ed ecosistemica, con i confini settentrionali a ridosso del deserto del Sahara (Niger e Chad) e le aree centro-meridionali ricoperte da foreste tropicali (Fig.1). Lo stato nigeriano presenta al suo interno circa 900 km<sup>2</sup> di corpi idrici ed è attraversato dal fiume Niger, il terzo bacino fluviale del continente africano e il principale nell'Africa occidentale (Ebiare e Zejiao, 2010, Ibitoye, 2021). Il fiume Niger, grazie alla sua foce a delta, da origine alla Regione del Delta del Niger che si estende per circa 70.000 km<sup>2</sup> nel sud del paese (Ebegbulem et al., 2013). Questa zona, oltre ad essere densamente popolata, presenta una ricca varietà di ecosistemi, tra cui la regione paludosa più estesa del continente Africano e la terza a livello mondiale (Ayanlade e Proske, 2015). È un *hotspot* di biodiversità essenziale da conservare ospitando il 60% di tutta la flora e la fauna presente in Nigeria ed una risorsa di sostentamento per le comunità locali da cui ricavano parte del proprio reddito direttamente da attività ittiche ed agricole (Adekola et al., 2015; Ibeanu, 2000). Non solo, anche su scala mondiale, la Regione del Delta del Niger ha un'alta priorità di conservazione e salvaguardia visti gli alti valori di diversità biologica e culturale, con la presenza di svariate specie endemiche (IUCN, 2013).

Dal punto di vista economico, invece, la Nigeria è il principale produttore petrolifero del continente, con un'esportazione media giornaliera di circa 2 milioni di barili (IEA, 2022; Anejionu et al., 2015). Il settore petrolifero rappresenta più del 95% dei proventi generati dalle risorse esportate e circa il 40% del prodotto interno lordo (PIL) (Elum et al., 2016). L'esplorazione petrolifera in Nigeria

iniziò nei primi anni del 1900, per poi consolidarsi ed estendersi nel 1950, con la scoperta di numerosi giacimenti petroliferi (Anejonu et al., 2015). La Regione del Delta del fiume Niger è una delle regioni chiave, in cui

sono presenti le più grandi riserve di idrocarburi, circa 80% e dove si sono sviluppate la maggior parte delle attività estrattive petrolifere (Fig.1) (Adekola et al., 2015).

FIGURA 1 – Inquadramento geografico dell'area di studio: la Nigeria, compresi gli elementi naturali (aree protette e i corpi idrici) e lo status dei blocchi petroliferi categorizzati in base all'attività.



FONTE : elaborazione in QGIS degli autori dei dati territoriali presentati nel capitolo Materiali e Metodi.

La sovrapposizione tra le attività di estrazione petrolifera e le aree ad alta sensibilità ecologica e culturale ha generato numerosi impatti socio-ambientali dovuti alla costruzione di infrastrutture petrolifere, sversamenti petroliferi, esplosioni di oleodotti ed attività di *gas flaring*, che hanno causato gravi problemi sanitari e socio-economici, dalla distruzione della flora e della fauna selvatica, all'inquinamento dell'aria, del suolo e dell'acqua, con un conseguente degrado della fertilità dei suoli e un calo di resa nelle attività agricole ed ittiche (Ugochkwu, 2008; Aghalino, 2010; Elum et al., 2016). Le diverse progettualità nell'area hanno generato conflitti socio-ambientali, ad oggi ancora in corso, tra le comunità locali, gli enti statali e il settore petrolifero (Oka, 2017). Attualmente, l'80% del consumo energetico in Nigeria dipende dai combustibili fossili, nello specifico gas naturale e petrolio (Akorede, et al., 2017). I piani e le politiche energetiche nazionali mirano però ad incentivare l'uso di energie rinnovabili come l'eolico, il solare, l'idroelettrico e l'utilizzo di biomasse per ridurre la dipendenza dal settore fossile. Il *Renewable Energy Master Plan* (REMP), adottato a livello nazionale nel 2005, ha come obiettivo principale quello di implementare l'utilizzo della produzione di energia elettrica attraverso fonti rinnovabili fino al 36% a livello nazionale entro il 2030<sup>7</sup> ed anche aumentare l'accesso all'energia sia nelle aree urbane che rurali. Ad oggi, secondo i dati della World Bank, il 40% della popolazione del paese non ha accesso all'elettricità, un paradosso vista la quantità di combustibili fossili estratti.<sup>8</sup>

### 1.3 Gli obiettivi della ricerca

L'obiettivo generale di questa ricerca è stato quello di progettare e definire un possibile scenario futuro di transizione energetica e di mitigazione dei cambiamenti climatici in Nigeria, attuando azioni di *phasing out* dal settore energetico fossile e promuovendo, invece, alternative di sviluppo sostenibile. Nello specifico, l'obiettivo dello studio ha riguardato la costruzione di un *geodatabase* in ambiente GIS che ha permesso anzitutto

di geovisualizzare e comprendere la sovrapposizione tra le aree legate al settore energetico fossile e quelle a carattere naturale e culturale (aree protette, infrastrutture per lo sviluppo umano). Dopodiché, tramite la combinazione di un'analisi multi-criteriale (MCDA) e i principi del *Fossil Fuel Non-Proliferation Treaty*, vengono formulate valutazioni di carattere ambientale, socio-economico e politico delle attività petrolifere, designando possibili aree dove lasciare il petrolio nel sottosuolo in un'ottica di una pianificazione e gestione della transizione energetica giusta a supporto di un percorso alternativo di sviluppo sostenibile.

## Materiali e Metodi

### 2.1. Analisi spaziale Multi-criteriale (Multiple Criteria Decision Analysis – MCDA): dove lasciare i combustibili fossili nel sottosuolo in Nigeria

Per geovisualizzare scenari alternativi alla produzione di combustibili fossili, l'analisi spaziale deve considerare non solo gli aspetti e gli impatti legati alla produzione ed alle infrastrutture presenti, ma anche ai parametri sociali ed ambientali di un determinato territorio. L'analisi spaziale multicriteriale (MCDA) permette di realizzare simulazioni basate su possibili scenari di estrazione, definendo quali blocchi petroliferi siano i più idonei a terminare la loro attività di produzione. Esmail e Geneletti (2018) considerano la MCDA una metodologia di sintesi efficace ed efficiente della conoscenza per supportare i processi decisionali, vagliando ed esplorando le diverse alternative possibili. I tre elementi chiave di un'analisi MCDA sono: i decisori, i criteri e gli scenari alternativi definiti in base alla pesatura dei criteri. I decisori (*decision maker*) hanno la responsabilità di effettuare scelte, definendone l'obiettivo da raggiungere; il decisore può essere sia un singolo individuo che un gruppo di attori territoriali (Malczewski e Rinner, 2015). I criteri possono essere di varia natura (geografica, sociale, ambientale, economica, ecc.) e permettono di rappresentare in modo adeguato il carattere multicriteriale delle decisioni da intraprendere (Keeney, 1992). Infine, l'ultimo elemento, riguarda le possibili alternative decisionali, ossia un ventaglio di possibili azioni (o elementi) tra le quali scegliere, sulla base dei criteri selezionati (Malczewski e Rinner, 2015). L'analisi MCDA è un primo importante strumento decisionale per pianificare, gestire e

<sup>7</sup> Website, <https://www.iea.org/policies/4967-renewable-energy-master-plan>, ultimo accesso 03/12/2023

<sup>8</sup> Website, <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=NG>, ultimo accesso 03/12/2023

realizzare un percorso di transizione energetica equa verso un sistema socio-economico *carbon-neutral* che si basi sui principi della giustizia climatica. In particolare, è fondamentale garantire i diritti umani ed ambientali dei Paesi estrattivi ed in generale di quelli in via di sviluppo, incentivando la comunità internazionale a cooperare in una *partnership* globale per promuovere alternative e percorsi di sviluppo sostenibile (Robinson e Shine, 2018). Con la presente analisi, si è voluto prendere in considerazione i diversi elementi spaziali e non che compongono l'area di studio. Si sono quindi raccolti sia dati economici, riguardanti le infrastrutture energetiche rinnovabili e quelle legate al settore degli idrocarburi, ma anche dati sui fattori naturali e socio-culturali, come le aree protette, i corpi idrici (laghi, fiumi, ecc.) e le infrastrutture basilari per lo sviluppo umano (scuole, cliniche, ospedali e pozzi acquiferi). Nello specifico, quest'ultimi dati sono stati impiegati per elaborare un indice di dotazione dei servizi basilari (servicesso in Tab. 1). Tale indice è normalizzato tra un

minimo di 0 e un massimo di 1, indicando quante infrastrutture basilari per lo sviluppo umano sono presenti nell'area coincidente con un determinato blocco petrolifero.

