

# C'è qualcosa nell'aria: cattura e sequestro del CO<sub>2</sub>

Versione breve dello studio «Opportunità e rischi dei metodi di cattura dall'atmosfera e sequestro del CO<sub>2</sub>; raccomandazioni elaborate in base all'analisi dello stato delle conoscenze e a un'indagine sistematica tra gli specialisti in Svizzera»



TA-SWISS, Fondazione per la valutazione delle scelte tecnologiche e centro di competenza delle Accademie svizzere delle scienze, intende riflettere sulle ripercussioni – opportunità e rischi – dell’uso di nuove tecnologie.

La presente versione breve si basa su uno studio scientifico condotto su mandato di TA-SWISS da un team di progetto interdisciplinare dell’Öko-Institut e.V. (Germania) e dell’Empa (Svizzera) sotto la direzione del Dr. Martin Cames (Öko-Institut) e del Dr. Clemens Mader (Empa). Essa presenta i principali risultati e conclusioni dello studio in forma condensata e si rivolge a un pubblico non specializzato.

## **Chancen und Risiken von Methoden zur Entnahme und Speicherung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre: Empfehlungen aufgrund der Analyse des Wissensstandes und einer systematischen Befragung von Fachleuten in der Schweiz.**

Martin Cames, Clemens Mader, Andreas Hermann, Andreas R. Köhler, Nadia Malinverno, Martin Möller, Björn Niesen, Claudia Som, Patrick Wäger

TA-SWISS, Fondazione per la valutazione delle scelte tecnologiche (a cura di).  
vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, 2023.  
ISBN: 978-3-7281-4152-1

Lo studio può essere scaricato gratuitamente:  
[www.vdf.ch](http://www.vdf.ch)

Anche questa versione breve è disponibile in rete:  
[www.ta-swiss.ch](http://www.ta-swiss.ch)



<b>Le NET: panoramica</b>	4
Cattura e sequestro del CO <sub>2</sub> : sì, ma come?	4
Perché le NET? Perché non si può farne a meno	4
Cosa significa emissioni nette pari a zero?	4
Due strade verso la meta: riduzione e rimozione del CO <sub>2</sub>	4
Anche la Svizzera vuole azzerare le emissioni nette	4
<b>Perché uno studio di TA-SWISS sulle NET?</b>	5
Una serie di raccomandazioni operative	6
<b>Le cinque NET analizzate nello studio</b>	7
Dapprima una panoramica	7
Le foreste come pozzi di carbonio: gestione forestale e uso del legno	8
Gestione del suolo e carbone vegetale	9
Produzione di bioenergia con cattura e sequestro del CO <sub>2</sub> (BECCS)	10
Cattura diretta e sequestro del CO <sub>2</sub> (DACCS)	11
Degradazione meteorica tramite carbonatazione	12
<b>Le NET quale tassello importante nella politica climatica svizzera</b>	13
Strumenti di protezione del clima	13
Missione zero emissioni nette	14
Raccomandazioni sull'integrazione delle NET nella politica climatica svizzera	15
<b>Sfruttamento delle risorse: interazioni e conflitti tra gli obiettivi</b>	16
Concorrenza per la superficie e la biomassa	16
Concorrenza per l'acqua	16
Concorrenza per le energie rinnovabili	16
Raccomandazioni sullo sfruttamento delle risorse	16
Sinergie e uso a cascata	17
Raccomandazioni sullo sfruttamento delle sinergie	17
<b>Un complemento irrinunciabile, ma non una sostituzione</b>	18
Raccomandazioni sul quadro d'implementazione	18
E per finire	19

# Le NET: panoramica

Il sequestro a lungo termine di CO<sub>2</sub> prelevato dall'aria annulla le emissioni già causate. I metodi e i procedimenti impiegati per rimuovere il carbonio sono quindi chiamati anche tecnologie a emissioni negative (NET).

## Cattura e sequestro del CO<sub>2</sub>: sì, ma come?

Esistono vari procedimenti di rimozione del CO<sub>2</sub>, che si distinguono per le modalità con cui catturano il CO<sub>2</sub> dall'aria e successivamente sequestrano il carbonio per sottrarlo durevolmente all'atmosfera.

Alcune NET adottano un approccio biologico e sfruttano la capacità delle piante di assorbire il CO<sub>2</sub> e trasformarlo in biomassa mediante la fotosintesi. Altre puntano invece su approcci tecnici, che consentono di catturare il CO<sub>2</sub> e sequestrarlo nel sottosuolo geologico o in composti chimici (cfr. i dettagli sui vari procedimenti alle pag. 7-12). La rimozione ha un effetto a lungo termine sul clima solo se il CO<sub>2</sub> è fissato il più possibile durevolmente e non torna nell'atmosfera.

## Perché le NET? Perché non si può farne a meno

Con l'Accordo di Parigi sul clima del 2015, la comunità internazionale si è impegnata a contenere il riscaldamento globale ben al di sotto dei 2 °C e preferibilmente sotto gli 1,5 °C. Il miglior rimedio consiste nel ridurre al più presto la quantità di gas a effetto serra emessi, ad esempio sostituendo i combustibili fossili con energie rinnovabili e le tecnologie ad alta intensità di emissioni con varianti più rispettose del clima.

Secondo il Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (IPCC), le misure di riduzione delle emissioni adottate finora non sono però più sufficienti per contenere il riscaldamento climatico causato dall'uomo. È qui che entra in gioco l'idea delle emissioni negative: si tratta di sfruttare, a titolo complementare, soluzioni tecnologiche atte a catturare dall'atmosfera e sequestrare una parte dei gas serra già emessi e quelli difficilmente evitabili. L'IPCC stima che, nel corso di questo secolo, bisognerà rimuovere dall'atmosfera da 100 a 1000 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>, a seconda dello scenario considerato, per ottenere un bilancio netto globale delle emissioni pari a zero. A titolo di paragone: attual-

mente le emissioni annue di CO<sub>2</sub> a livello mondiale si aggirano sui 37 miliardi di tonnellate.

## Cosa significa emissioni nette pari a zero?

Per emissioni nette pari a zero s'intende uno stato in cui le emissioni di gas serra nell'atmosfera non superano la capacità dei pozzi di carbonio naturali (foreste e suoli) o artificiali di fissare questi gas. Ciò permetterebbe di arrestare la crescita delle emissioni di gas serra. A questo punto l'umanità non continuerebbe più a riscaldare la Terra.

## Due strade verso la meta: riduzione e rimozione del CO<sub>2</sub>

I modelli climatici mostrano che le NET sono sì un complemento irrinunciabile per compensare le emissioni residue difficilmente evitabili, ma niente di più: non possono assolutamente sostituire ambiziose misure di risparmio di CO<sub>2</sub>. Il loro potenziale non è infatti sufficiente e il loro uso comporta ancora costi e fattori d'incertezza troppo elevati. Per raggiungere gli obiettivi climatici occorrono entrambe le opzioni atte a ridurre il tenore di gas serra nell'atmosfera: anzitutto la riduzione della quantità di gas serra emessi e, in aggiunta, i procedimenti volti a rimuovere il CO<sub>2</sub> come pure i pozzi di carbonio per le emissioni restanti.

## Anche la Svizzera vuole azzerare le emissioni nette

Il Consiglio federale intende raggiungere la neutralità climatica della Svizzera entro il 2050. Per raggiungere questo obiettivo ambizioso punterà principalmente su misure di riduzione, compensando con la rimozione dei gas serra solo le cosiddette emissioni residue, ossia le emissioni difficilmente evitabili (p. es. le emissioni di protossido di azoto dell'agricoltura e dell'allevamento di animali o quelle di CO<sub>2</sub> della produzione di cemento e dell'incenerimento dei rifiuti). Si tratterà quindi di rimuovere dall'atmosfera la quantità di CO<sub>2</sub> equivalente a quella di gas serra emessa. Siccome ogni tonnellata di CO<sub>2</sub> contribuisce al riscaldamento nella stessa misura, indipendentemente da dove e da quando è emessa, la compensazione può avvenire in qualsiasi regione del mondo.

## Perché uno studio di TA-SWISS sulle NET?

Benché potrebbero fornire un contributo prezioso al raggiungimento degli obiettivi climatici, per ora le NET trovano scarsa applicazione. Ciò è dovuto, in particolare, al fatto che alcuni procedimenti tecnici stanno ancora muovendo i primi passi: non sono ancora stati studiati completamente, non sono stati collaudati nella pratica, sono tecnicamente complessi, hanno un costo molto elevato e per ora non possono essere impiegati su larga scala. A ciò si aggiungono interrogativi sul possibile impatto ambientale e sul trasporto del CO<sub>2</sub> fino ai depositi, nonché un elevato fabbisogno aggiuntivo di energia (rinnovabile).

