



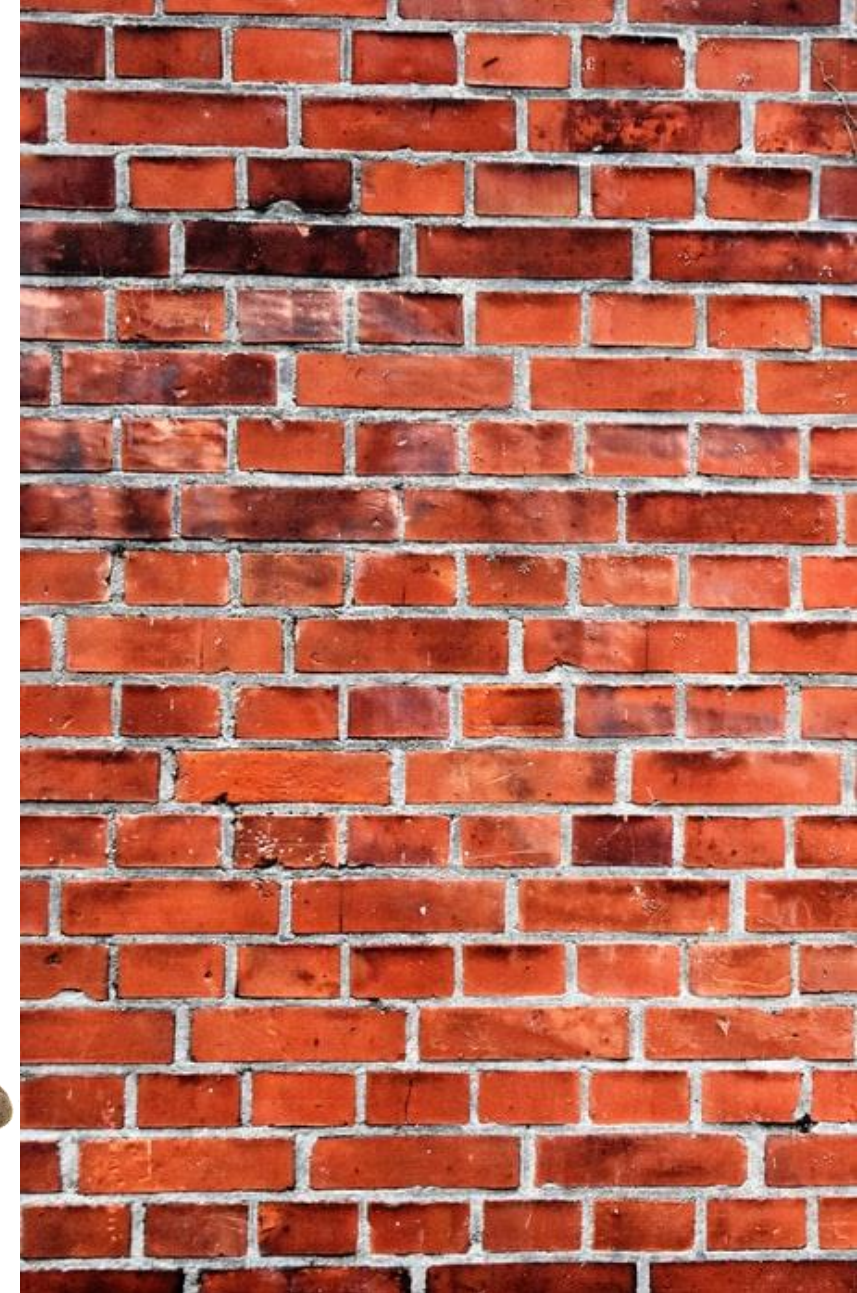
Ler – fremtidens råmateriale til CO₂ reduceret cement



Vicky Kjær Søndergaard Sørensen, Herning Billedskole



Alle mennesker kender
til ler og produkter med
ler!





Ler har været anvendt til cementfremstilling siden Joseph Aspdin opfandt Portland cement for snart 200 år siden.

Ler indgik sammen med sand og kalksten som de vigtigste råmaterialer ved brænding af klinker. Klinkerne formales efterfølgende til cement.