## 2.2 La costruzione del geodatabase in GIS e il modello GEOTOPSIS

La metodologia adottata ha visto la combinazione dell'analisi multicriteriale e l'utilizzo di strumenti GIS, permettendo di spazializzare e geovisualizzare gli scenari alternativi di sviluppo e di transizione energetica della Nigeria (Malczewski e Rinner, 2015). La definizione dei criteri e dei diversi tematismi è avvenuta tramite la raccolta e la selezione di una gamma di dati aperti spaziali e non, relativi al settore dei combustibili fossili, alle proprietà ed alle caratteristiche ecologiche, sociali, economiche e infrastrutturali del Paese esaminato, ossia la Nigeria.<sup>9</sup> Tutti i tematismi utilizzati all'interno dell'analisi MCDA sono stati ottenuti da diversi database di enti intergovernativi, nazionali e repository (Tab.1).

TABELLA 1 – Fonti e dettagli dei tematismi (Metadati)

Nome variabile	Descrizione	Fonte
BlockID	Identificativo governativo del blocco petrolifero	<a href="https://github.com/OpenOil-UG/concessionsmap/blob/master/concessions/data/NG_contra_cts+.geojson?short_path=00b1c96">https://github.com/OpenOil-UG/concessionsmap/blob/master/concessions/data/NG_contra_cts+.geojson?short_path=00b1c96</a>
BlockName	Nome del blocco	<a href="https://github.com/OpenOil-UG/concessionsmap/blob/master/concessions/data/NG_contra_cts+.geojson?short_path=00b1c96">https://github.com/OpenOil-UG/concessionsmap/blob/master/concessions/data/NG_contra_cts+.geojson?short_path=00b1c96</a>
Company	Compagnia petrolifera	<a href="https://github.com/OpenOil-UG/concessionsmap/blob/master/concessions/data/NG_contra_cts+.geojson?short_path=00b1c96">https://github.com/OpenOil-UG/concessionsmap/blob/master/concessions/data/NG_contra_cts+.geojson?short_path=00b1c96</a>
Status	Status della concessione	<a href="https://github.com/OpenOil-UG/concessionsmap/blob/master/concessions/data/NG_contra_cts+.geojson?short_path=00b1c96">https://github.com/OpenOil-UG/concessionsmap/blob/master/concessions/data/NG_contra_cts+.geojson?short_path=00b1c96</a>

<sup>9</sup> I criteri scelti per l'analisi multi-criteriale svolta nel presente studio sono di tipo: sociale, ambientale e produttivo per quanto riguarda il settore energetico, con un focus particolare sul settore fossile e le sue infrastrutture. I dati sociali utilizzati riguardano principalmente la popolazione nei singoli blocchi, i servizi e il tasso di povertà. Si è scelto di non considerare la densità di popolazione perché si è voluto concentrare l'indagine principalmente sul fattore di povertà che è un elemento fondamentale per pianificare la just transition, secondo i tre principi del FFNPT. I dati utilizzati rappresentano le informazioni spaziali che durante l'analisi è stato possibile ricercare con indici, valori e fonti valide. Non sono state considerate le attività agricole e gli impatti alle falde, in quanto, il primo dato di Land Cover prodotto dalla FAO ha un livello di dettaglio rispetto alle unità di analisi troppo basso. Mentre, per quanto riguarda il dato spaziale degli impatti nelle falde acquifere non si è stato possibile reperire dati spaziali al di fuori degli sversamenti petroliferi, inoltre questa tipologia di dati difficilmente viene prodotta da enti intergovernativi o agenzie nazionali, quindi sarebbe comunque importante verificarne l'attendibilità.

Areablock	Area del blocco in km2	Elaborazione personale in QGIS
pipekmsum	Lunghezza oleodotti	Energydata
Km2pctdare	Aree naturali protette (km2)	IUCN database ( <a href="https://www.iucn.org/theme/protected-areas/our-work/world-database-protected-areas">https://www.iucn.org/theme/protected-areas/our-work/world-database-protected-areas</a> )
Poors_mean	Numero medio di poveri nel blocco (2016)	Energydata (WB survey)
Povrate_me	Tasso medio di povertà nel blocco (2016)	Energydata (WB survey)
Pop16_mean	Popolazione media nel blocco (2016)	Energydata (WB survey)
Flares	Numero di flares nel blocco	NOSDRA (National Oil Spill Detection and Response Agency)
#Oilspills	Numero di sversamenti petroliferi (oil spills) nel blocco	NOSDRA (National Oil Spill Detection and Response Agency)
Areawater_	Area dei corpi idrici (km2)	Open Street Map (OSM)
Dams_act&p	Numero di dighe (progettate ed esistenti)	RCMRD Geonode Portal <a href="http://geoportal.rcmrd.org/layers/servir%3Aafrica_dams">http://geoportal.rcmrd.org/layers/servir%3Aafrica_dams</a>
Num_oilpla	Numero di impianti petroliferi	Dimitris Mentis ex USGS, 2015
Num_Waterf	Numero di fonti idriche (pozzi, fontane, ecc.)	<a href="http://nmis.mdgs.gov.ng/">http://nmis.mdgs.gov.ng/</a>
lengthwate	Lunghezza fiumi (km)	OSM
#edufacil	Numero di strutture educative	World Bank, 2015; <a href="https://www.worldbank.org/en/country/nigeria">https://www.worldbank.org/en/country/nigeria</a>
#healthfac	Numero di strutture sanitarie	World Bank, 2015; <a href="https://www.worldbank.org/en/country/nigeria">https://www.worldbank.org/en/country/nigeria</a>
#NREpowpla	Numero impianti di energia non rinnovabile (gas, carbone)	KTH Division of Energy Systems Analysis, from AfDB and OSM (2015)
#RE_powerp	Numero impianti energia rinnovabile (solare, idrico, eolico, biomassa)	KTH Division of Energy Systems Analysis, from AfDB and OSM (2015)
sumlengthe	Lunghezza reti di trasmissione energia elettrica	KTH Division of Energy Systems Analysis, from AfDB and OSM (2015)
flarquantF	Quantità (stimata) di carburante bruciato durante gli episodi di flare	NOSDRA (National Oil Spill Detection and Response Agency)
Produzione	Produzione petrolifera annua	Ministry of Niger Dela Affair , <a href="http://mnda.gov.ng/mnda/">http://mnda.gov.ng/mnda/</a> ; <a href="http://oilrevenue.org/oil-producing-states-3/">http://oilrevenue.org/oil-producing-states-3/</a>
Sumkm2ddl	Lunghezza totale linee di sismica 2d (km)	Ottenuto tramite: 1) georeferenziazione di cartografie ministeriali; 2) digitalizzazione degli elementi lineari; 3) Intersezione e statistic by category; 4) Join tabellare
servicessco	Indice di sviluppo dei servizi base	Punteggio standardizzato ottenuto tramite PCA, utilizzando le variabili #edufacil,#healthfac, Num_Waterf