È questa la costellazione che ha indotto TA-SWISS a commissionare uno studio al fine di informare la politica e l'opinione pubblica sulle opportunità, sui limiti (costi, fattibilità, permanenza, effetto sul clima) e sui rischi (aspetti ambientali, effetti collaterali per l'agricoltura e la popolazione) dei vari metodi di cattura dall'atmosfera e sequestro del CO<sub>2</sub>. La fondazione intende così favorire un dibattito equilibrato e fattuale sul ruolo delle NET nella strategia climatica. Occorre infatti una riflessione sociale e politica sulle modalità e sulle tempistiche di sviluppo delle NET nonché sulle varianti e sul mix tecnologico adottato nei vari contesti.

La valutazione delle scelte tecnologiche esplora le interazioni tra i nuovi sviluppi tecnologici, la società e l'ambiente. Conformemente a questa missione, lo studio di TA-SWISS valuta cinque NET ipotizzabili per la Svizzera. Mediante la metodologia di indagine online LOTA (Landscape of Opinions for Technology Assessment), sviluppata dall'Università di Zurigo e dall'Empa e applicata per la prima volta in questo studio, sono stati rilevati e rappresentati sotto forma di panorama di opinioni i pareri di un ampio ventaglio di stakeholder. Nel seguito della procedura metodologica, i molteplici pareri dei diversi gruppi di esperti e di opinione sulle opportunità e sui rischi sono stati consolidati attraverso interviste approfondite e un workshop con le parti interessate. Le risoluzioni così ottenute sono state poi riconsiderate in una prospettiva sistemica e scientifica e, mediante un approccio transdisciplinare, hanno condizionato lo sviluppo di raccomandazioni operative. In qualità di stakeholder, sono stati consultati rappresentanti dell'economia, della scienza, dell'amministrazione pubblica e della società civile. Lo studio esaustivo e dettagliato, di cui la presente versione breve riassume i punti essenziali, è stato condotto dall'Öko-Institut e dall'Empa.



## Una serie di raccomandazioni operative

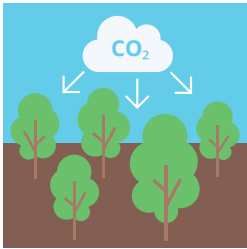
Secondo lo studio, per poter fornire un contributo socialmente ed ecologicamente compatibile all'obiettivo svizzero di zero emissioni nette, dovranno essere attuate le seguenti raccomandazioni, applicabili a tutte le NET. Nel frattempo, alcune di esse sono già in corso di attuazione, ma data la loro importanza sono nuovamente menzionate in modo esplicito.

- Coinvolgere l'opinione pubblica nel dibattito sociale sull'impostazione dello sviluppo tecnologico tramite informazioni fattuali, coerenti e trasparenti sulle NET.
- Una task force NET multistakeholder sotto la guida dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) dovrà garantire la cooperazione tra gli attori coinvolti in rappresentanza del governo e dell'amministrazione (Confederazione, Cantoni, Comuni) nonché della scienza e dell'economia e avviare la creazione delle basi legali, dell'infrastruttura e dei presupposti di economia di mercato per un'attuazione rapida ed efficiente delle NET.
- La Confederazione dovrà emanare una strategia intersettoriale sull'uso delle risorse limitate (p. es. acqua, biomassa o suolo) con obiettivi chiaramente definiti, priorità, valori limite e direttive.
- Chiarire tempestivamente il finanziamento dello sviluppo e dell'attuazione delle NET in modo da addebitare i costi, nei limiti del possibile, agli emittenti di gas serra conformemente al principio di causalità, ad esempio mediante un prezzo del CO<sub>2</sub> adeguato. Si tratterà anche di chiarire e garantire le competenze in materia di finanziamento della ricerca, dello sviluppo e dell'esercizio dei depositi geologici.
- Iscrivere nell'ordinanza sul CO<sub>2</sub> quale marchio di qualità chiaro e credibile la durata minima di fissazione del CO<sub>2</sub> (permanenza), a partire dalla quale una tecnologia o un progetto NET è riconosciuto ai sensi della strategia climatica. Il termine di 30 anni di permanenza nei pozzi di carbonio, in discussione attualmente, andrebbe riesaminato ed esteso.
- Elaborare metodi di calcolo e di registrazione trasparenti, scientifici e attuabili facilmente per le singole NET al fine di rafforzare il quadro di valutazione di tali tecnologie ed escludere doppi conteggi.
- Fissare obiettivi separati per la riduzione delle emissioni e le emissioni negative, in modo da stabilire chiaramente il ruolo delle NET quale opzione complementare per raggiungere l'obiettivo zero emissioni nette ed evitare un allentamento degli sforzi di riduzione.
- La Svizzera dovrà consolidare il suo ruolo di precursore nel campo dello sviluppo delle NET, coordinando programmi nazionali e internazionali di ricerca e stanziando i fondi necessari per progetti di ricerca sulle lacune conoscitive.
- Promuovere la ricerca collaterale sulle opportunità e sui rischi delle NET nell'ambito di laboratori viventi.

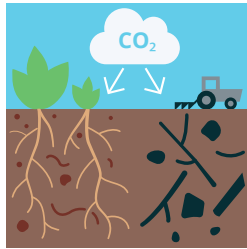
Oltre a queste raccomandazioni generali, lo studio «Chancen und Risiken von Methoden zur Entnahme und Speicherung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre: Empfehlungen aufgrund der Analyse des Wissensstandes und einer systematischen Befragung von Fachleuten in der Schweiz» presenta e descrive in dettaglio un elenco di 26 raccomandazioni specifiche per le singole NET analizzate.

# Le cinque NET analizzate nello studio

## Dapprima una panoramica



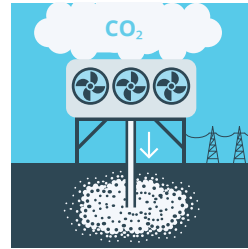
**Sequestro del CO<sub>2</sub> sotto forma di biomassa nelle foreste e uso del legno:** gli alberi assorbono il CO<sub>2</sub> dall'aria e immagazzinano il carbonio a lungo termine nel legno, che può essere trasformato in prodotti longevi.



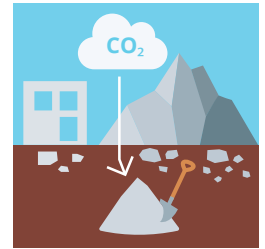
**Sequestro del CO<sub>2</sub> sotto forma di humus o carbone vegetale nel suolo:** una gestione mirata del suolo incorpora e immagazzina il carbonio nei suoli, ad esempio mediante sistemi agroforestali o metodi di agricoltura conservativa.



**Cattura del CO<sub>2</sub> nei camini (BECCS):** le piante trasformano il CO<sub>2</sub> in biomassa, che bruciando fornisce energia. Il CO<sub>2</sub> liberato durante la combustione è catturato e immagazzinato nel sottosuolo.



**Cattura del CO<sub>2</sub> dall'aria (DACCS):** al posto delle piante sono impianti tecnici ad assorbire il CO<sub>2</sub> dall'atmosfera e a immagazzinarlo nel sottosuolo.



**Degradazione meteorica accelerata del calcestruzzo di demolizione e della roccia:** in natura, i minerali reagiscono con il CO<sub>2</sub> fissando il carbonio. Questo processo di carbonatazione può essere accelerato mediante processi tecnologici.

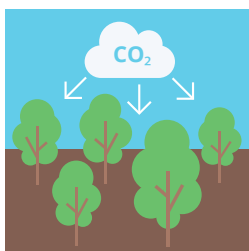
## Le opportunità comuni a tutte le NET ...

- L'impiego delle NET può aiutare la Svizzera a raggiungere i suoi obiettivi climatici, senza perdere di vista l'andamento del benessere economico.
- Oltre alla funzione di pozzi di carbonio, una gestione sostenibile delle foreste e del suolo, l'uso del legno e l'impiego di carbone vegetale hanno anche il potenziale di promuovere la biodiversità, la qualità del suolo, il bilancio idrico nonché la resilienza alla siccità e alle precipitazioni intense.
- Le NET possono favorire l'economia circolare, ad esempio fissando il CO<sub>2</sub> negli scarti di calcestruzzo riciclabili e incorporandolo in nuovi materiali da costruzione.
- Attualmente, la Svizzera è all'avanguardia nel campo dello sviluppo e dell'applicazione di varie NET. Il loro potenziamento offre al settore della ricerca e alla piazza economica svizzeri anche l'opportunità di consolidare la sua leadership.

