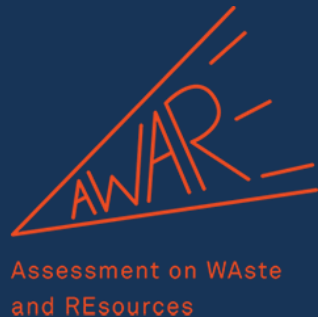


Pillole di circolarità e decarbonizzazione
Le attività del gruppo AWARE
8 luglio 2020



Cattura e stoccaggio di CO₂
tramite carbonatazione

Francesco Campo
francescopietro.campo@polimi.it



Cattura e stoccaggio di CO₂ tramite carbonatazione

- Necessità di rimuovere CO₂ dall'atmosfera
- Tecnologie per catturare e stoccare CO₂
- Carbonatazione e ciclo della calce
- Potenzialità e tempi della carbonatazione

Rimuovere CO₂ dall'atmosfera è necessario

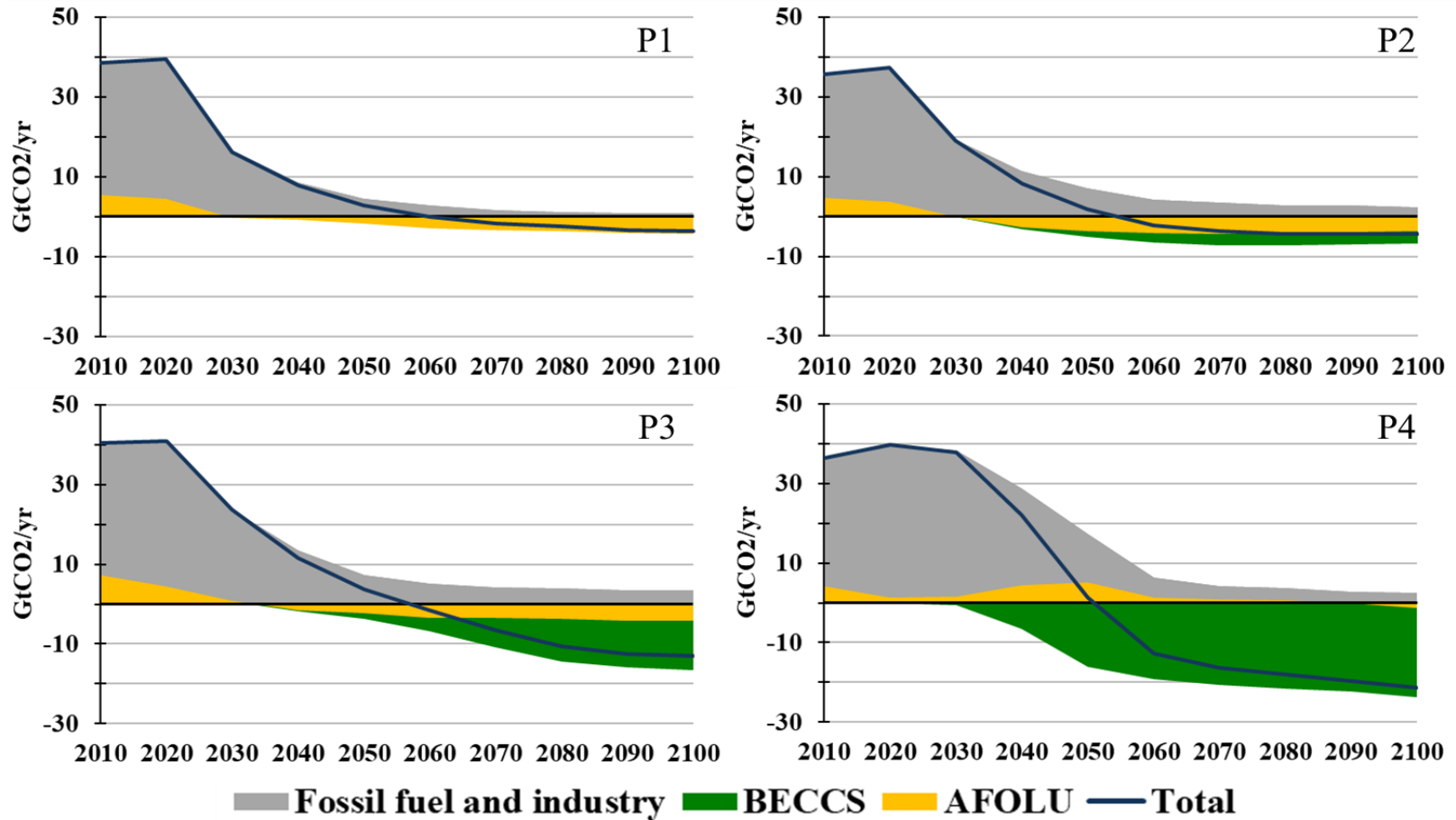
L'Accordo di Parigi stabilisce l'obiettivo di mantenere «*l'aumento della temperatura media mondiale ben al di sotto di 2 °C rispetto ai livelli preindustriali e proseguendo l'azione volta a limitare tale aumento a 1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali*».