FONTE: elaborazione personale



Il dato spaziale delle concessioni petrolifere all'interno dello stato nigeriano è stato utilizzato come un'unità di analisi per definire possibili scenari alternativi. I dati afferenti ai diversi criteri, precedentemente citati, sono stati importati come file vettoriali all'interno del software *open-source* QGIS ed ogni geodato è stato riproiettato nel sistema di riferimento del progetto di ricerca EPSG 26393 Minna/ Nigeria Est Belt. In seguito, si sono considerate solamente le geometrie a livello nazionale di ogni singolo *shapefile*, eseguendo, qualora fossero presenti dati a livello regionale o sub-regionale, un'intersezione tra il singolo criterio e il vettore dei confini amministrativi nazionali, in modo da omogeneizzare tutte le geometrie. I dati spaziali sono stati poi processati in modo da ottenere un valore che non fosse quello assoluto, ma relativo in base al livello di sovrapposizione presente nelle diverse unità di analisi. Questa elaborazione ha permesso, quindi, di uniformare il valore dei singoli criteri all'interno dei blocchi in modo che il loro peso all'interno dell'analisi MCDA non fosse basato sulla dimensione delle singole aree delle concessioni petrolifere presenti nel territorio. All'interno del *geodatabase* impiegato per sviluppare l'analisi MCDA, sono presenti tre macro-tematismi principali, in cui si sono divisi i diciannove criteri utilizzati. I macro-tematismi, quindi, sono stati divisi in: "ambientali", che riguardano le risorse idriche (fiumi, laghi, ecc.), le aree naturali protette e gli impatti generati dal settore dell'industriale fossile che riguardano principalmente le attività di *gas flaring* e il numero di sversamenti petroliferi. Tra il 2008 e il 2017, secondo i dati provenienti dal National Oil Spill Detection and Response Agency (NOSDRA)<sup>10</sup> sono stati rilasciati nell'ambiente circa 579.836 barili di greggio e fanghi oleosi, che il più delle volte non sono stati bonificati. Il secondo macro-tematismo, invece, è legato ai criteri sociali in cui sono stati inseriti tutti i servizi basilari per lo sviluppo umano (scuole, ospedali ed infrastrutture idriche come pozzi e fontane) da cui è stato in seguito elaborato un indice di dotazione di servizi (*servicessco*). Dopodiché sempre al suo interno sono presenti anche dati spaziali riguardanti le reti elettriche e le infrastrutture energetiche rinnovabili come eolico, idroelettrico, solare, ecc. Altri aspetti presenti riguardano dati demografici relativi alla popolazione media all'interno delle unità di analisi, al numero medio di persone con un reddito inferiore alla soglia di povertà e il tasso

medio di povertà all'interno di ogni area coincidente con il blocco petrolifero. L'ultimo macro-tematismo riguarda i criteri produttivi, quindi, tutti quei dati spaziali legati alle infrastrutture e agli impianti di produzione dei combustibili fossili. Successivamente, una volta creato e strutturato il *geodatabase*, si è proceduto con l'analisi MCDA in ambiente GIS attraverso il *plugin* "VectorMCDA" che permette di utilizzare il metodo GEOTOPSIS – *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Situation*. Il modello scelto si basa su quattro elementi principali: il peso relativo tra i vari criteri, che per questo lavoro vengono considerati tutti aventi lo stesso peso, la preferenza (beneficio/costo) e la creazione di uno scenario ideale positivo (*ideal point*) ed uno ideale negativo (*worst point*) che si rifanno ai valori massimi e minimi dei criteri utilizzati. Il concetto base di questo metodo è che i valori delle variabili utilizzate si basano sulla distanza Euclidea delle misure massime e minime dei criteri.<sup>10</sup> Quest'ultima deve essere minima dallo scenario ideale positivo e massima da quello negativo (Triantaphyllou, 2000). Nello specifico, lo scenario ideale positivo massimizza i criteri di beneficio e minimizza quelli di costo, viceversa quello negativo (Hwang e Yoon, 1981). Quindi, in quest'analisi per prima cosa si sono divisi i criteri da utilizzare a seconda che si considerino i blocchi onshore ed offshore. Dopodiché, si sono definiti gli status per ogni criterio, quindi se fossero intesi come costo o beneficio (Tab. 2), attribuendo un valore massimo per i criteri di beneficio ed un valore minimo nel caso dei criteri di costo.

<sup>10</sup> Website, <https://nosdra.oilspillmonitor.ng/oilspillmonitor.html>, ultimo accesso 10/12/2023

TABELLA 2 – Lista dei criteri utilizzati per l'analisi MCDA: descrizione, unità di misura, tematismo di appartenenza e status.

Blocchi Onshore			
Criterio	Descrizione (unità di misura)	Tematismo	Status
Oleodotti	Densità oleodotti (km/km <sup>2</sup> )	Produttivo	Costo
Impianti petroliferi	Densità di impianti petroliferi (n/km <sup>2</sup> )	Produttivo	Costo
Impianti di energia fossile	Densità di impianti relativi alla produzione di gas e carbone (n/km <sup>2</sup> )	Produttivo	Costo
Aree protette	Percentuale di aree Naturali Protette (%)	Ambientale	Beneficio
Risorse Idriche	Percentuale di corpi idrici (%)	Ambientale	Beneficio
Siti di Gas Flaring	Densità di siti di flares nel blocco (n/km <sup>2</sup> )	Ambientale	Costo
Sversamenti Petroliferi	Densità di oil spills nel blocco (n/km <sup>2</sup> )	Ambientale	Costo
Entità delle attività di gas flaring	Densità della quantità (stimata) di gas bruciato durante le attività di flaring (quantità/km <sup>2</sup> )	Ambientale	Costo
Scuole	Densità di strutture educative (n/km <sup>2</sup> )	Sociale	Beneficio
Strutture sanitarie	Densità di strutture sanitarie (n/km <sup>2</sup> )	Sociale	Beneficio
Fonti idriche	Densità di fonti idriche: pozzi, fontane, ecc. (n/km <sup>2</sup> )	Sociale	Beneficio
Dighe	Densità di dighe: progettate ed esistenti (n/km <sup>2</sup> )	Sociale	Beneficio
Impianti di energia rinnovabile	Densità di impianti di energia rinnovabile: solare, eolico, idrico e biomassa (n/km <sup>2</sup> )	Sociale	Beneficio
Lunghezza Reti Elettriche	Densità delle reti di trasmissione di energia elettrica (km/km <sup>2</sup> )	Sociale	Beneficio
Indice di servizi base	vedere il paragrafo 2.2 del capitolo Materiale e Metodi	Sociale	Beneficio
Popolazione	Popolazione media all'interno dei blocchi (2016)	Sociale	Beneficio
Povertà media	Numero medio di popolazione povera nei blocchi (2016)	Sociale	Beneficio
Tasso di povertà	Tasso medio di povertà nei blocchi (2016)	Sociale	Beneficio
Oleodotti	Densità di oleodotti (km/km <sup>2</sup> )	Produttivo	Costo
Linee di sismica	Densità delle linee di sismica (km/km <sup>2</sup> )	Produttivo	Costo
Siti di Gas Flaring	Densità di siti di flares nel blocco (n/km <sup>2</sup> )	Ambientale	Costo
Sversamenti Petroliferi	Densità di oil spills nel blocco (n/km <sup>2</sup> )	Ambientale	Costo
Entità delle attività di gas flaring	Densità della quantità (stimata) di gas bruciato durante le attività di flaring (quantità/km <sup>2</sup> )	Ambientale	Costo

FONTE: elaborazione degli autori

### 2.3 La normalizzazione degli scenari tematici e delle analisi MCDA

Al fine di implementare uno studio più esaustivo riguardante i diversi tematismi ed i singoli criteri, si è voluto per prima cosa produrre diversi scenari di analisi MCDA rispetto ai tre tematismi presenti all'interno del *geodatabase*. Questo ha permesso di geovisualizzare e comprendere come si distribuivano i criteri sociali, ambientali e produttivi all'interno delle singole concessioni petrolifere, definendo in questo modo una gerarchia che classificasse le unità di analisi rispetto ai tre tematismi. Successivamente, unicamente per quanto riguarda le unità di analisi presenti all'interno della Regione del Delta del Niger si sono svolti due ulteriori passaggi: il primo è stata la normalizzazione degli scenari tematici rispetto ai valori massimi e minimi delle singole analisi MCDA. Questo passaggio, ha permesso di uniformare ed omogenizzare i valori delle tre differenti analisi all'interno di una scala numerica che va da 0 a 1 ed in cui il valore massimo riguarda il blocco migliore per la tipologia di tematismo presa in considerazione e col valore minimo invece si osserva il caso contrario. Il secondo passo, invece, ha riguardato la creazione di un'ulteriore analisi MCDA che tenesse conto ed unisse i tre scenari tematici per realizzare lo scenario di phase out dal settore fossile per la Regione del Delta del Niger. Quest'ultima si è realizzata tramite l'utilizzo del "Calcolatore di Campi" in ambiente QGIS e sottraendo al tematismo produttivo quello sociale ed ambientale sommati insieme.