## ... e i rischi

- La rinuncia all'analisi del potenziale NET nonché alla sua attuazione e al suo potenziamento conformemente al principio di precauzione potrebbe impedire alla Svizzera di raggiungere i suoi obiettivi climatici.
- Conflitti d'interessi, ad esempio per lo sfruttamento di risorse limitate come la biomassa, l'acqua, il suolo e le energie rinnovabili.
- L'entità dei possibili impatti ambientali delle singole NET non è chiara. Anche il trasporto e l'immagazzinamento nel sottosuolo del CO<sub>2</sub> possono comportare dei rischi.
- Un'eccessiva fiducia nelle NET potrebbe indurre a trascurare l'importanza di disposizioni sulla protezione del clima e sforzi di riduzione ambiziosi.

# Le foreste come pozzi di carbonio: gestione forestale e uso del legno



**Principio:** con la fotosintesi, gli alberi trasformano il CO<sub>2</sub> atmosferico in biomassa e immagazzinano il carbonio nel legno, nelle radici e nel suolo. La capacità di assorbimento delle foreste svizzere è compresa tra 1,6 e 4,5

milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>, all'anno. Le foreste fungono però da pozzi di carbonio solo se crescono e se l'incremento legnoso supera il volume che marcisce, viene bruciato o viene raccolto. Tutti questi processi rilasciano infatti CO<sub>2</sub>.

Una gestione forestale sostenibile garantisce che la foresta svolga le sue molteplici funzioni (protezione, utilizzazione, luogo di svago) e al tempo stesso contribuisca alla riduzione dei gas serra. Le foreste gestite sequestrano più CO<sub>2</sub> di quelle lasciate allo stato naturale.

La gestione comprende in particolare:

**Rimboschimento:** impianto di alberi su superfici non boscate

**Abbandono:** incremento della biomassa in seguito al rimboschimento spontaneo di alpeggi abbandonati

**Gestione forestale/uso del legno:** in una foresta sana, il CO<sub>2</sub> è dapprima immagazzinato per alcuni decenni negli alberi. La raccolta mirata del legname consente una gestione forestale sostenibile. Il legname andrebbe utilizzato in modo efficiente a tappe in prodotti longevi (uso a cascata). Il carbonio è così sottratto all'atmosfera il più a lungo possibile. Al termine della vita utile, il legname è utilizzato per scopi termici (ossia bruciato).



**Costi:** 1–100 US\$/t CO<sub>2</sub>, a seconda della fonte (Svizzera)



**Potenziale NET<sup>1</sup>:** circa 3 milioni di t CO<sub>2</sub>/anno (Svizzera), se la foresta è gestita in modo sostenibile e il legname è utilizzato (compreso l'effetto di sostituzione).



**Grado di maturità della tecnologia:** 9–10

<sup>1</sup> I potenziali indicati per le varie NET sono valori teorici: i potenziali realizzabili effettivamente dipendono da aspetti tecnici, economici e sociali.

## Opportunità

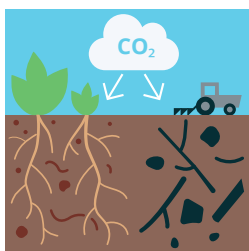
- Promozione della biodiversità, della varietà e della rinnovazione naturale delle foreste
- Siccome la fonte energetica della fotosintesi è l'irraggiamento solare naturale, questa NET richiede solo piccole quantità di energia tecnica per le macchine forestali e il trasporto del legname.
- A lungo termine, il bilancio del CO<sub>2</sub> delle foreste svizzere può essere ottimizzato promuovendo l'incremento legnoso e tenendo conto delle funzioni ecologiche del legno morto. La soluzione sta nell'uso a cascata del legno.
- L'utilizzazione del legname come materiale da costruzione sequestra il carbonio fissato al suo interno per decenni. Al tempo stesso, le costruzioni in legno possono sostituire, in parte, altri materiali da costruzione ad alta intensità di CO<sub>2</sub>, come l'acciaio o il calcestruzzo.

## Rischi

- Il sequestro durevole del carbonio è più incerto rispetto al sequestro del CO<sub>2</sub> nel sottosuolo.
- I cambiamenti climatici, gli incendi boschivi, la siccità, i dissodamenti o le infestazioni parassitarie possono provocare il rilascio di CO<sub>2</sub>.
- Ampio fabbisogno di superficie: in Svizzera non esistono superfici non boscate per rimboschimenti su larga scala.
- Il rimboschimento spontaneo o pianificato può portare a conflitti d'interessi, ad esempio nelle regioni di montagna dove potenziali ubicazioni sono pascolate per conservare paesaggi culturali aperti. Lo sfruttamento delle superfici per la gestione forestale può anche compromettere la capacità di assorbimento di altre NET.



# Gestione del suolo e carbone vegetale



**Principio:** come gli alberi, con la fotosintesi tutti i vegetali trasformano il CO<sub>2</sub> presente nell'aria in biomassa e immagazzinano il carbonio nelle foglie, nello stelo, nelle radici e nei frutti. Dopo il deperimento dei vegetali, gli orga-

nismi del suolo decompongono il materiale vegetale morto liberando CO<sub>2</sub>. Una parte del materiale vegetale è tuttavia trasformata in sostanza organica del suolo (humus) e permane nel terreno per lungo tempo.

La gestione del suolo permette di influenzare il rapporto tra la formazione e la decomposizione dell'humus. Quando viene formato humus, il CO<sub>2</sub> assorbito dal suolo supera quello rilasciato. Il tempo di permanenza del carbonio nell'humus va da decenni a secoli, a seconda del tipo di suolo, della gestione e delle condizioni ambientali. Una gestione mirata del suolo, ad esempio riducendo al minimo la lavorazione dei suoli agricoli, migliorando la rotazione delle colture, lasciando sul campo i residui colturali, coltivando piante con radici profonde o trasformando le superfici coltivate in superfici inerbite, ossia mediante metodi di agricoltura conservativa, consente di accrescere l'immagazzinamento di carbonio organico sotto forma di humus. I sistemi agroforestali, che combinano le superfici agricole con alberi o arbusti, consentono di creare biomassa e sequestrare carbonio organico nel suolo.

Anche il carbone vegetale, ossia la biomassa carbonizzata per effetto del calore intenso in assenza di ossigeno (pirolisi) incorporata nel sottosuolo, fissa il CO<sub>2</sub> a lungo termine nella forma di carbonio. Il carbone vegetale è impiegato come additivo per concimi, nell'allevamento di animali, quale materiale e nella tecnologia ambientale ed energetica. Il carbonio che contiene è rilasciato solo molto lentamente.



**Costi gestione del suolo:** 0 – 80 US\$/t CO<sub>2</sub>, a seconda della fonte

**Costi produzione e impiego del carbone vegetale:** 10 – 135 US\$/t CO<sub>2</sub>, a seconda della fonte



**Potenziale NET gestione del suolo:** circa 2,7 milioni di t CO<sub>2</sub>/anno (fino alla saturazione carbonica del suolo, ossia per qualche decennio)

**Potenziale NET sistemi agroforestali:** convertendo in sistemi agroforestali il 13,3% della superficie agricola utile della Svizzera si potrebbe compensare fino al 13% delle emissioni di gas serra del settore agricolo.

**Potenziale NET carbone vegetale nel suolo:** fino a 2,2 milioni di t CO<sub>2</sub>/anno



**Grado di maturità della tecnologia:** gestione del suolo e agro-forestazione 10, carbone vegetale 9

## Opportunità

- Miglioramento della produzione di humus, dei servizi ecosistemici e della qualità del suolo
- I sistemi agroforestali possono limitare l'erosione dei suoli, facilitare l'infiltrazione delle acque, migliorare le qualità fisiche del suolo e fungere da cuscinetto contro gli eventi estremi.
- Il carbone vegetale fissa il carbonio a lungo termine e può essere impiegato in diversi settori.

## Rischi

- I disturbi e i cambiamenti climatici naturali o causati dall'uomo possono rilasciare il carbonio organico sequestrato nei suoli.
- L'agro-forestazione può ridurre le rese e far lievitare i costi di produzione; non sono esclusi conflitti d'interessi con la produzione alimentare. Mancano studi a lungo termine sulla fattibilità, sulla produttività e sul miglioramento del sequestro del CO<sub>2</sub> nei suoli svizzeri.
- Attraverso lo spargimento di carbone vegetale, sostanze inquinanti (p. es. metalli pesanti) possono finire nei suoli e accumularsi nella catena alimentare.
- Il carbone vegetale è in concorrenza con altre NET a causa del fabbisogno di biomassa.

# Produzione di bioenergia con cattura e sequestro del CO<sub>2</sub> (BECCS)



**Principio:** crescendo, le piante catturano il CO<sub>2</sub> dall'atmosfera e lo trasformano in biomassa. Durante la combustione con e senza fiamma o la gassificazione della biomassa, il CO<sub>2</sub> assorbito viene rilasciato. Negli impianti

bioenergetici questo CO<sub>2</sub> è catturato direttamente dai gas di scarico e immagazzinato in strati geologici profondi o compresso e trasportato mediante autocisterne o condotte in depositi all'estero. La tecnologia BECCS (Bioenergy with carbon capture and storage) consente quindi di sfruttare la biomassa da un lato per scopi energetici (trasformandola in elettricità o calore) e dall'altro per produrre, tramite opportune tecnologie, emissioni negative.