Men i 1970'erne blev ler erstattet med flyveaske på mange cementfabrikker. Et langt billigere (og bedre) materiale fra kulfyrede kraftværker.



Hvorup lergrav
ca. 1970



Lergravning i
Aalborg ca.
1909



Lergraven
(Aalborg)
1914



Moler-cement

Cement tilsat
brændt moler

Produktion fra
omkring 1900 til
1965

Ler – fremtidens råmateriale til CO₂ reduceret cement

- Klinker-erstatnings-materialer
 - Ler og ler-mineraler
 - Brænding af ler
 - Brændt ler i cement

Klinkerestatningsmaterialer

Europæisk cement standard EN 197-1:2012

Hoved-typer	Betegnelse for de 27 produkter (typer af almindelige cementer)		Sammensætning (masse-% ^a)										
			Hovedbestanddele										Andre bestanddele
			Klinker	Høj-ovns-slagge	Mikro-silica	Puzzolan		Flyveaske		Brændt skifer	Kalksten		
						natur-lig	calcin. naturl.	sil.-alum.	sil.-calc.		L	LL	
			K	S	D ^b	P	Q	V	W	T	L	LL	
CEM I	Portlandcement	CEM I	95-100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
	Portlandslagge-cement	CEM II/A-S	80-94	6-20	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
	Portlandmikro-silicacement	CEM II/A-D	90-94	–	6-10	–	–	–	–	–	–	–	0-5
	Portlandpuzzolan-	CEM II/A-P	80-94	–	–	6-20	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-P	65-79	–	–	21-35	–	–	–	–	–	–	0-5

Basis-Cement: CEM II/A-LL (Portlandkalkstenscement)

FutureCEM: CEM II/B-M (Q,LL) (Portlandkompositcement)

Aalborg SOLID Cement: CEM II/A-V (Portlandflyveaskecement)

Klinkererstatningsmaterialer – Puzzolanreaktion

De fleste klinkererstatningsmaterialer besidder puzzolan-reaktivitet. Det betyder, at de kan reagere med calciumhydroxid og danne cement gel (calcium silikat hydrat). Denne reaktion bidrager til styrkeudviklingen, når cementen hærder.

Den væsentligste styrkegivende reaktion fra cementklinker:

Calcium-silikat faser "C-S" + Vand "H"



Cement gel "C-S-H" + Calciumhydroxid "CH"

Den væsentligste styrkegivende reaktion fra klinkererstatningsmaterialer:

Aluminium-silikat faser "A-S" + Calciumhydroxid "CH" + vand "H"



Cement gel "C-S-H" + Calcium-aluminathydrat faser "C-A-H"

Ler – fremtidens råmateriale til CO₂ reduceret cement

- Klinker-erstatnings-materialer
- Ler og ler-mineraler
- Brænding af ler
- Brændt ler i cement

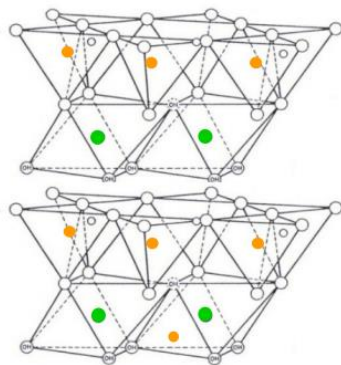
Definition på ler

Ler er defineret forskelligt i litteraturen

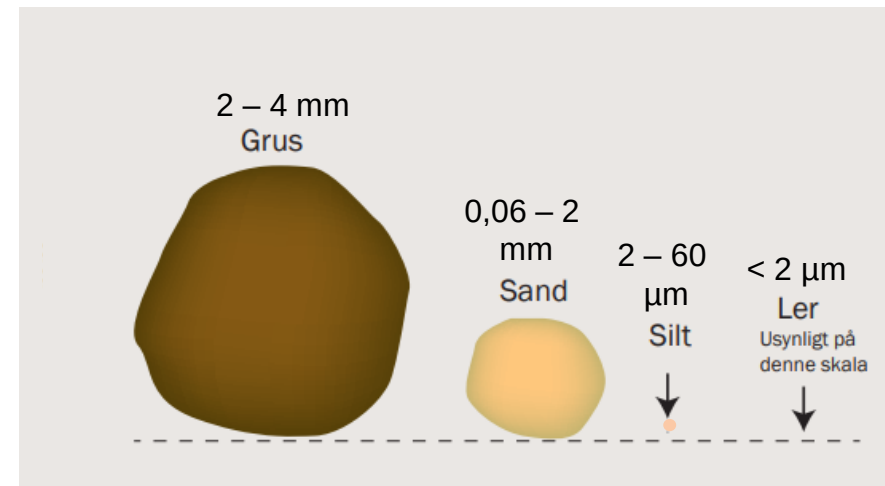
1. Ler er en jordart der kan undergå plastisk deformation. (kemisk sammensætning ikke relevant)