## 3. Risultati

In questo paragrafo verranno presentati i diversi scenari costruiti tramite la combinazione tra l'analisi MCDA (usando il modello GEOTOPSIS) ed i tre principi proposti dal Trattato di Non Proliferazione dei Combustibili Fossili (FFNPT in inglese). Il trattato è un'iniziativa promossa dalle organizzazioni della società civile, dai movimenti per la giustizia climatica ed indigeni, che si ispira al trattato di non proliferazione delle armi nucleari. La campagna internazionale intende stimolare gli Stati ad approvare, nel quadro della *governance* climatica internazionale, un trattato vincolante che obblighi a non creare nuove concessioni fossili (non proliferazione), al *phasing out* delle concessioni attive (disarmo) e a giuste

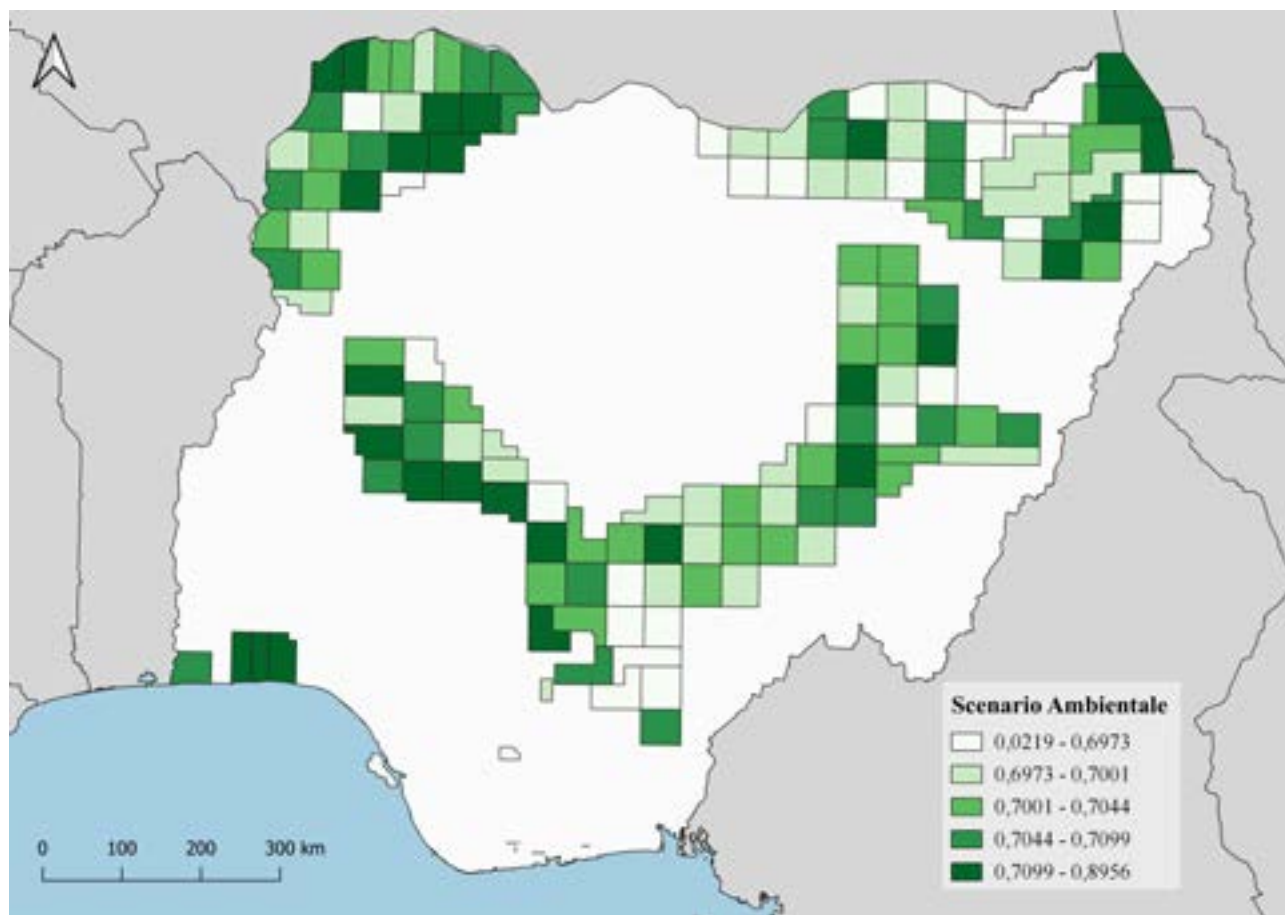
forme di compensazioni per i paesi e le comunità legati alla produzione di combustibili fossili (transizione giusta). Dato il diverso numero di tematismi e di dati, che in alcune aree si sono rivelati poco esaustivi, si è voluto dividere il seguente paragrafo in due sezioni: la prima riguardante un'analisi socio-ambientale dei blocchi e di *phasing out* dei blocchi *onshore* ed *offshore* che tenesse conto sia dei criteri produttivi e degli impatti causati dal processo estrattivo delle risorse fossili. Mentre, la seconda parte dei risultati presenta un'analisi MCDA dell'intera Regione del Delta del Niger, che oltre a risultare l'area più importante sia per i livelli di estrazione di combustibili fossili che per i suoi alti valori biologici e culturali, è anche quella che presenta il maggior numero di criteri ed informazioni spaziali disponibili per i tre macro-tematismi all'interno del *geodatabase* utilizzato.

### 3.1 Gli scenari socio-ambientali e produttivi dei blocchi *onshore* ed *offshore*

A seguito dell'elaborazione dei tematismi ambientali e sociali all'interno del *geodatabase*, mediante l'analisi MCDA, si sono definiti i due scenari, ambientale e sociale per i blocchi petroliferi *onshore*, presenti nelle cartografie 2a e 2b. Dato che in questi blocchi non è presente, se non a livelli minimi, l'estrazione e la produzione di combustibili fossili, si è voluto indagare e porre maggiormente l'attenzione invece agli aspetti ambientali e sociali di questa porzione di territorio.

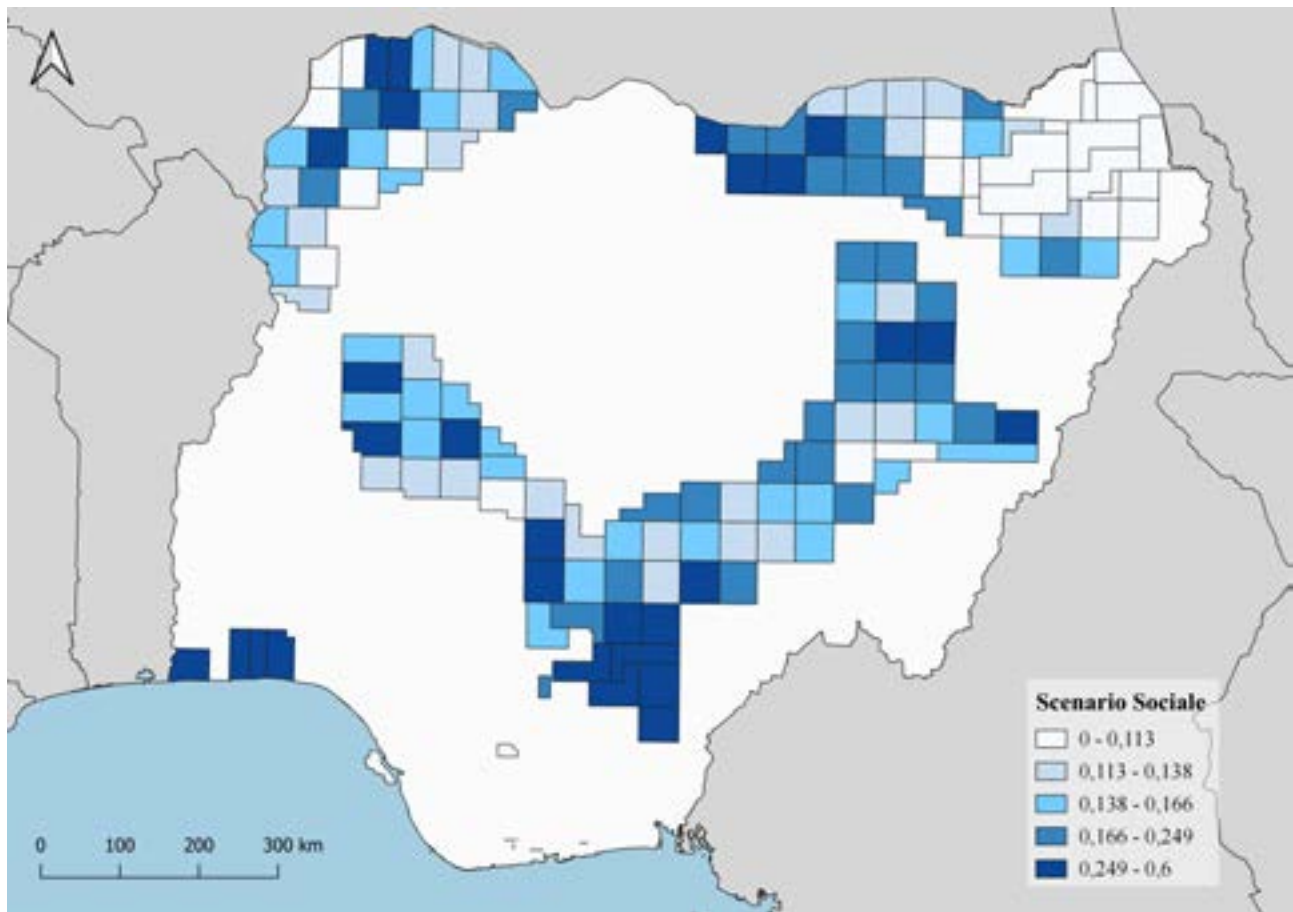
Nella figura 2a viene mostrata l'analisi MCDA dei criteri ambientali con un pattern verde, in cui si passa dal colore bianco, che rappresenta le unità di analisi con valori bassi di sensibilità biologica e ricchezza ecologica, a scale di verdi fino a raggiungere il verde scuro con valori vicino ad 1, che rappresentano le concessioni petrolifere con più alta sensibilità biologica e ricchezza ecologica. Nella cartografia rappresentata in figura 2b, viene mostrato lo scenario riguardante il tematismo sociale su una scala cromatica di blu, in cui con il colore bianco vengono indicate le unità di analisi con il più basso numero di infrastrutture e servizi sociali, mentre con le varie tonalità di blu le diverse classi, fino a quelle con valori intorno a 0,6 che rappresentano le aree interessate da blocchi petroliferi che presentano il più elevato numero di servizi ed infrastrutture sociali.