Al fine di limitare l'innalzamento della temperatura media globale a 1,5°C è necessario:

- raggiungere emissioni nette zero intorno al 2050;
- rimuovere 100-1.000 Gt di CO₂ dall'atmosfera entro questo secolo.

(IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 °C, 2018)

Deboli e tardive azioni di riduzione delle emissioni richiedono maggiori assorbimenti di CO₂



Source: IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 °C (2018)

Tecnologie a emissioni negative

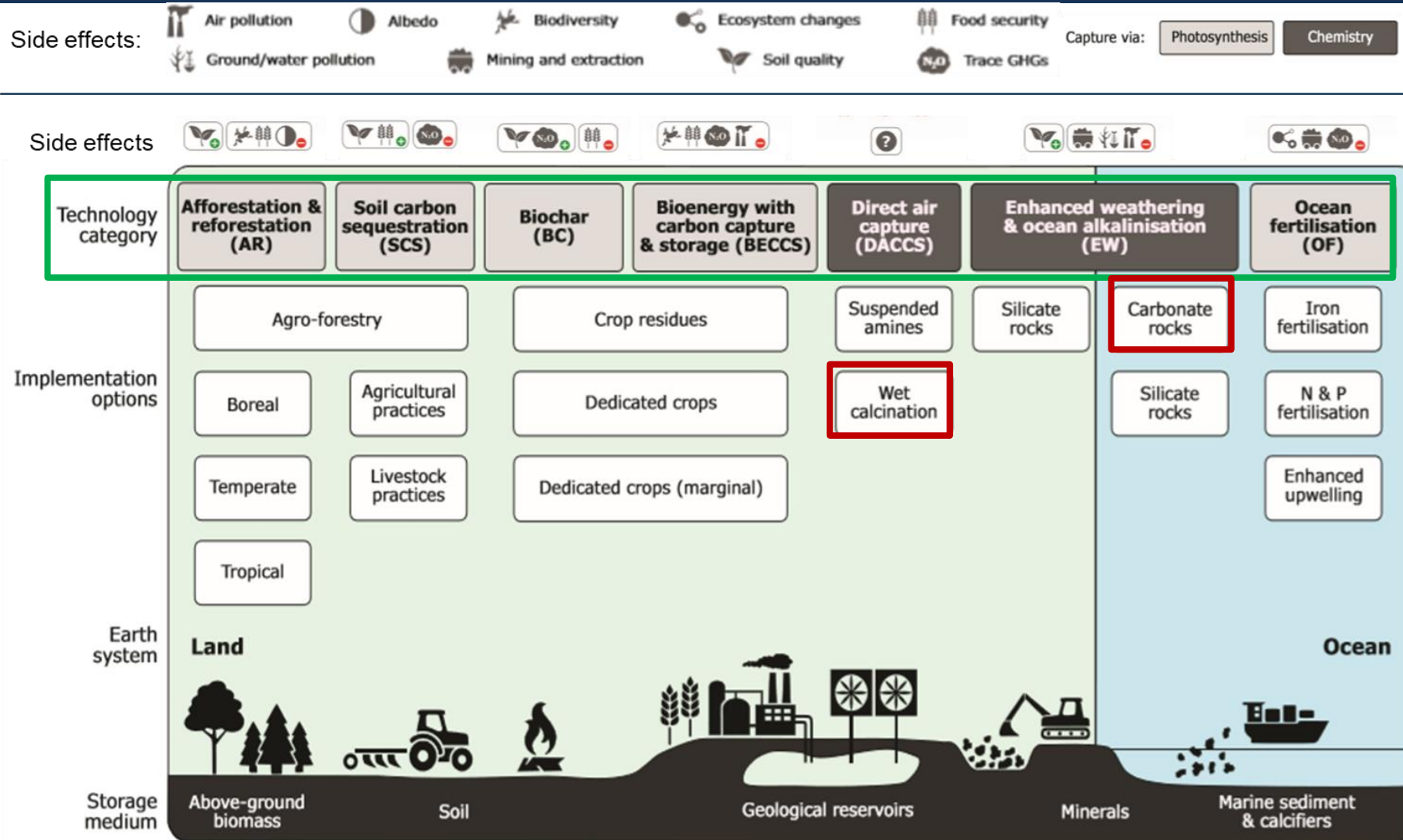
Cattura di CO₂ dall'atmosfera tramite:

- fotosintesi (afforestazione e riforestazione, BECCS...)
- processi chimici (ammine, idrossido di calcio...)

Stoccaggio di CO₂:

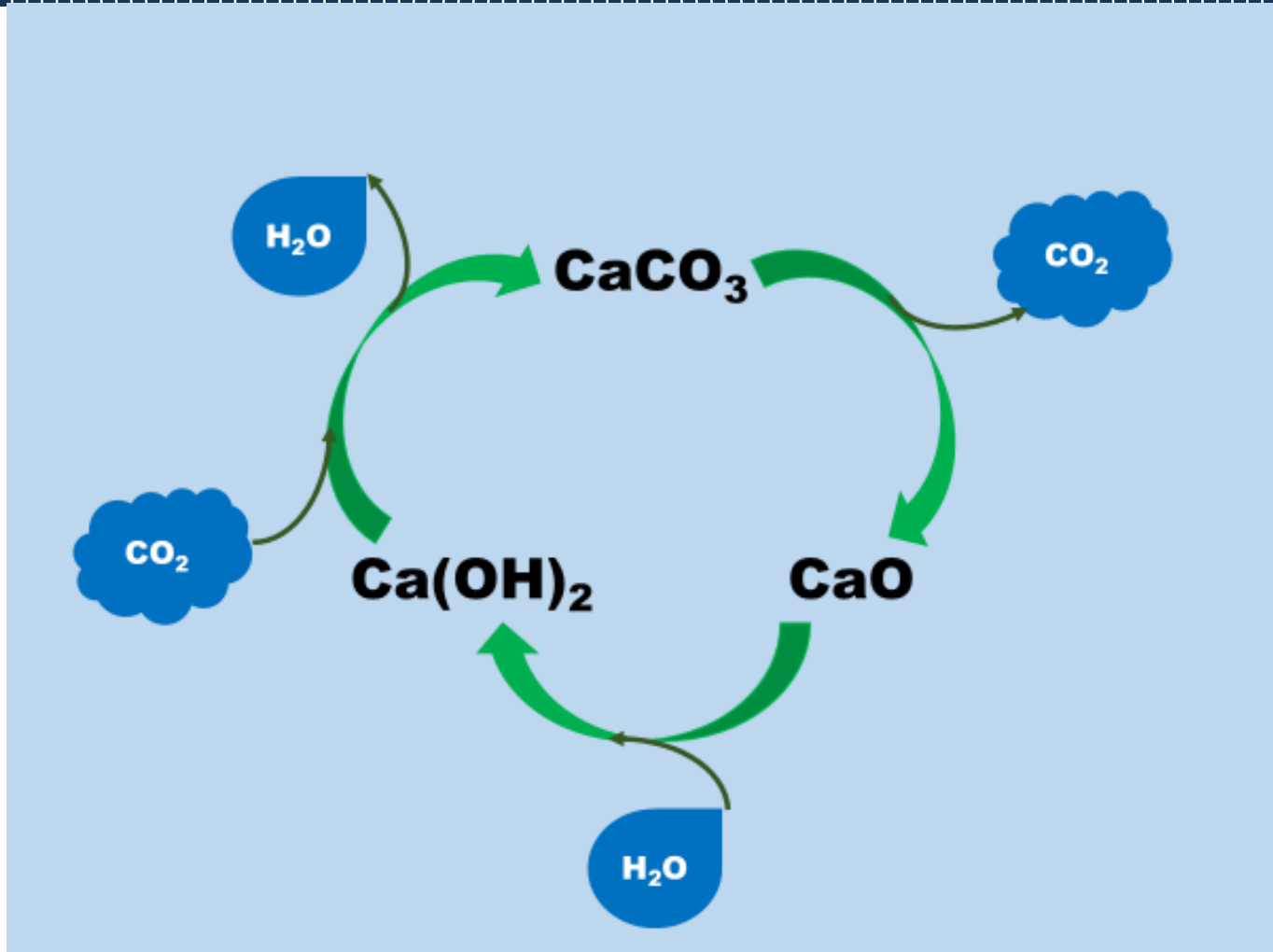
- stoccaggio geologico
- carbonati
- altri