Siccome combina la cattura e il sequestro del CO<sub>2</sub> con la produzione di energia rinnovabile, questa NET suscita grandi speranze e svolge un ruolo importante in tutti gli scenari dell'IPCC.

Per la cattura del CO<sub>2</sub> esistono già impianti di dimostrazione, tra l'altro negli Stati Uniti e in Gran Bretagna. Il loro sfruttamento presuppone in particolare la prospezione e lo sviluppo di depositi geologici sicuri. In Svizzera, attualmente non esistono depo-

siti per sequestrare il CO<sub>2</sub> catturato, esso potrebbe tuttavia ad esempio essere trasportato in depositi geologici all'estero attraverso (nuove) condotte. Nel nostro Paese, la tecnologia BECCS potrebbe trovare impiego soprattutto negli impianti d'incenerimento dei rifiuti, nei cementifici, negli impianti di depurazione delle acque e nelle aziende chimiche.



**Costi:** 30–400 US\$/t CO<sub>2</sub>, a seconda della fonte



**Potenziale NET:** circa 5,1 milioni di t CO<sub>2</sub>/anno, se fosse sfruttata tutta la biomassa disponibile in Svizzera (a partire dal 2050)



**Grado di maturità della tecnologia:** 9

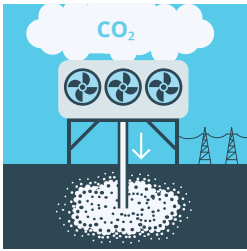
## Opportunità

- In teoria, il CO<sub>2</sub> può essere immagazzinato nel sottosuolo per periodi lunghissimi.
- Su scala industriale, la tecnologia BECCS consente di catturare il CO<sub>2</sub> più facilmente, a un minor costo e in modo più efficiente dal punto di vista energetico rispetto al metodo DACCS, dal momento che nei gas di scarico la concentrazione di CO<sub>2</sub> è molto più elevata che nell'aria.
- Il metodo BECCS ha un potenziale economico: l'uso a cascata della biomassa non più adatta per altri scopi può infatti diventare una fonte di reddito supplementare per gli agricoltori e i selvicoltori.

## Rischi

- La produzione di biomassa appositamente per la tecnologia BECCS può provocare conflitti d'interessi con la produzione alimentare, a causa dell'elevato fabbisogno di suolo, acqua e concimi, e avere ripercussioni negative sulla biodiversità (in particolare in caso di monoculture di biomassa).
- Il trasporto della biomassa fino all'impianto BECCS, il maggior consumo di energia e materiale durante l'esercizio nonché lo stoccaggio geologico del CO<sub>2</sub> comportano elevati costi in termini di energia e materiale e potrebbero comportare dipendenze da Stati terzi.
- In merito alla durata del sequestro del CO<sub>2</sub> vi sono interrogativi senza risposta. Ciò potrebbe provocare scontri sociali.

# Cattura diretta e sequestro del CO<sub>2</sub> (DACCS)



**Principio:** con la tecnologia DACCS (Direct air carbon capture and storage), il CO<sub>2</sub> è catturato meccanicamente dall'atmosfera mediante filtri e immagazzinato nel sottosuolo. In questo caso, il CO<sub>2</sub> non è quindi assorbito dalle

piante, bensì da un impianto tecnico.

La rimozione del CO<sub>2</sub> dall'atmosfera consente di compensare emissioni di gas serra difficilmente evitabili altrove (p. es. nell'agricoltura) – anche quelle che non contengono carbonio (p. es. il protossido di azoto). Il CO<sub>2</sub> è catturato dall'aria mediante leganti chimici (procedimenti di assorbimento e adsorbimento). Il CO<sub>2</sub> puro catturato dal legante viene poi liquefatto, trasportato e immagazzinato durevolmente nel sottosuolo. Attualmente sono disponibili depositi geologici in profondità idonei soprattutto all'estero, ad esempio in Islanda o in Norvegia.

Il primo impianto commerciale DACCS al mondo è stato inaugurato in Islanda nel 2021. È stato sviluppato dall'azienda svizzera Climeworks in collaborazione con la società islandese Carbfix.

In caso di piena utilizzazione delle capacità dovrebbe sottrarre all'aria circa 4000 tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno. Per l'impiego su larga scala, la tecnologia va ancora sviluppata ulteriormente.



**Costi allo stadio di sviluppo attuale:**

80–210 US\$/t CO<sub>2</sub> (assorbimento) e  
560–730 US\$/t CO<sub>2</sub> (adsorbimento), a

seconda del procedimento

**Costi stimati a lungo termine:** 100 US\$/t CO<sub>2</sub>



**Potenziale NET:** in Svizzera il potenziale di stoccaggio geologico complessivo è stimato a un massimo di circa 2500 milioni di t CO<sub>2</sub>



**Grado di maturità della tecnologia:** 7–8

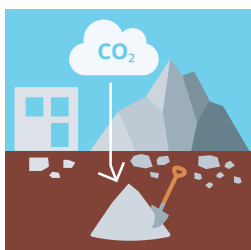
## Opportunità

- Il CO<sub>2</sub> dovrebbe poter essere immagazzinato nel sottosuolo per periodi lunghissimi. Si tratta inoltre di una tecnologia facilmente potenziabile e non dipendente dalla biomassa.
- La tecnologia DACCS non è vincolata all'ubicazione. Per ridurre al minimo le spese di trasporto del CO<sub>2</sub> e i costi complessivi, gli impianti DACCS possono quindi essere costruiti dove sono disponibili sia fonti energetiche rinnovabili sia depositi geologici per il CO<sub>2</sub>.
- Siccome il processo richiede principalmente calore, quale fonte energetica entra in considerazione, a seconda del procedimento, anche il calore di scarico di processi industriali o della geotermia.

## Rischi

- La tecnologia DACCS genera costi elevati ed entra in concorrenza per le fonti energetiche rinnovabili: siccome la quota di CO<sub>2</sub> nell'aria è ridotta, gli impianti devono filtrare ingenti quantità di aria. La cattura del CO<sub>2</sub> è quindi più costosa e assorbe molta energia. Alcuni dei procedimenti applicati richiedono inoltre grandi quantità di sostanze chimiche e acqua.
- Lo stoccaggio geologico del CO<sub>2</sub> catturato comporta dei rischi, a seconda del metodo scelto, in relazione alla stabilità e a eventuali attività sismiche e quindi potenziali scontri sociali.
- La strategia climatica a lungo termine della Svizzera si orienta a scenari, nei quali le emissioni negative provocate da impianti DACCS all'estero vengano finanziate, il che potrebbe comportare dipendenze infrastrutturali e contrattuali da Paesi terzi (analogamente a quanto avviene attualmente per il petrolio e il gas).

# Degradazione meteorica tramite carbonatazione



**Principio:** sotto l'azione degli agenti atmosferici, alcuni minerali come la roccia silicea reagiscono con il CO<sub>2</sub> fissando il carbonio. Questo processo chimico, chiamato carbonatazione, che in natura avviene molto

lentamente, può essere accelerato artificialmente. Uno degli approcci consiste nel tritare finemente la roccia e distribuirla su ampie superfici agricole o forestali.

La degradazione meteorica non risparmia il calcestruzzo utilizzato nelle costruzioni (e rappresenta di norma un effetto indesiderato dal momento che fa arrugginire le travi di acciaio all'interno del calcestruzzo). Anche questo processo può essere notevolmente accelerato artificialmente. Per il clima è una buona notizia: mediante procedimenti di carbonatazione di nuova generazione, il calcestruzzo di demolizione può infatti reincorporare fino al 33% dei gas serra liberati durante la sua produzione. A tal fine, i detriti di calcestruzzo vengono tritati e messi in contatto con CO<sub>2</sub> puro (p. es. proveniente da impianti BECCS). Il prodotto è una polvere di calcare, che può essere riutilizzata come riempitivo o

aggregato per la produzione di nuovo calcestruzzo, riducendo l'impronta di carbonio dei nuovi prodotti di calcestruzzo.

Le aziende svizzere Neustark, zirkulit e Sika stanno sviluppando procedimenti innovativi per sequestrare il CO<sub>2</sub> nel calcestruzzo di demolizione e riciclato.



**Costi:** per il calcestruzzo di demolizione 140 – 940 US\$/t CO<sub>2</sub>, a seconda della fonte e tenendo conto delle spese d'investimento per impianti speciali. Entro il 2050 i costi potrebbero scendere a 75 US\$/t CO<sub>2</sub>. Per la pietra naturale si stimano costi di 70 – 130 US\$/t CO<sub>2</sub>.