FIGURA 2a – La cartografia rappresenta lo scenario ambientale dei blocchi onshore. I blocchi sono divisi in base alla concentrazione di criteri ambientali all'interno delle unità di analisi definita dall'analisi MCDA e vanno dal verde scuro (alta sensibilità ambientali e valori ecologici) al bianco (sensibilità ambientali e valori ecologici bassi).



FONTE: elaborazione in QGIS degli autori

FIGURA 2b – La cartografia rappresenta lo scenario sociale dei blocchi onshore. I blocchi sono divisi in base alla concentrazione di criteri sociali all'interno delle unità di analisi definita dall'analisi MCDA e vanno dal blu scuro (alta presenza di infrastrutture e servizi sociali) al bianco (bassa presenza).

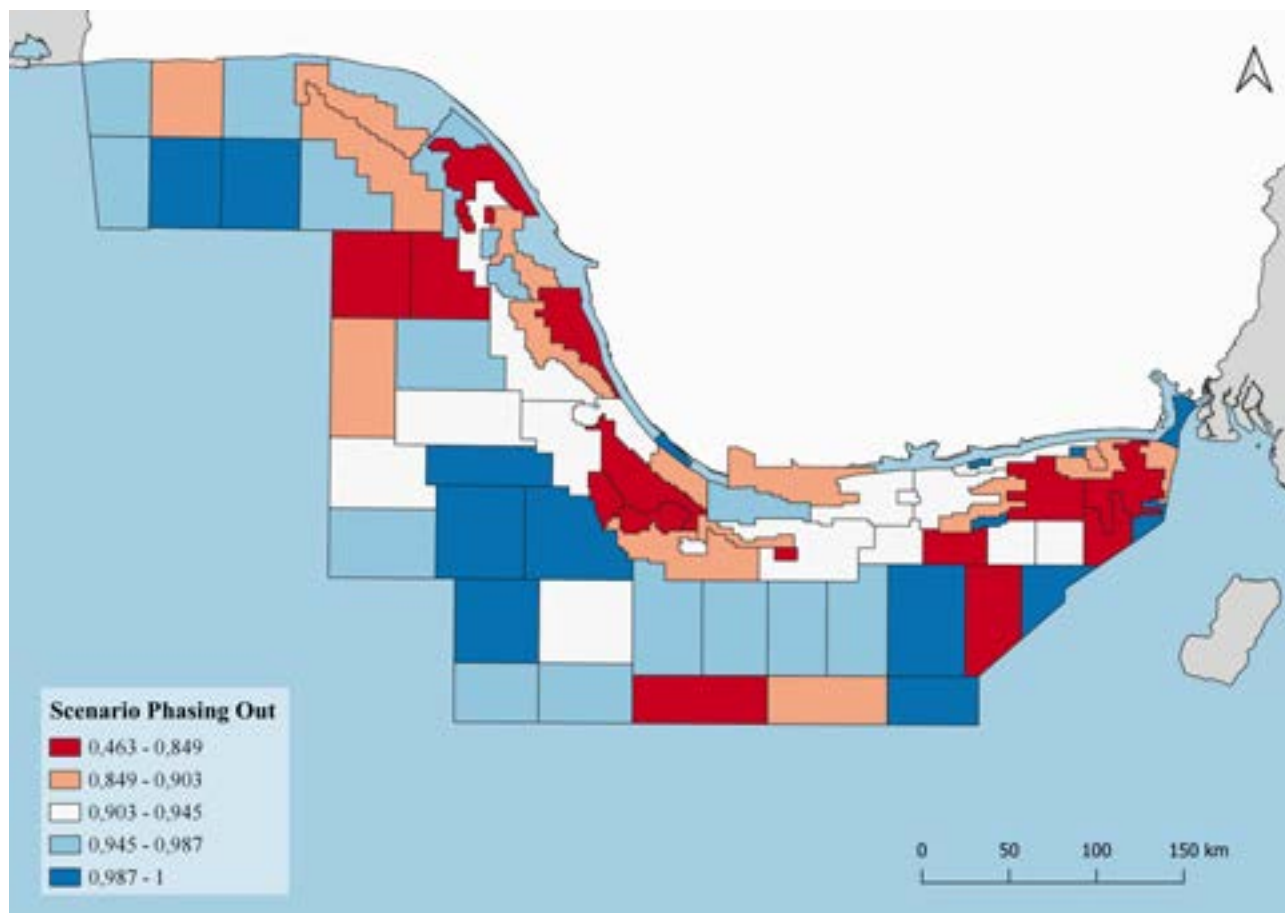


FONTE: elaborazione in QGIS degli autori

Dall'analisi socio-ambientale emerge che i blocchi petroliferi localizzati nell'angolo sud-ovest al confine col Benin e nell'area centrale presentano valori elevati sia a livello di infrastrutture e servizi sociali sia a livello di criteri ambientali. Invece le unità di analisi con maggiore contrasto tra i due tematismi sono quelle presenti nell'area nord-est al confine col Camerun e col Chad e nell'area contigua alla Regione del Delta del Niger. La scarsa presenza di infrastrutture petrolifere in questa zona può essere un'opportunità per attuare il primo principio del Trattato di Non-Proliferazione

dei Combustibili Fossili (FFNTP) riguardante la sospensione (non proliferazione) delle esplorazioni e delle espansioni in nuove riserve petrolifere. Accanto alla non proliferazione vanno immaginati e promossi percorsi alternativi di gestione del territorio. Per quanto riguarda invece le concessioni petrolifere *offshore* localizzate nel contesto marino, che in base ai dati disponibili presentano unicamente criteri sociali e produttivi, si è effettuata un'analisi MCDA utilizzando i tematismi a disposizione e lo scenario di *phasing out* sviluppato è rappresentato in figura 3.

FIGURA 3 – La cartografia rappresenta lo scenario di phasing out dal settore dei combustibili fossili per le concessioni e le riserve petrolifere offshore. I blocchi sono divisi in base alla priorità di sospensione definita dall'analisi MCDA e vanno dal blu (alta priorità di sospensione) al rosso (bassa priorità di riduzione).