Tecnologie a emissioni negative



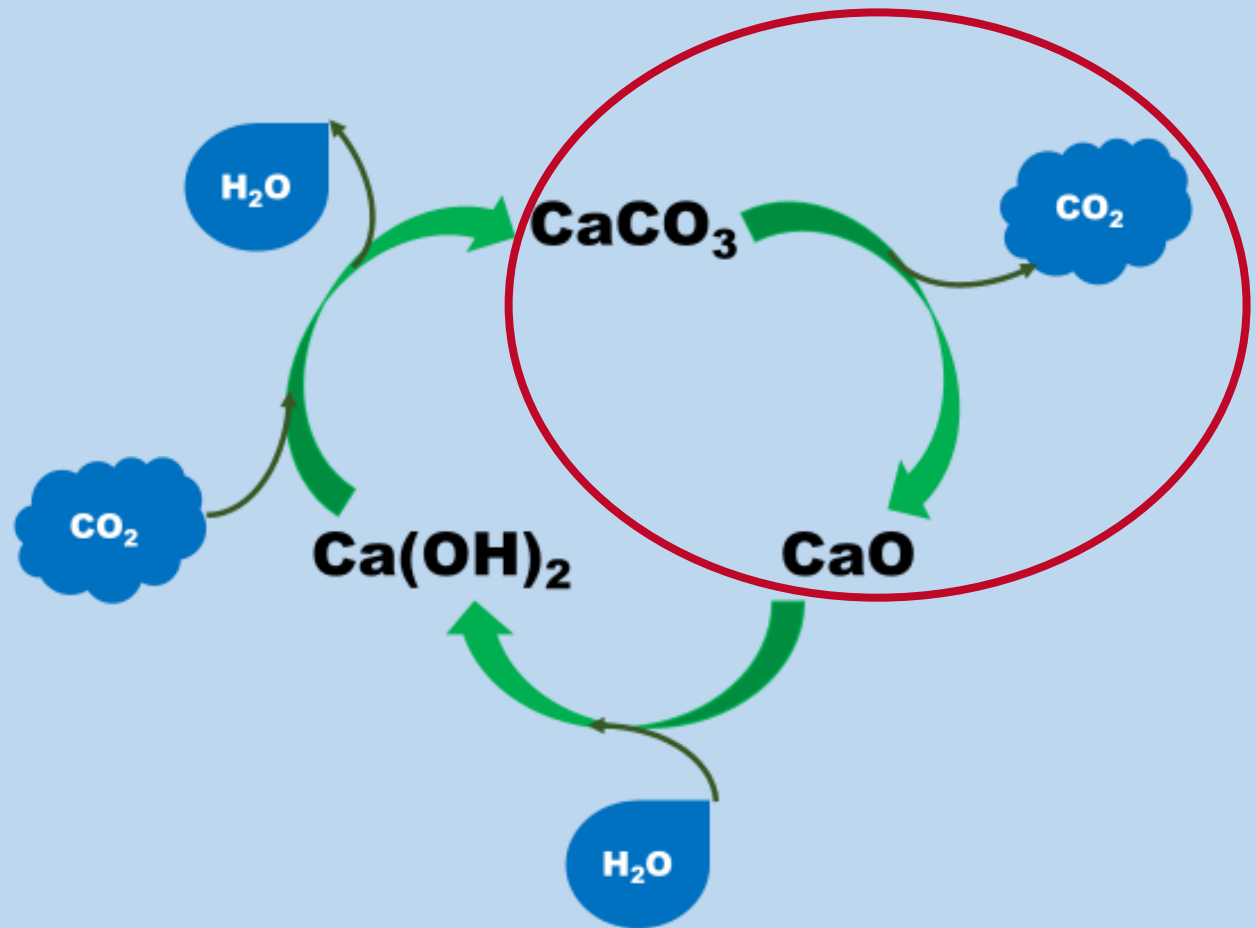
Source: Fuss et al., 2018, Negative emissions — Part 2: Costs, potentials and side effects, Environmental Research Letters