**Potenziale NET:** fino a 2,5 milioni di t CO<sub>2</sub> nel 2050



**Grado di maturità della tecnologia:** carbonatazione 5 – 6; spargimento 3

## Opportunità

- La degradazione meteorica accelerata del calcestruzzo di demolizione ha il potenziale di rifissare fino al 33% delle emissioni di CO<sub>2</sub> della produzione di cemento.
- La fissazione chimica del CO<sub>2</sub> nel calcestruzzo di demolizione è molto stabile e si stima un sequestro del CO<sub>2</sub> a lungo termine, anche per secoli.
- Il calcestruzzo di demolizione carbonatato distribuito sui terreni agricoli può contribuire alla riduzione delle emissioni di protossido di azoto.

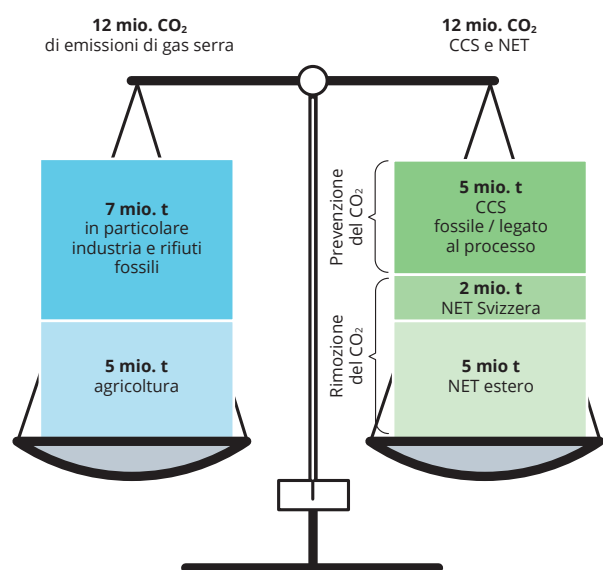
## Rischi

- Lo spargimento di calcestruzzo tritato può causare un arricchimento di inquinanti nel suolo e avere ripercussioni negative sulle piante e sugli organismi. Richiede inoltre ampie superfici.
- La triturazione della roccia e del calcestruzzo di demolizione è associata a un forte fabbisogno di energia.
- La stabilità della fissazione del CO<sub>2</sub> quale minerale carbonatato nei suoli non è ancora stata studiata in misura sufficiente.

# Le NET quale tassello importante nella politica climatica svizzera

I Paesi alpini come la Svizzera sono particolarmente colpiti dai cambiamenti climatici: qui le temperature aumentano a una velocità doppia rispetto alla media mondiale. Nel 2019 il Consiglio federale ha deciso che, entro il 2050, la Svizzera dovrà azzerare il saldo netto delle emissioni di gas serra: a partire da tale data, non dovrà emettere più CO<sub>2</sub> di quanto i pozzi di carbonio naturali e artificiali siano in grado di assorbire.

L'obiettivo di emissioni nette pari a zero dovrà essere raggiunto anzitutto riducendo il più possibile le emissioni prodotte dalla Svizzera. In questo percorso, alle NET è assegnato il ruolo di compensare le emissioni residue difficilmente evitabili. Misure concrete dovranno contribuire a introdurre progressivamente queste tecnologie. Per il Consiglio federale non si tratta solo di una necessità di politica climatica, bensì anche di un'opportunità per il settore della ricerca e la piazza economica svizzeri.



Entro il 2050 la Svizzera intende essere in grado di rimuovere dall'aria, in Svizzera e all'estero, 7 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno. Altri 5 milioni di tonnellate di emissioni di CO<sub>2</sub> all'anno da fonti fossili dovranno essere catturati direttamente alla fonte e sequestrati durevolmente – si tratta del cosiddetto Carbon Capture and Storage (CCS). Le emissioni residue che, malgrado gli sforzi di riduzione, la Svizzera non potrà evitare entro il 2050 sono quindi stimate a 12 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno. A titolo di

paragone: nel 2020 in Svizzera sono stati emessi complessivamente 43,4 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>.

Nel settembre 2022, anche il Parlamento ha adottato un controprogetto indiretto all'iniziativa per i ghiacciai, che in sostanza intende iscrivere nella legge l'obiettivo zero emissioni nette entro il 2050. Siccome contro la nuova legge è stato lanciato il referendum, la popolazione svizzera sarà chiamata a votare nel giugno 2023.

## Strumenti di protezione del clima

Senza le NET, gli obiettivi climatici di Parigi non potranno essere raggiunti. Al tempo stesso, le NET non dovranno minare gli sforzi a favore del clima: la massima riduzione delle emissioni di gas serra mediante misure di riduzione convenzionali, come l'uso parsimonioso dell'energia, la sostituzione delle energie fossili con energie rinnovabili o misure tecniche volte a incrementare l'efficienza energetica dei processi di produzione, degli edifici e dei veicoli, restano la priorità numero uno. Vari meccanismi e sistema di incentivi contribuiscono a promuovere tali misure. In parole povere, si tratta di rincarare il prezzo dell'emissione di gas serra. Sarà così più redditizio sul piano economico preferire fonti energetiche alternative ai combustibili fossili e investire in impianti e metodi di produzione più efficienti dal punto di vista energetico.

In Svizzera i principali strumenti a tal fine sono le tasse sul CO<sub>2</sub> applicate ai combustibili e gli accordi sugli obiettivi per le imprese o il sistema di scambio di quote di emissioni (SSQE). Con il SSQE, lo Stato definisce un limite massimo per le emissioni ammesse e assegna agli impianti industriali a maggiore intensità di gas serra – in parte gratuitamente, in parte mediante aste – una quantità annuale decrescente di diritti di emissione, che autorizzano a emettere una determinata quantità di CO<sub>2</sub>. Le imprese che non esauriscono i loro diritti di emissione possono rivenderli a imprese meno efficienti. Le negoziazioni dei diritti di emissione sul mercato determinano un prezzo per l'emissione di gas serra. Il SSQE svizzero è collegato al mercato delle emissioni dell'Unione europea.

Contribuiscono a ridurre le emissioni anche progetti di compensazione in Svizzera e all'estero. I produttori e gli importatori di carburanti fossili sono ad esempio tenuti a compensare una parte delle emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte dai trasporti sostenendo progetti di protezione del clima. Per la riduzione dei gas serra conseguita da questi progetti ricevono degli attestati nazionali o internazionali, computabili al loro obiettivo di riduzione. Dal 2022 sono ammessi anche i progetti di sequestro del CO<sub>2</sub>.

La Confederazione e vari Cantoni e Comuni promuovono infine i comportamenti rispettosi del clima attraverso una serie di programmi di promozione e incentivi. Questi meccanismi servono non da ultimo a garantire il sostegno in seno alla popolazione. Anche la nuova versione della revisione della legge sul CO<sub>2</sub> non prevede nuove tasse, dopo la bocciatura alle urne della versione precedente. La popolazione non deve infatti avere l'impressione di «essere punita dalla politica climatica», ha precisato il Consiglio federale.

## Missione zero emissioni nette

### Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>



### Rimozione di CO<sub>2</sub>



#### Cosa distingue i progetti NET dai progetti di compensazione classici

**Prevenzione del carbonio:** per compensare le proprie emissioni sono finanziati progetti climatici, grazie ai quali le emissioni sono ridotte in misura equivalente altrove, senza modificare la quantità di CO<sub>2</sub> emessa nell'atmosfera.

**Rimozione del carbonio:** per compensare le proprie emissioni, sono finanziati impianti NET, che consentono di rimuovere dall'aria la stessa quantità di CO<sub>2</sub> altrove. A conti fatti, le emissioni nell'atmosfera sono azzerate, a patto tuttavia che il consumo di energia del processo NET sia coperto mediante fonti energetiche rinnovabili.

## Raccomandazioni sull'integrazione delle NET nella politica climatica svizzera

Il presente studio identifica gli aiuti iniziali e gli adeguamenti necessari affinché le NET possano esprimere tutto il loro potenziale nella politica climatica svizzera, evitando però al tempo stesso i rischi connessi. Vi rientrano l'elaborazione di normative, standard o valori limite nonché la definizione di obiettivi chiari.