FONTE: elaborazione in QGIS degli autori

In questo scenario è presente in generale una prevalenza di blocchi ad alta priorità di sospensione e riduzione delle attività petrolifere rappresentati col colore blu e valore vicino a 1, mentre quelli con tonalità di rosso sono le concessioni petrolifere che risultano con minor priorità di riduzione (valori vicino a 0). In bianco, sono rappresentate le unità di analisi con una priorità di *phasing out* intermedia. Si osserva che la maggior parte dei blocchi a bassa priorità (in rosso) sono localizzati nell'area limitrofa alla costa, prossima al Delta del fiume Niger. Si tratta di blocchi in cui le attività estrattive hanno prodotto notevoli impatti negativi risultanti in una riduzione delle condizioni socio-ambientali. Queste aree andranno supportate nella graduale sospensione delle attività a partire da quelle che richiedono maggiore manutenzione e che presentano infrastrutture obsolete. Le aree di concessione

nelle quali le attività petrolifere hanno un peso minore e le condizioni ambientali sono ancora di buona qualità (in blu) dovranno essere invece preservate, avviando percorsi di non proliferazione e non sviluppando infrastrutture ed attività di estrazione che potrebbero provocare impatti socio-ambientali. Basandosi sui principi del FFNTP, si tratta del *Global Disarmament* per intraprendere percorsi di allontanamento dalle risorse fossili che siano equi e giusti tramite la limitazione delle estrazioni, l'eliminazione dei sussidi e la transizione verso risorse alternative più sicure e sostenibili. L'idea è quindi di fermare da subito l'espansione e l'esplorazione nei blocchi di colore blu, ma allo stesso tempo limitare l'estrazione nei blocchi di colore rosso vista la presenza di impatti socio-ambientali elevati e la vicinanza a zone ad alta biodiversità ecologica e culturale.

### 3.2 Gli scenari sociali, ambientali e produttivi: l'analisi MCDA della Regione del Delta del Niger

La regione del Delta del Niger, oltre ad essere l'area di analisi di interesse maggiore del caso di studio presentato, è quella che presenta anche, per le unità di analisi considerate, un *geodatabase* più esaustivo rispetto ai tre tematismi utilizzati negli scenari presentati nel precedente paragrafo. Infatti, inizialmente si sono sviluppati tre scenari tematici normalizzati per avere un quadro generale dei criteri produttivi, ambientali e sociali a scala unità di analisi (Fig. 4a, 4b, 4c). Nella figura 4a, è rappresentato lo scenario produttivo normalizzato che analizza quali dei blocchi petroliferi siano le principali aree in termini di produzione di combustibili

fossili. È importante tenere in considerazione che la regione del Delta del Niger è l'area in cui il settore fossile è maggiormente concentrato in termini di produzione ed infrastrutture. Un altro aspetto rilevante è che solamente per questi blocchi si è riusciti ad ottenere ed inserire al loro interno il dato relativo alla produzione, quindi al numero di barili di petrolio estratti annualmente. In questo caso, i blocchi di colore rosso scuro e con valore più prossimo ad 1 sono quelli più produttivi mentre quelli bianchi con valore vicino a 0 al contrario sono i meno produttivi e con le diverse gradazioni del rosso sono indicate le situazioni intermedie. Nelle figure 4b e 4c, in egual maniera, sono rappresentate rispettivamente le cartografie riguardanti lo scenario sociale e quello ambientale, entrambi normalizzati.

FIGURA 4 (a,b,c) – La cartografia rappresenta i diversi scenari relativi ai tre tematismi: produttivo, sociale ed ambientale. Tutti e tre i casi presentati sono stati innanzitutto normalizzati. Il valore 0 e il colore bianco rappresentano il valore più basso del tematismo considerato, mentre il valore 1 (massima presenza del tematismo) e il colore scuro si definiscono quelle unità di analisi con la maggiore abbondanza di criteri produttivi, sociali o ambientali.



Fig. 4a



Fig. 4b



Fig. 4c

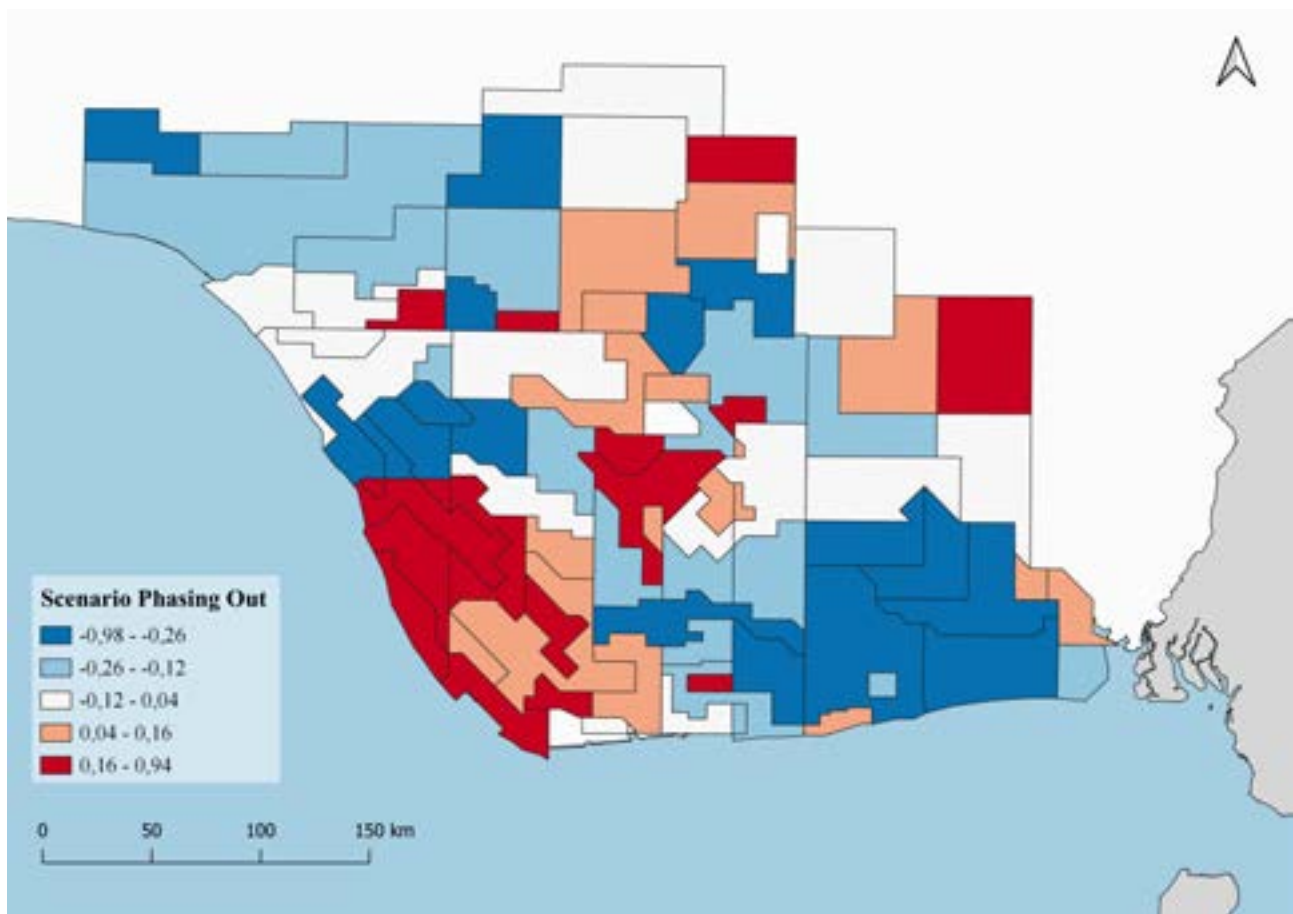
FONTE: elaborazione in QGIS degli autori



Da queste cartografie risulta evidente come l'area prossima alla foce del Delta del fiume Niger presenta bassi valori ambientali e sociali e alti valori di produzione: si tratta di zone di sacrificio dove i valori ambientali e sociali sono stati sacrificati per consolidare un'economia estrattiva. L'area est, al confine col Camerun, presenta bassi valori di produzione e dei valori ambientali e sociali più elevati; mentre la parte centrale della regione del Delta presen-

te sia alti valori di produzione che sociali ma bassi valori ambientali. A partire da questi tre scenari, è stato poi elaborato l'ultimo scenario presente in figura 5, che riguarda il *phasing out* del settore fossile, indicando coi valori prossimi all'1 e rappresentati col colore rosso, le unità di analisi con una bassa priorità di sospensione e in blu e valori negativi, i blocchi petroliferi con un'alta priorità di sospensione delle attività estrattive.