2. Ler er en jordart bestående af partikler med en diameter mindre end 2 mikrometer. (kemisk sammensætning ikke relevant)

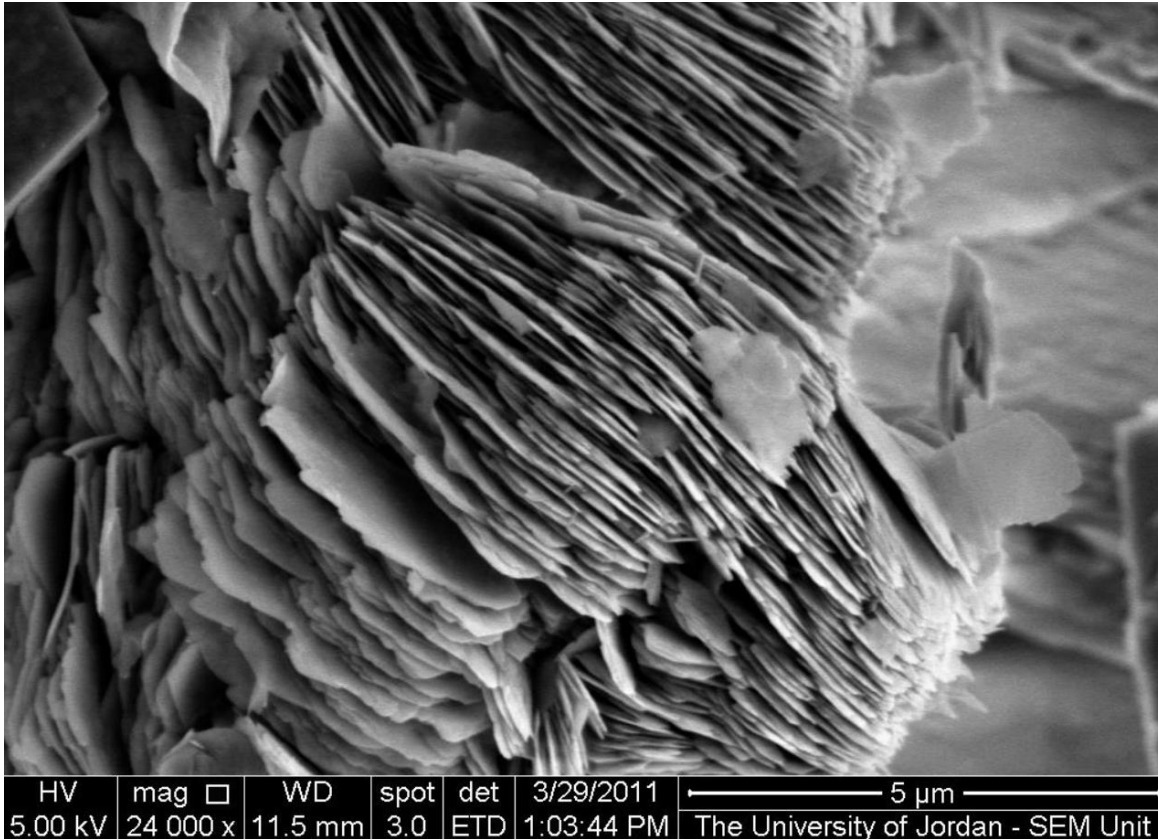
3. Ler er en jordart bestående overvejende af ler-mineraler.