Ciclo della calce



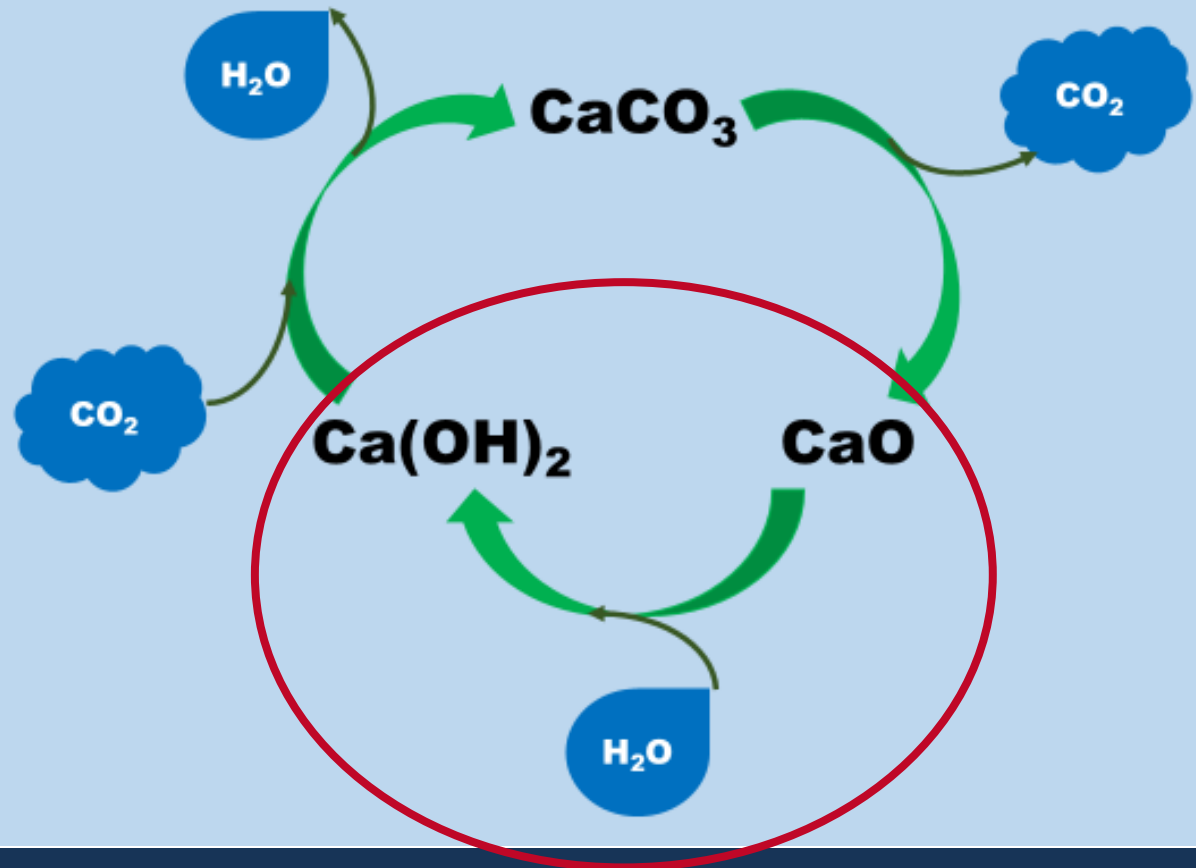
Ciclo della calce - calcinazione

Calcinazione avviene a elevate temperature. L'energia è fornita dalla combustione di combustibili fossili emettendo ulteriore CO_2 .