FIGURA 5 – La cartografia rappresenta lo scenario di phasing out dal settore dei combustibili fossili per le concessioni e le riserve petrolifere presenti nell'area della regione del delta del fiume Niger. I blocchi sono divisi in base alla priorità di sospensione definita dall'analisi MCDA e vanno dal blu (alta priorità di sospensione, scenario di non proliferazione) al rosso (bassa priorità, scenario di disarmo).



FONTE: elaborazione in QGIS degli autori



I blocchi che presentano alti valori negli scenari ambientali e sociali ma bassi in quello produttivo sono i blocchi con priorità maggiore per avviare uno scenario di *phasing out* basato sul primo principio di FFNPT, ovvero la non proliferazione. Le aree invece interessate dai blocchi petroliferi maggiormente sfruttati che hanno generato molti impatti socio-ambientali presentano una diversa priorità ovvero il disarmo (abbandono dell'attività estrattiva) e al tempo stesso l'urgenza nel praticare percorsi di transizione giusta. L'area al confine col Camerun (sud-est) e quella a nord-ovest risultano maggiormente da preservare, evitando l'espansione delle attività estrattive. Invece, la zona centrale al confine con il golfo di Guinea e in cui è presente il Delta del fiume Niger rappresenta l'area più sfruttata ed impattata dalla produzione e dalle infrastrutture petrolifere dove avviare processi di "disarmo" (fig. 5). Diverse aree sono rappresentate con il colore bianco che rappresentano situazioni intermedie dove combinare la non proliferazione e il disarmo. In seguito alla presentazione dei risultati, è importante anche ricordare che l'MCDA è un'analisi matematica basata su una serie di operazioni presentate nel Cap. 2 e che semplifica di molto la complessa realtà presente in un territorio e le sue interazioni sociali ed ecosistemiche. Tuttavia il "gioco delle priorità" che emerge dalla MCDA risulta utile nel definire molteplici percorsi di *phasing out*: in base ai principi del FFNPT ed ai diversi contesti. Nella regione del Delta del Niger, in cui vive circa il 20% della popolazione nazionale nigeriana praticando attività di sussistenza e dove sono presenti anche comunità indigene, diventano prioritari percorsi di abbandono delle attività estrattive con iniziative di supporto alla transizione giusta. Mentre, nei contesti con alti valori di diversità ecologica e culturale, l'MCDA fornisce indicazioni per avviare percorsi di non proliferazione. L'analisi multicriteriale va usata e discussa in modo critico, per permettere di raggiungere il terzo principio del FFNPT ovvero la *Peaceful Transition*. La transizione giusta e pacifica intreccia i concetti di giustizia climatica e sociale: è necessario ed importante definire aree *unburnable*, ma diventa fondamentale promuovere percorsi territoriali alternativi con piani di transizione energetica e sociale che sostengano le comunità locali, le lavoratrici e i lavori del settore fossile, le popolazioni locali nelle zone di sacrificio, i diritti delle minoranze e delle popolazioni indigene. La finalità è

consentire a paesi come la Nigeria, produttore di combustibili fossili, di immaginare e creare un'economia diversa e diversificata attraverso percorsi di sviluppo alternativi e di post sviluppo.

#### 4. Discussione e Conclusioni

Il presente lavoro di ricerca ha voluto combinare l'analisi MCDA in ambiente GIS e i principi del FFNPT, elaborando possibili scenari multipli di *phasing out* del settore degli idrocarburi in Nigeria ed incentivare le pratiche di *yasunization* delle aree tropicali ad alto valore biologico e culturale interessate dagli impatti e dai costi socio-ambientali dell'estrazione petrolifera. Si tratta di una prima approssimazione tenendo conto dei dati disponibili e della mancanza di una "verità a terra" (*groundtruth*) delle informazioni utilizzate all'interno del *geodatabase*<sup>9</sup>. La combinazione tra l'analisi multicriteriale e i principi della Campagna per il Trattato di Non Proliferazione dei Combustibili Fossili permette di immaginare più percorsi di transizione. Se l'attenzione si rivolgesse solo alla non espansione delle attività estrattive in nuove aree si rischierebbe di generare processi di gentrificazione ecologica trainati dalla transizione dai combustibili fossili. Solo combinando non espansione e dismissione si riesce a garantire allo stesso tempo una giustizia climatica riparativa, per le comunità che vivono nelle zone di sacrificio, ed una giustizia climatica preventiva evitando che altre comunità siano sottoposte agli impatti socio-ambientali delle attività estrattive. La finalità del progetto "*Atlante Mondiale dell'Unburnable Carbon*" intende rispondere alla sfida della transizione dai combustibili fossili individuando il come e il dove lasciare il petrolio sottoterra incentivando iniziative di *yasunizzazione*, che integrino gli obiettivi climatici internazionali con i diritti della natura e delle comunità che vivono in sintonia e simbiosi con gli ecosistemi naturali (Devall, 1980). L'attuale caso studio è un esempio di come in un paese del Sud Globale, la Nigeria, le attività estrattive generino territori di sacrificio e comunità escluse da processi di sviluppo locale. L'Atlante vuole essere uno strumento geografico per identificare le *unburnable carbon areas* prioritarie, scelte in base a valori di giustizia sociale, diversità biologica e culturale, per creare nuovi percorsi di transizione eco-sociale giusta.

## Bibliografia

- Adekola, O., Mitchell, G., e Ogwu, F. (2015), "Inequality and ecosystem services: the value and social distribution of Niger Delta wetland services", *Ecosystem Services*, 12, pp 42-54. DOI:10.1016/j.ECOSER.2015.01.005
- Aghalino, S.O., Odeh, L.E. (2010), "Social and cultural impact analysis of oil exploitation production in the Niger Delta region of Nigeria", in: Ojatorotu, V., Isike, C. (a cura di), *Oil Politics in Nigeria*, Lambert Academic, Saarbrücken, pp 126-139
- Akorede, M. F., Ibrahim, O., Amuda, S. A., Otuoze, A. O., e Olufeagba, B. J. (2017), "Current status and outlook of renewable energy development in Nigeria", *Nigerian Journal of Technology*, 36(1), pp. 196-212. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/njt.v36i1.25>
- Alliance, R. A., Network, I. E., Finance, R. e Club, S. (2022), *Banking on Climate Chaos: Fossil Fuel Finance Report 2022*. URL: [https://www.bankingonclimatechaos.org/wp-content/themes/bocc-2021/inc/bcc-data-2022/BOCC\\_2022\\_vSPREAD.pdf](https://www.bankingonclimatechaos.org/wp-content/themes/bocc-2021/inc/bcc-data-2022/BOCC_2022_vSPREAD.pdf)
- Anejionu O.C.D, Ahiaramunnah, P-A. e Nri-ezedi, J.C. (2015), "Hydrocarbon pollution in the Niger Delta: Geographies of impacts and appraisal of lapses in extant legal framework", *Resources Policy*, 45, pp 65-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2015.03.012>
- Ayanlade, A., e Proske, U. (2015), "Assessing wetland degradation and loss of ecosystem services in the Niger Delta, Nigeria", *Marine and Freshwater Research*, 67(6), pp 828-836. DOI: <https://doi.org/10.1071/MF15066>
- Bass, M.S., Finer, M., Jenkins, C.N., Kreft, H., Cisneros-Heredia, D.F., McCracken, S.F., Pitman, N.C.A., English, P.H., Swing, K., Villa, G., Di Fiore, A., Voigt, C.C. e Kunz, T.H. (2010), "Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuní National Park", *PloS One*, 5, e8767. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008767>
- Codato D., Pappalardo S., Diantini A., Ferrarese F., Gianoli F. e De Marchi M. (2019), "Oil production , biodiversity conservation and indigenous territories : Towards geographical criteria for unburnable carbon areas in the Amazon rainforest", *Applied Geography*, Volume 102, pp. 28-38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.12.001>
- Codato, D., Pappalardo, S. E., Facchinelli, F., Murmis, M. R., Larrea, C. e De Marchi, M. (2023), "Where to leave fossil fuels underground? A multi-criteria analysis to identify unburnable carbon areas in the Ecuadorian Amazon region", *Environmental Research Letters*, 18(1), 014009. DOI:10.1088/1748-9326/aca77d
- Cruzen, P. J., (2002), "Geology of mankind: the Anthropocene", *Nature*, 415, 23. DOI: <https://doi.org/10.1038/415023a>
- De Marchi, M., Pappalardo, S.E., Codato, D. e Ferrarese, F. (2015), *Zona Intangibile Tagaeri Taromenane y Expansión de las Fronteras Hidrocarbúricas Miradas a diferentes escalas geográficas*, CLEUP, Padova
- Devall, B. (1980), "The deep ecology movement", *Natural Resources Journal*, 20(2), pp. 299-322
- Diantini, A. (2016), *Petrolio e Biodiversità in Val D'Agri. Linee guida per la valutazione di impatto ambientale di attività petrolifere onshore*, CLEUP, Padova
- Diantini, A., Codato, D., Pappalardo, S.E. e De Marchi, M. (2018), "Combustibili fossili, aree protette marine e costiere e "Crescita Blu" in Italia: una prima analisi spaziale", *Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia*, 163, pp. 90-101. DOI: 10.13137/2282-572X/24485
- Diantini, A. (2022), "Petroleumscape e petrocultura nelle concessioni Val d'Agri e Gorgoglione: analisi territoriale del paesaggio petrolifero della Basilicata", *Rivista Geografica Italiana-Open Access*, (3). DOI: <https://doi.org/10.3280/rgioa3-2022oa14589>