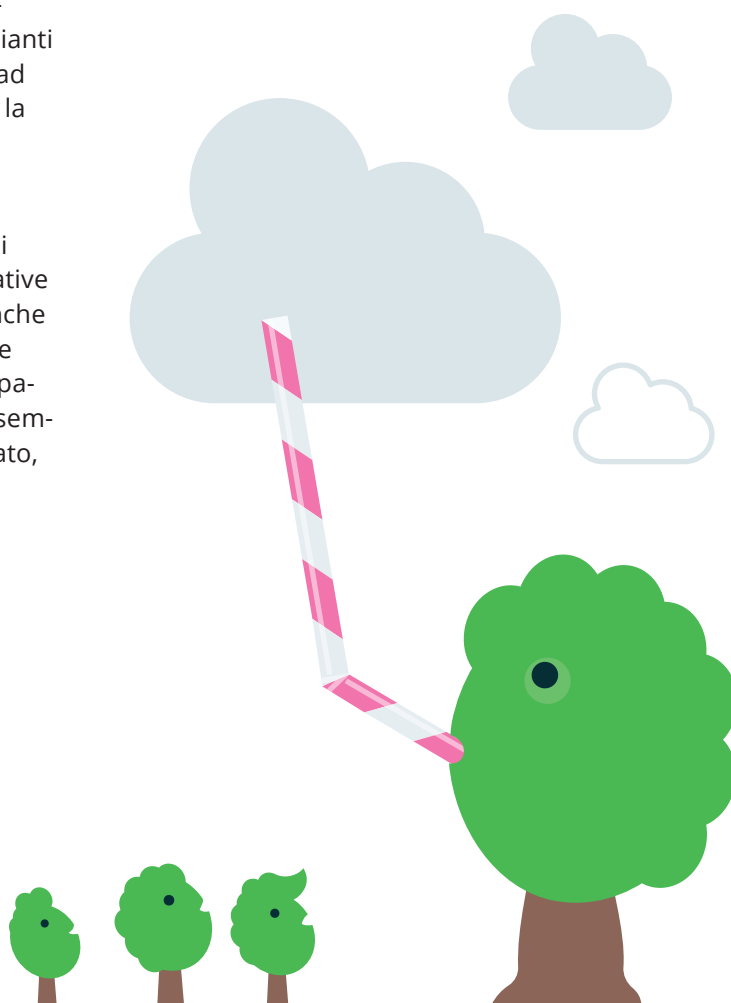
**Finanziare le NET mediante tasse sul CO<sub>2</sub>:** allo stadio di sviluppo attuale, i costi per i metodi NET, tecnicamente complessi, superano ampiamente i prezzi del CO<sub>2</sub> nel sistema europeo di scambio di quote di emissioni (70–90 US\$/t CO<sub>2</sub>). L'utilizzo dei proventi del sistema ETS e di ulteriori o maggiori imposte sui gas serra potrebbe sovvenzionare lo sviluppo e l'implementazione delle NET. Questa misura garantirebbe alle aziende o ai privati un ricavo fisso per ogni tonnellata di CO<sub>2</sub> di cui è dimostrata la rimozione dall'atmosfera sull'arco di un certo periodo. Man mano che sarà potenziata la capacità svizzera netta, tale sussidio potrebbe essere ridotto.

**Creare un mercato delle NET:** la Confederazione dovrebbe creare incentivi all'uso di impianti di rimozione del CO<sub>2</sub> dall'atmosfera (BECCS), ad esempio attraverso un mercato separato per la cattura e il sequestro del CO<sub>2</sub>.

**Definire un quadro di valutazione e armonizzare il computo:** accanto a un processo di certificazione e computo delle emissioni negative uniforme per tutte le NET occorre stabilire anche metodi di monitoraggio specifici per le singole NET e per l'esercizio di impianti DACCS. La capacità di cattura del CO<sub>2</sub> delle singole NET, ad esempio del calcestruzzo di demolizione carbonatato, dovrebbe essere calcolata in base a direttive internazionali affidabili.

**Cooperazione con l'estero:** per la riduzione dell'effetto serra è irrilevante il luogo in cui il CO<sub>2</sub> è rimosso dall'atmosfera. Siccome in Svizzera determinate risorse naturali, come i suoli o i depositi geologici, sono limitate, dal punto di vista pratico ed economico ha senso partecipare alla costruzione di impianti DACCS in luoghi dove sono disponibili sufficienti fonti energetiche rinnovabili e depositi geologici di CO<sub>2</sub>. Tali cooperazioni con l'estero presuppongono condizioni contrattuali quadro a livello di ONU, che garantiscano che i costi e i benefici siano distribuiti equamente tra i Paesi partecipanti e che i progetti di protezione del clima siano certificati e computati in modo trasparente a livello internazionale, una sorta di giustizia climatica globale.

**No agli incentivi perversi:** obiettivi separati per la riduzione delle emissioni e per le NET dovranno garantire che le misure di riduzione delle emissioni continuino ad avere la priorità e che le NET siano impiegate solo per compensare una quantità limitata di emissioni di gas serra difficilmente evitabili, soprattutto nell'ambito dell'agricoltura e di alcune attività industriali.



# Sfruttamento delle risorse: interazioni e conflitti tra gli obiettivi

Come mostrano le schede tecniche (pag. 7–12), i vari approcci delle NET non sono equivalenti, né dal punto di vista del loro stadio di sviluppo, né da quello del potenziale di riduzione e delle opportunità e dei rischi associati. Per le varianti basate sulla natura, come ad esempio la gestione forestale, i costi sono contenuti, ma queste NET richiedono molto suolo e il CO<sub>2</sub> non è sottratto all'atmosfera durevolmente: quando gli alberi muoiono, il legno marcisce o viene bruciato, il CO<sub>2</sub> è nuovamente rilasciato. La combustione di biomassa in impianti BECCS, dove il CO<sub>2</sub> emesso viene catturato e sequestrato in profondità nel sottosuolo, fissa il carbonio molto più durevolmente. Questo approccio ad alta tecnologia comporta però costi infrastrutturali elevati e richiede a sua volta molta biomassa.

Esistono quindi obiettivi potenzialmente contrastanti tra le singole NET. Ecco qualche esempio.

## Concorrenza per la superficie e la biomassa

La gestione forestale e l'uso del legno, la gestione del suolo nonché la tecnologia BECCS richiedono superfici per la coltivazione della biomassa. Sono necessari terreni anche per incorporare il carbonio nel sottosuolo sotto forma di carbone vegetale o per spargerlo nel paesaggio sotto forma di polvere di roccia carbonatata. E per finire anche la costruzione dell'infrastruttura industriale per gli impianti BECCS, DACCS e di carbonatazione nonché le condotte di trasporto del CO<sub>2</sub> richiedono terreni. Le NET possono quindi entrare in concorrenza con la produzione alimentare o con gli obiettivi di sostenibilità di altre attività industriali che intendono sostituire materiali a base fossile con risorse a base biologica. La crescente domanda di biomassa coltivata può inoltre provocare una perdita di habitat e biodiversità.

## Concorrenza per l'acqua

Tutte le NET – e in particolare la BECCS – dipendono, direttamente o indirettamente, dall'acqua. Anche l'approvvigionamento elettrico, l'agricoltura e l'industria hanno però bisogno di acqua – il tutto in un contesto geografico sempre più secco a causa dei cambiamenti climatici.

## Concorrenza per le energie rinnovabili

La tecnologia DACCS e la degradazione meteorica accelerata della roccia richiedono molta energia. Per avere senso, questo fabbisogno deve essere coperto mediante fonti rinnovabili – ma la concorrenza per l'elettricità ecologica è grande.

## Raccomandazioni sullo sfruttamento delle risorse

Siccome diversi stakeholder dipendono dall'uso di risorse limitate come la biomassa, l'acqua, il suolo o le energie rinnovabili, occorre elaborare una strategia intersettoriale coerente con obiettivi chiaramente definiti, priorità, valori limite e direttive sull'uso delle risorse. Tale strategia dovrà identificare i potenziali e le disponibilità, tener conto di eventuali evoluzioni e tendenze e definire le priorità di accesso in caso di penuria di risorse. Ciò vale in senso lato anche per risorse come le materie prime critiche, le finanze, la manodopera e il know-how necessari per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità della Svizzera.

Occorrerà inoltre elaborare un piano e criteri per i progetti d'interesse nazionale, in modo da consentire procedure di approvazione accelerate considerando altri interessi.