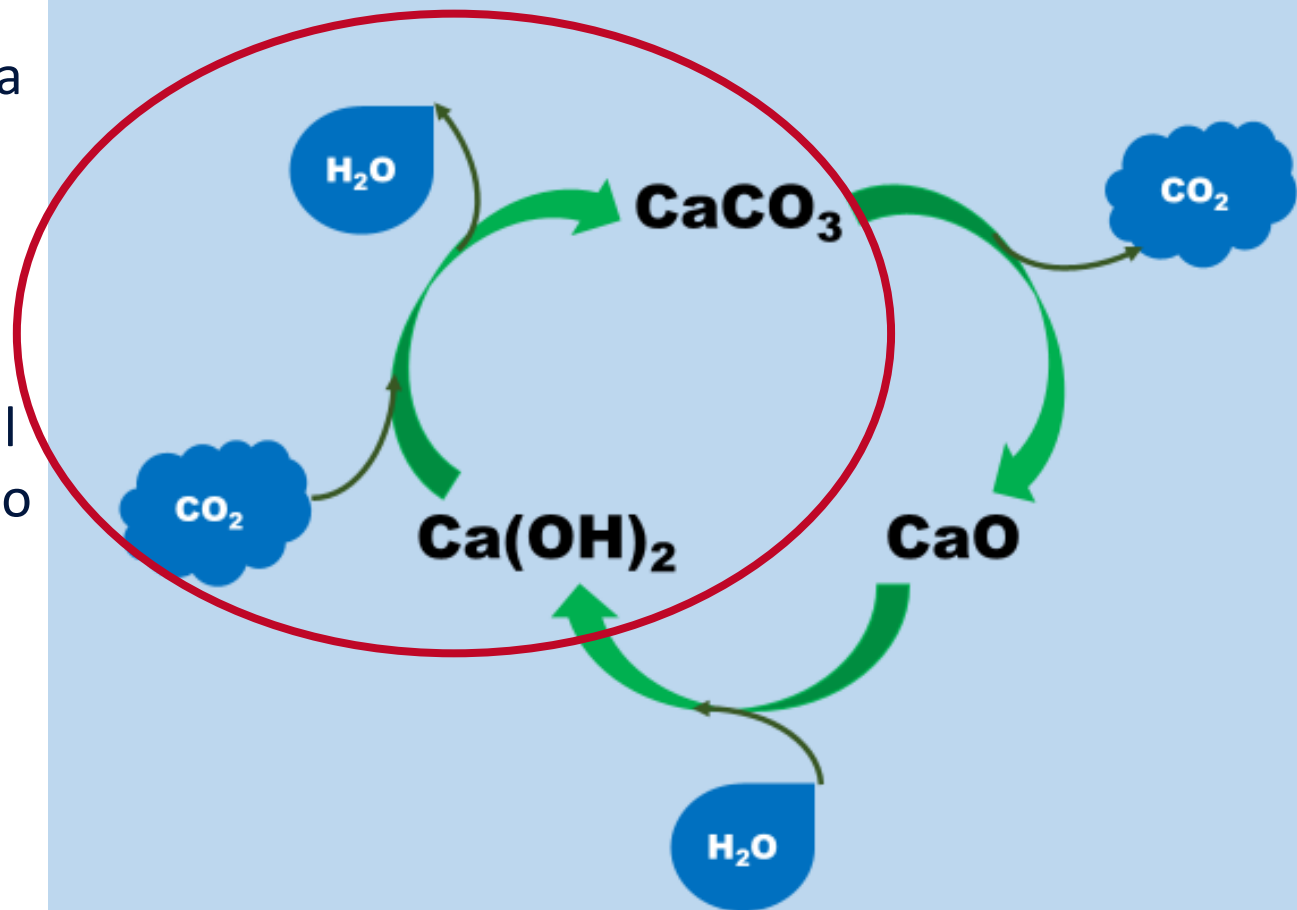
Ciclo della calce - spegnimento

Spegnimento dell'ossido di calcio in idrossido di calcio con aggiunta di acqua.



Ciclo della calce - carbonatazione

DACCS si basa sul ciclo della calce: la CO_2 catturata dall'atmosfera tramite la carbonatazione viene separata dal carbonato di calcio tramite la calcinazione e infine stoccata in formazioni geologiche.