- Ebegbulem J.C., Ekpe D., Adejumo T.O. (2013), "Oil exploration and poverty in the Niger Delta Region of Nigeria: a critical analysis", *International Journal of Business and Social Science*, 4, pp. 279–287
- Ekiye, E., e Zejiao, L. (2010), "Water quality monitoring in Nigeria; Case Study of Nigeria's industrial cities", *Journal of American Science*, 6(4), pp. 22-28. ISSN: 1545-1003
- Esmail B. e Geneletti D. (2018), "Multi-criteria decision analysis for nature conservation: A review of 20 years of applications", *Methods Ecol. Evol.*, Volume 9, pp. 42–53. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041-210X.12899>
- Elum, Z. A., Mopipi, K., e Henri-Ukoha, A. (2016), "Oil exploitation and its socioeconomic effects on the Niger Delta region of Nigeria", *Environmental Science and Pollution Research*, 23, pp. 12880-12889. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6864-1>
- Facchinelli, F., Pappalardo, S. E., Codato, D., Diantini, A., Della Fera, G., Crescini, E. e De Marchi, M., (2019), "Unburnable and unleakable carbon in western amazon: using VIIRS Nightfire data to map gas flaring and policy compliance in the Yasuní Biosphere Reserve", *Sustainability*, 12(1), 58. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12010058>
- Fierro, L.G. (2017), "Re-thinking oil: compensation for non-production in Yasuní National Park challenging sumac kawsay and degrowth", *Sustain. Sci.*, 12, pp. 263–274. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-016-0389-x>
- Hare, W. L. (1997), *Fossil fuels and climate protection: the carbon logic*, GreenPeace International, Amsterdam
- Hwang C.L. e Yoon K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, New York
- Ibeanu, O. (2000), "Oiling the friction: Environmental conflict management in the Niger Delta, Nigeria", *Environmental change and security project report*, 6(6), pp. 19-32
- Ibitoye, M. O. (2021), "A remote sensing-based evaluation of channel morphological characteristics of part of lower river Niger, Nigeria.", *SN Applied Sciences*, 3(3), 340. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04215-1>
- IEA (International Energy Agency) (2022), *World Energy Outlook 2022*, IEA, Paris
- IPCC (2014), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel e J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2021), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson- Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. DOI:10.1017/9781009157896
- IPCC (2022), *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. DOI: 10.1017/9781009157926
- IUCN (International Union for the Conservation of Nature). (2013), *Sustainable remediation and rehabilitation of biodiversity and habitats of oil spill sites in the Niger Delta. A report of the independent IUNC – Niger Delta Panel (IUCN – NDP) to Shell Petroleum Development Company Ltd of Nigeria (SPDC)*. URL: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2013-061.pdf>
- Keeney R. L. (1992), *Value-focused thinking: A path to creative decision making*. Cambridge, MA, Harvard University Press
- Lazarus M. e van Asselt H. (2018), "Fossil fuel supply and climate policy: exploring the road less taken", *Climatic Change*, Volume 150, pp.1–13. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2266-3>
- Leaton, J., Leggett, J., Robins, N., Campanale, M., Krosinsky, C. e Grayson, J. (2011), *Unburnable Carbon. Are the world's financial markets carrying a carbon bubble?*. URL: [https://www.banktrack.org/download/unburnable\\_carbon/unburnablecarbonfullrev2.pdf](https://www.banktrack.org/download/unburnable_carbon/unburnablecarbonfullrev2.pdf)
- Lerner, S. (2010), *Sacrifice zones: the front lines of toxic chemical exposure in the United States*, MIT Press, Cambridge MA
- Lewis, S. L. e Maslin, M. A., (2015), "Defining the anthropocene", *Nature*, 519(7542), pp. 171-180. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature14258>
- Malczewski J. e Rinner C. (2015), *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*, Springer, New York
- McGlade, C. e Ekins, P. (2015), "The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 C", *Nature*, 517(7533), 187-190. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature14016>

- Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper, S. C., Frieler, K., Knutti, R., Framen, J., D. e Allen, M. R. (2009), "Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 C", *Nature*, 458(7242), pp. 1158-1162. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature08017>
- Oka N. O. (2017), "The spate of environmental degradation and its impacts on Niger delta communities' sustenance", *International Journal of Development and Sustainability*, 10, pp. 1461-1485.
- Robinson, M. e Shine, T. (2018), "Achieving a climate justice pathway to 1.5 °C", *Nature Climate Change*, 8(7), pp. 564-569. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0189-7>
- Science Panel for the Amazon (2021), *Amazon Assessment Report*, New York, United Nations Sustainable Development Solutions Network. URL: [www.Theamazonwewant.org/](http://www.Theamazonwewant.org/)
- SEI., IISD., ODI., E3G e UNEP, (2021), *The Production Gap Report 2021*. URL: <http://productiongap.org/2021report>
- Sovacool, B.K. e Scarpaci, J. (2016), "Energy justice and the contested petroleum politics of stranded assets: Policy insights from the Yasuní-ITT Initiative in Ecuador", *Energy Policy*, 95, pp. 158-171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.04.045>
- Triantaphyllou E. (2000), *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Springer, Boston
- Trivellato, M., Diantini, A., Codato, D., Pappalardo, S.E. e De Marchi, M., (2018), "Analisi territoriale delle percezioni dei possibili impatti dell'estrazione di idrocarburi sui prodotti di Indicazione Geografica", *Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia*, 167, pp. 53-67. DOI: [10.13137/2282-572X/30598](https://doi.org/10.13137/2282-572X/30598)
- Trout, K., Muttitt, G., Lafleur, D., Van de Graaf, T., Mendelevitch, R., Mei, L. e Meinshausen, M. (2022), "Existing fossil fuel extraction would warm the world beyond 1.5° C", *Environmental Research Letters*, 17(6), 064010. DOI: [10.1088/1748-9326/ac6228](https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6228)
- Ugochukwu, C. N. (2008), *Sustainable Environmental Management in the Niger Delta Region of Nigeria: Effects of Hydrocarbon Pollution on Local Economy*, Ph.D. thesis, Brandenburg University of Technology (BTU), Cottbus
- United Nations, (2015), *Adoption of the Paris Agreement. Conference of the Parties on its Twenty-first Session*, Vol. 21932, Paris, France.
- Vallejo, M.C., Burbano, R., Falconí, F. e Larrea, C. (2015), "Leaving oil underground in Ecuador: The Yasuní-ITT initiative from a multi-criteria perspective", *Ecol. Econ*, 109, pp. 175-185. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.11.013>
- WEF (2023), *The Global Risks Report 2023*, World Economic Forum, Cologny. URL: <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023/>
- Welsby, D., Price, J., Pye, S. e Ekins, P. (2021), "Unextractable fossil fuels in a 1.5 C world", *Nature*, 597(7875), pp. 230-234. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03821-8>
- WMO (2023). *State of Global Climate 2022*, World Meteorological Organization, Ginevra. URL: [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=22265#.ZEuEnbP23B](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=22265#.ZEuEnbP23B)