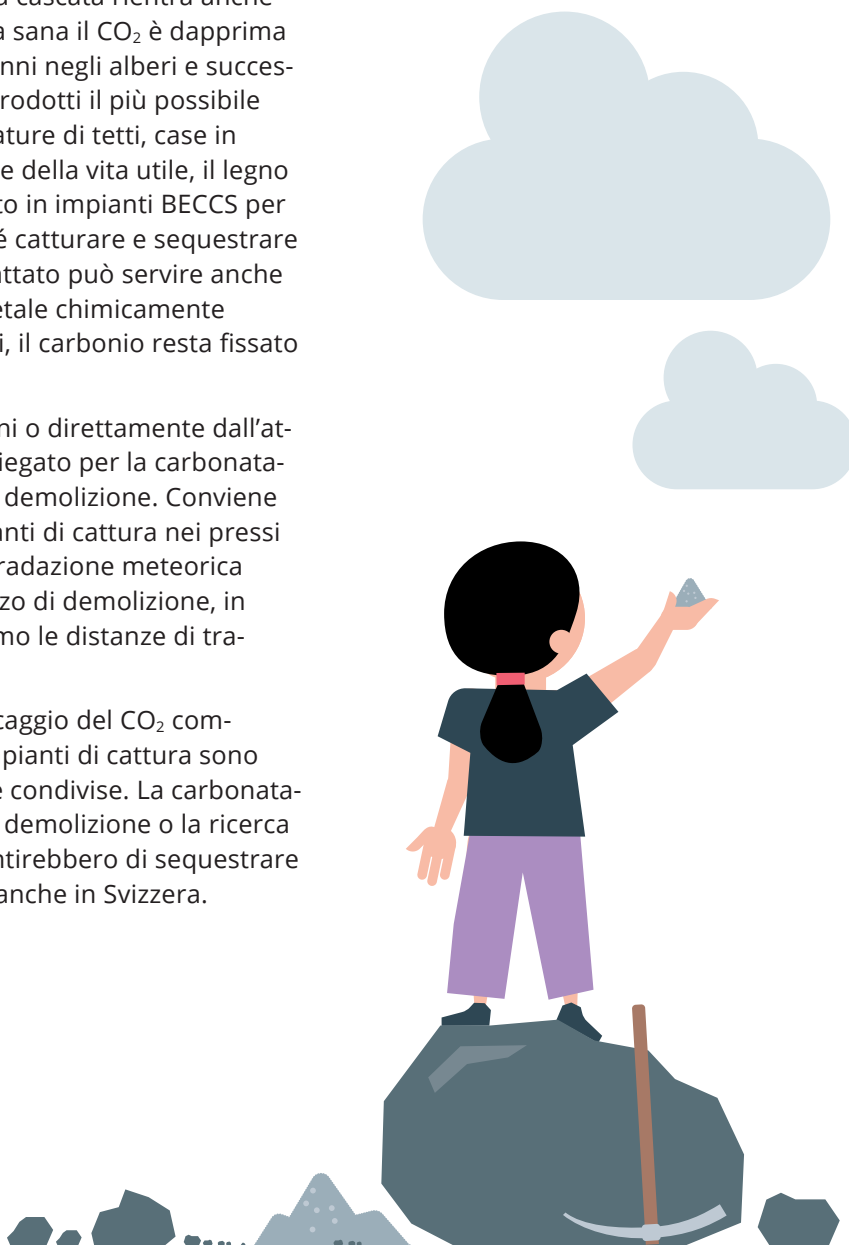
## Sinergie e uso a cascata

Vi è però anche tutta una serie di sinergie tra singole NET o tra le NET e altri settori industriali, sfruttabili a vantaggio della protezione del clima.

- La gestione delle foreste e del suolo combinata con l'agro-forestazione potrebbe ottimizzare il fabbisogno di superficie per tali NET.
- La gestione forestale sostenibile raccoglie il legname in modo mirato in varie tappe e lo utilizza nel modo più efficiente possibile per rimuovere il carbonio dall'atmosfera il più a lungo possibile: in questo uso a cascata rientra anche il fatto che in una foresta sana il CO<sub>2</sub> è dapprima immagazzinato per decenni negli alberi e successivamente trasferito in prodotti il più possibile longevi, ad esempio ossature di tetti, case in legno o mobili. Al termine della vita utile, il legno usato può essere bruciato in impianti BECCS per produrre energia nonché catturare e sequestrare il CO<sub>2</sub>. Il legname non trattato può servire anche a produrre carbone vegetale chimicamente stabile. In entrambi i casi, il carbonio resta fissato per lunghi periodi.
- Il CO<sub>2</sub> catturato nei camini o direttamente dall'atmosfera può essere impiegato per la carbonatazione del calcestruzzo di demolizione. Conviene quindi costruire gli impianti di cattura nei pressi degli impianti per la degradazione meteorica accelerata del calcestruzzo di demolizione, in modo da ridurre al minimo le distanze di trasporto.
- Per il trasporto e lo stoccaggio del CO<sub>2</sub> compresso prodotto negli impianti di cattura sono ipotizzabili infrastrutture condivise. La carbonatazione del calcestruzzo di demolizione o la ricerca di depositi idonei consentirebbero di sequestrare il CO<sub>2</sub> catturato in parte anche in Svizzera.

## Raccomandazioni sullo sfruttamento delle sinergie

Siccome le NET sono solo all'inizio della loro immissione sul mercato è importante sfruttare sistematicamente tali sinergie al fine di utilizzare le risorse nel modo più efficiente possibile. Ciò presuppone un coordinamento e una pianificazione lungimiranti, a cui dovrebbero partecipare tutti gli attori coinvolti, ossia la Confederazione, i Cantoni e l'industria, ad esempio mediante tavole rotonde.



# Un complemento irrinunciabile, ma non una sostituzione

Tutte le NET sono ancora associate a incognite tecniche, economiche, sociali e politiche. Non è ancora sicuro che potranno fornire il contributo atteso all'obiettivo di emissioni nette pari a zero entro il 2050. Ciò è dovuto non solo al fatto che nessuna di queste tecnologie è completamente priva di rischi, ma anche al fatto che buona parte dei sistemi d'incentivazione, delle condizioni quadro e degli strumenti politici adeguati non è ancora stata elaborata e implementata.

## Raccomandazioni sul quadro d'implementazione

Affinché le NET possano garantire l'auspicata compensazione delle emissioni difficilmente evitabili in Svizzera, secondo lo studio sono importanti le seguenti tappe.

**Capire e gestire le opportunità e i rischi:** per la maggior parte delle NET occorre portare avanti l'attività di ricerca per migliorare e potenziare i procedimenti nonché ridurre i costi. Occorre approfondire sistematicamente le conoscenze sui potenziali di cattura e sequestro, sull'impatto ambientale, sulle sinergie e sui costi nonché analizzare i rischi al fine di poterli ridurre al minimo mediante una regolamentazione adeguata e possibilmente completa (monitoraggio, valori limite, responsabilità ecc.).

**Promuovere lo sviluppo e l'attuazione:** è necessaria una gamma completa di strumenti politici (promozione della ricerca, sussidi agli investimenti e per l'esercizio, standard ecc.) per accelerare l'applicazione delle NET, consentire così un apprendimento tecnologico, ridurre i costi e, a medio termine, raggiungere la maturità di mercato delle NET. Accanto allo sviluppo delle singole fasi di processo è importante anche colaudare e ottimizzare l'interazione tra i processi lungo l'intera catena, comprese l'infrastruttura e la logistica. Ciò potrebbe avvenire soprattutto mediante un «learning by doing», un apprendimento pratico sistematico e partecipativo nell'ambito del crescente uso delle NET.

**Trovare il mix giusto per la Svizzera:** nessuna delle NET selezionate è una panacea in grado di compensare la totalità delle emissioni difficilmente evitabili della Svizzera. Nel caso in cui il potenziale di rimozione potrà effettivamente essere sfruttato, il fabbisogno di compensazione previsto dovrebbe però poter essere coperto mediante un portafoglio di opzioni NET che si completino a vicenda. In vista dell'attuazione sarà quindi importante trovare la giusta combinazione di tecnologie e pratiche complementari: lo «Swiss Mix», che tenga conto delle condizioni nazionali.

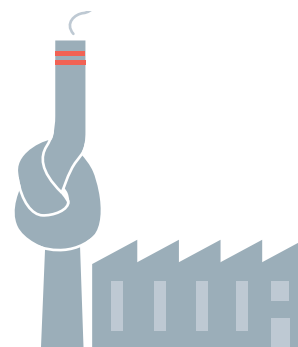
**Comunicazione e partecipazione:** per promuovere, in seno alla popolazione, la comprensione del ruolo che possono svolgere le NET nella politica climatica svizzera e per fondare il dibattito sociale su basi fattuali, occorre rendere le conoscenze attuali accessibili al grande pubblico e coinvolgere i diretti interessati nei processi di dialogo in vista dell'ulteriore sviluppo e dell'uso delle NET.



## E per finire

Le NET non potranno sostituire gli sforzi necessari per ridurre le emissioni di gas serra: questa constatazione resta fondamentale. La prevenzione delle emissioni deve continuare ad avere la massima priorità. Non importa che si parli di alta o bassa tecnologia: le NET non sono una scusa per «andare avanti come prima». Sono troppo costose, consumano troppa energia e vanno quindi riservate unicamente alle emissioni difficilmente evitabili. Le NET non si prestano quindi quale alternativa alla riduzione delle emissioni per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi sul clima. Quale complemento sono invece praticamente irrinunciabili.