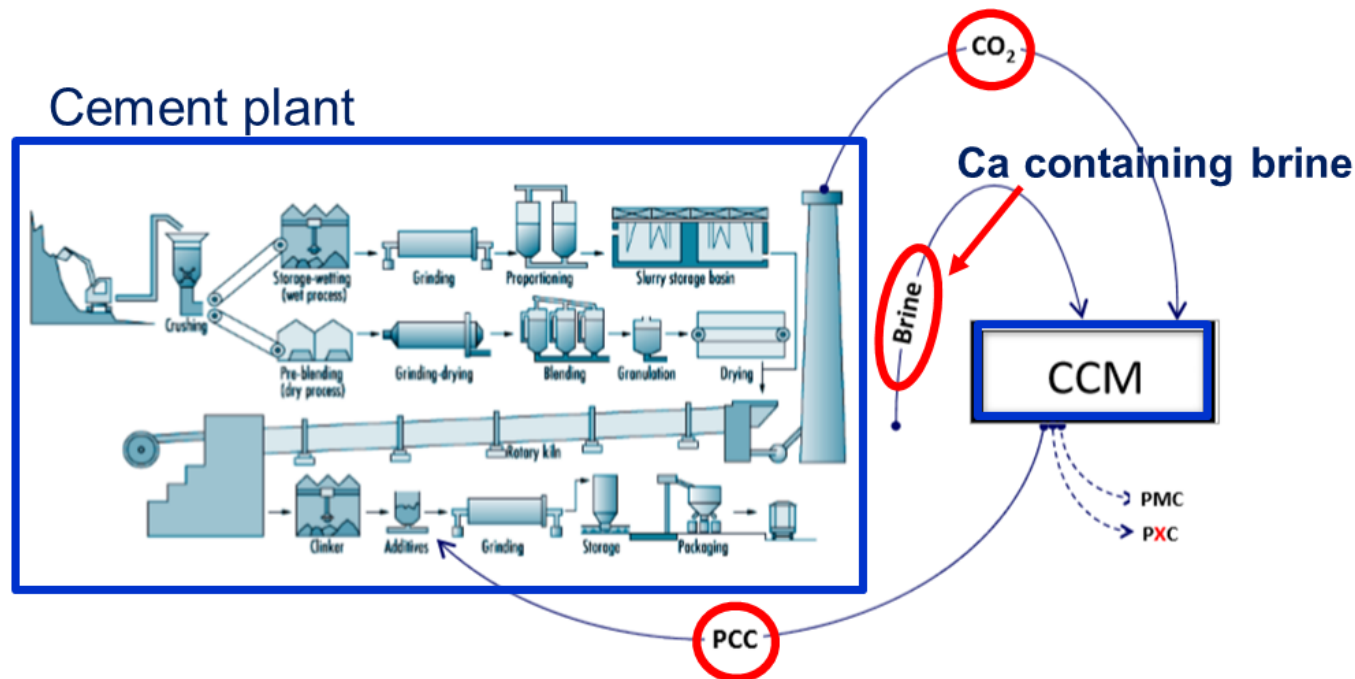


Calce e le sue molteplici applicazioni

- **Produzione dell'acciaio**
- **Produzione di materiali da costruzione (cemento, malte...)**
- **Produzione di Precipitated Calcium Carbonate**
- **Rimozione di gas acidi**
- **Produzione della carta**
- **Produzione dello zucchero**
- **Altri**

Rimuovere CO₂ dall'atmosfera tramite carbonatazione

Produzione del cemento utilizzando un *brine* ricco di calce per catturare e stoccare CO₂ proveniente dalle emissioni di un cementificio. Il carbonato di calcio ottenuto viene poi aggiunto al cemento come additivo.



Source: McDonald et al., 2019. *A New, Carbon-Negative Precipitated Calcium Carbonate Admixture (PCC-A) for Low Carbon Portland Cements*. In: *Materials*, 12, 554. DOI:10.3390/ma12040554

Rimuovere CO₂ dall'atmosfera tramite carbonatazione

Qual è l'origine della calce?

Se la quantità di CO₂ emessa durante la calcinazione viene stoccata,
possibili emissioni negative.

Altrimenti la calce riassume totalmente la quantità di CO₂ emessa
precedentemente, neutralità carbonica.

Rimuovere CO₂ dall'atmosfera tramite carbonatazione

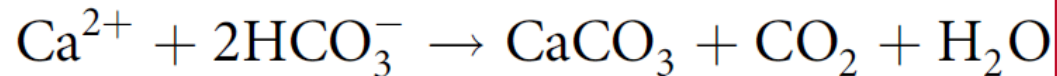
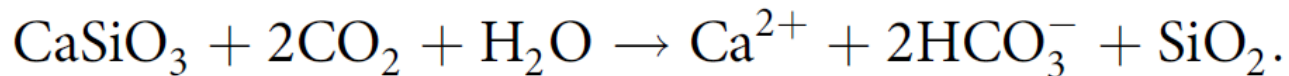
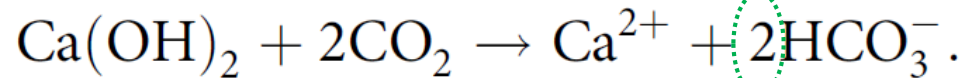
Survey and data processing on average worldwide **carbon uptake during the whole life cycle** of concrete: **17.6% of calcination emission.**

100% in the case of mortars.