Perché irrinunciabili? Nessuna delle NET analizzate è priva di effetti collaterali e di conseguenza adottabile ciecamente. Al tempo stesso bisogna essere realisti e non farsi illusioni: rispetto ai rischi dei cambiamenti climatici, nessuno di questi rischi è così grande da escludere l'attuazione di queste tecnologie. E proprio per questo motivo è indispensabile soppesare i vantaggi e gli svantaggi, i costi e le conseguenze dei vari procedimenti. Si tratta di negoziare pubblicamente il ruolo che dovrà svolgere il mix di tecnologie a emissioni negative pensato in modo specifico per la Svizzera nella politica climatica del nostro Paese. Si tratta di discutere con la società quante emissioni di gas serra vorrà ancora «permettersi» in futuro la Svizzera, chi dovrà provvedere al finanziamento delle NET e come bisognerà andare avanti dopo il 2050 se per stabilizzare il clima saranno necessarie ulteriori riduzioni dei gas serra nell'atmosfera.



## **Membri del gruppo di accompagnamento**

- Dr. Stefan Vannoni, economista, CEO cemsuisse, presidente del gruppo di accompagnamento, membro del Comitato di direzione di TA-SWISS
- Dr. David Altwegg, economista e ingegnere, membro del Comitato di direzione di TA-SWISS
- Dr. Andreas Bachmann, etico e filosofo, segreteria Comité d'éthique, Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)
- Prof. Dr. Pascal Boivin, agronomo, HEPIA
- Prof. Dr. Alfredo Bondolfi, Università di Ginevra, membro del Comitato di direzione di TA-SWISS
- Prof. Dr. Jacques Dubochet, biofisico, Premio Nobel per la chimica, Università di Losanna, membro del Comitato di direzione di TA-SWISS
- Dr. Samuel Eberenz, esperto di rischi meteorologici e climatici, fondazione Risiko-Dialog
- Floris Heim, esperto di esame dell'impatto sull'ambiente, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Kanton Zürich
- Dr. Sonja Keel, scienziata ambientale, Agroscope
- Dr. Selma L'Orange Seigo, psicologa ambientale e politica
- Dr. Urs Neu, meteorologo, direttore supplente ProClim
- Dr. Otto Schäfer, biologo ed ecoteologo
- Dr. Daniel Sutter, chimico, Climeworks
- Adèle Thorens, etica, consulente e Consigliera agli Stati
- Dr. Esther Thürig, scienziata naturale, capogruppo Risorse e gestione forestale, Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio
- Dr. Sophie Wenger Hintz, fisica, sezione Politica climatica, Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

## **Direzione del progetto presso TA-SWISS**

- Dr. Elisabeth Ehrensperger, direttrice
- Dr. Bénédicte Bonnet-Eymard, capoprogetto



## **Impressum**

### **C'è qualcosa nell'aria: cattura e sequestro del CO<sub>2</sub>**

Versione breve dello studio «Chancen und Risiken von Methoden zur Entnahme und Speicherung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre: Empfehlungen aufgrund der Analyse des Wissensstandes und einer systematischen Befragung von Fachleuten in der Schweiz.»

TA-SWISS, Berna 2023

TA 80A/2023

Autrice: Christine D'Anna-Huber, cdh Wissenschaft im Text, Paradiso

Traduzione: Giovanna Planzi, Zurigo

Produzione: Bénédicte Bonnet-Eymard e Fabian Schluep, TA-SWISS, Berna

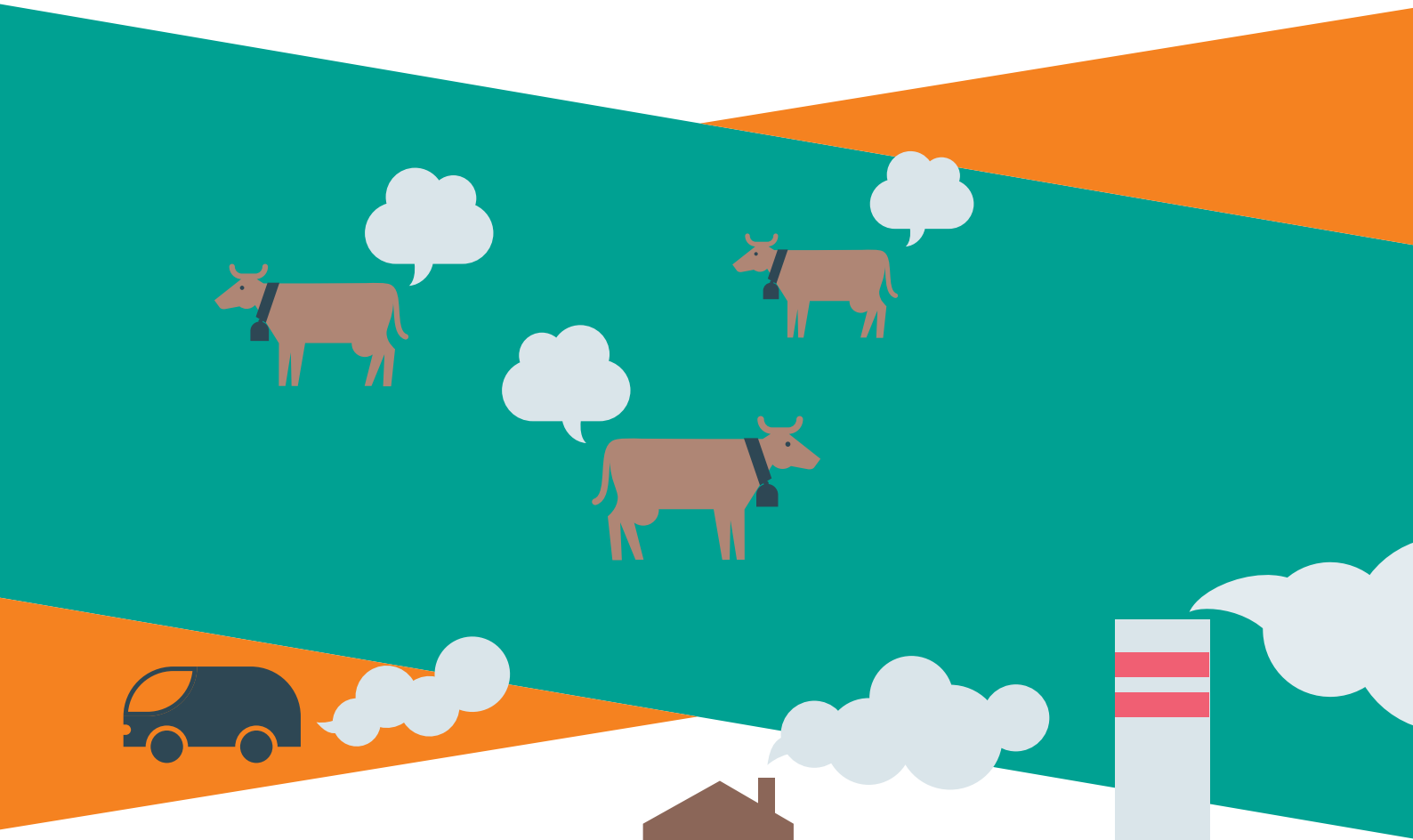
Grafica e illustrazione: Hannes Saxer, Berna

Stampa: Jordi AG – Das Medienhaus, Belp

## **TA-SWISS – Fondazione per la valutazione delle scelte tecnologiche**

Spesso le nuove tecnologie portano netti miglioramenti per la qualità di vita. Talvolta nascondono però anche nuovi rischi, le cui conseguenze non sono sempre prevedibili in anticipo. La fondazione per la valutazione delle scelte tecnologiche TA-SWISS esamina le opportunità e i rischi dei nuovi sviluppi tecnologici in materia di «biotecnologia e medicina», «digitalizzazione e società» e «energia e ambiente». I suoi studi si rivolgono sia ai decisori nella politica e nell'economia che all'opinione pubblica. TA-SWISS promuove inoltre lo scambio di informazioni e opinioni tra specialisti della scienza, dell'economia, della politica e la popolazione attraverso metodi di partecipazione. Siccome devono fornire informazioni il più possibile obiettive, indipendenti e solide sulle opportunità e sui rischi delle nuove tecnologie, i progetti di TA-SWISS sono elaborati d'intesa con gruppi di esperti composti in modo specifico a seconda del tema. Grazie alla competenza dei loro membri, questi gruppi d'accompagnamento coprono un ampio ventaglio di aspetti della tematica esaminata.

La fondazione TA-SWISS è un centro di competenza delle Accademie svizzere delle scienze.



TA-SWISS  
Fondazione per la valutazione  
delle scelte tecnologiche  
Brunngasse 36  
CH-3011 Berna  
info@ta-swiss.ch  
www.ta-swiss.ch

membro delle  
 **accademie svizzere  
delle scienze**