Source: Xi et al., 2016. *Substantial global carbon uptake by cement carbonation*. In: Nature geoscience, 9, 880-883. DOI: 10.1038/NGEO2840

Enhanced weathering al posto della carbonatazione?

Enhanced weathering



Carbonatazione

Source: Renforth, 2019. The negative emission potential of alkaline materials. Nature communications 10, 1401. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09475-5>

Enhanced weathering al posto della carbonatazione?

- Enhanced weathering offre maggiori potenzialità di assorbimento rispetto a carbonatazione misurata.
- Per alcuni materiali anche rispetto al massimo potenziale di carbonatazione.

Material	2010 CO ₂ intensity ^a	2050 CO ₂ intensity ^b	Carbonation potential ^c	Measured carbonation ^d	Enhanced weathering potential ^e
Blast furnace slag			413 ± 13	90-230	620 ± 19
Basic oxygen furnace slag	12,000	2700-4300 (286-1080) ⁱ	402 ± 17	50-540	602 ± 25
Electric arc furnace slag			368 ± 10		552 ± 15
Ordinary portland cement	800	200-400 (100-200) ^j	510	300	773
Cement kiln dust	6900 ^g	1700-3500	330 ± 12	82-260	530 ± 21
Construction and demolition waste	—	—	77-110	—	110-190
Lime	1000	200 ^h	777 ± 13	—	1165 ± 19
Ultrabasic mine tailings	8-250	—	40-250	<50	60-377
Hard coal ash			36 ± 6	20-30	73 ± 10
Lignite ash	20,000	(2000-2600) ⁱ	146 ± 28	230-264	246 ± 52
Marine algae biomass ash			31	—	348
Wood/woody biomass ash			-89-815		-118 to 1766
Herbaceous and agricultural biomass ash	490	<-16,200	-239-520	80-380	-323 to 1505
Animal biomass ash ³⁸			56-376	—	145-724
Biomass average			186 ± 126	—	461 ± 260
Red mud	5400	(1080)	47 ± 8	7-53	128 ± 18 < 440 with acid neutralising capacity of liquor

Input data are presented in Supplementary Table 2 and Supplementary Note 1, all units in kg CO₂ t⁻¹

^aCalculated by dividing the emissions of the production process by the mass of alkaline material

^bPredicted future emission normalised to mass of alkaline material

^cMaximum CO₂ capture potential by forming carbonate minerals

^dCO₂ capture measured in experimental work

^eMaximum enhanced weathering CO₂ capture potential

^fCO₂ mitigation potential from other uses of material

^gSee Supplementary Notes 2 and 3

^hBased on an 80% emission reduction target²⁶ (e.g., UK and EU)

ⁱAccounting for aggregate primary energy carbon intensities in RCP2.6 by 2050. Brackets denote 2100 projected

and resources

Source: Renforth, 2019. The negative emission potential of alkaline materials. Nature communications 10, 1401. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09475-5>

Quali tempi?

- A seconda della applicazione della calce, la carbonatazione avviene su scale temporali diverse. Per esempio nel caso dei materiali di costruzione avviene durante tutto il tempo di vita dell'edificio, mentre nella produzione del Precipitated Calcium Carbonate è immediato.
- A differenza della biomassa, per cui sono state proposte diverse metodologie per valutare come avviene l'assorbimento di CO₂ nel tempo e ricerche sull'argomento sono in corso, non è stata ancora proposta una metodologia per la carbonatazione.

Quali tempi?

- Andersson et al. (2019) hanno proposto di includere la carbonatazione come assorbimento di CO₂ negli inventari nazionali di gas serra come avviene già per i materiali in legno e altri settori relativi alla biomassa. A questo scopo hanno definito una preliminare metodologia di contabilizzazione come nelle linee guida dell'IPCC sugli inventari nazionali di gas serra solo per cemento e malte.

Source: Andersson et al., 2019. Carbonation as a method to improve climate performance for cement based material. Cement and Concrete Research 124 (2019) 105819.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105819>

Grazie per l'attenzione!

Francesco Campo

francescopietro.campo@polimi.it

Pillole di circolarità e decarbonizzazione – Le attività del gruppo AWARE
8 luglio 2020