● aluminium
● silicon



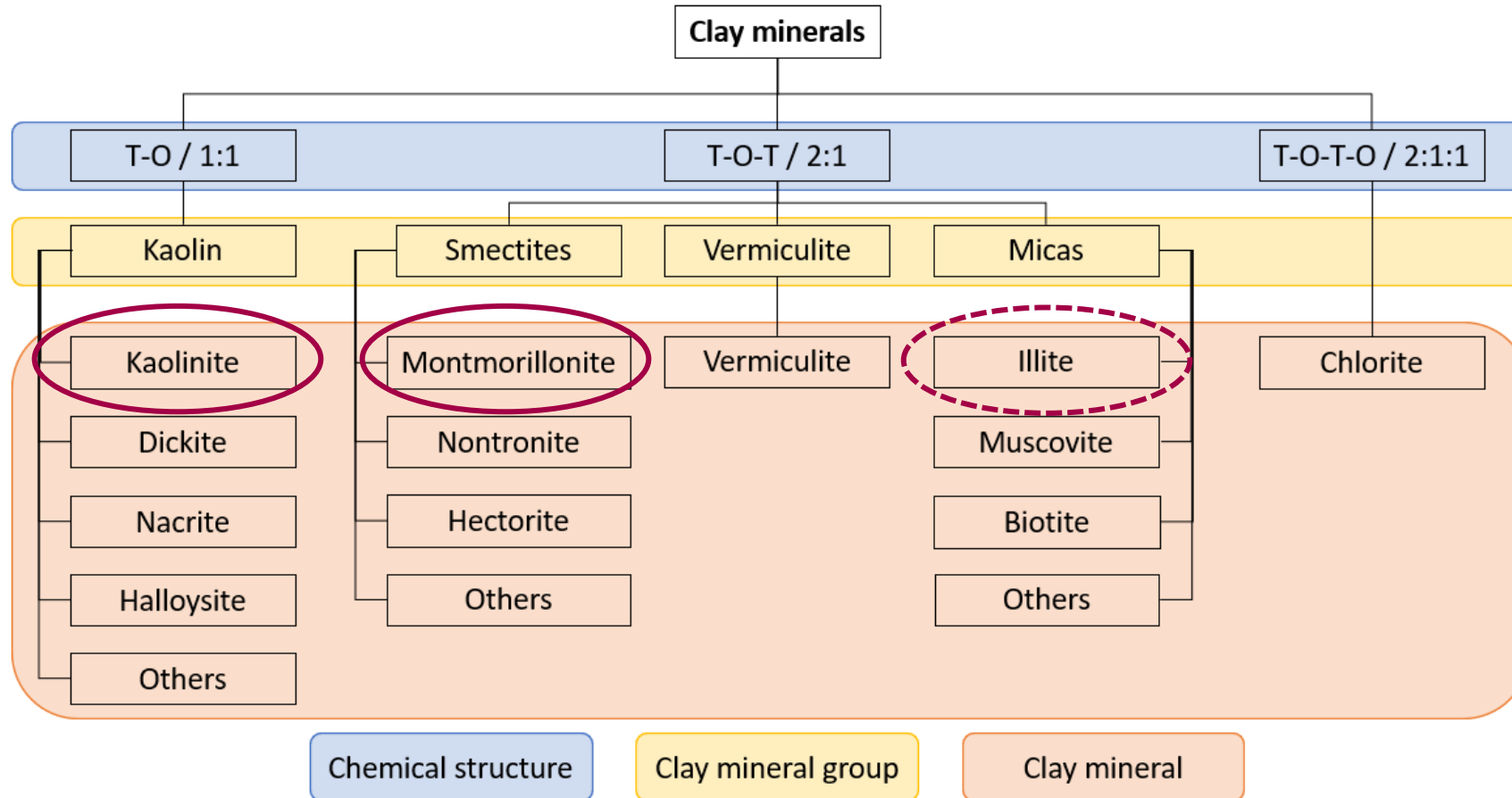
| Definition på ler-mineraler



Ler-mineraler er lag-silikater og andre mineraler som er krystallinske og som giver ler dets plasticitet og evne til at hærder ved tørring og brænding

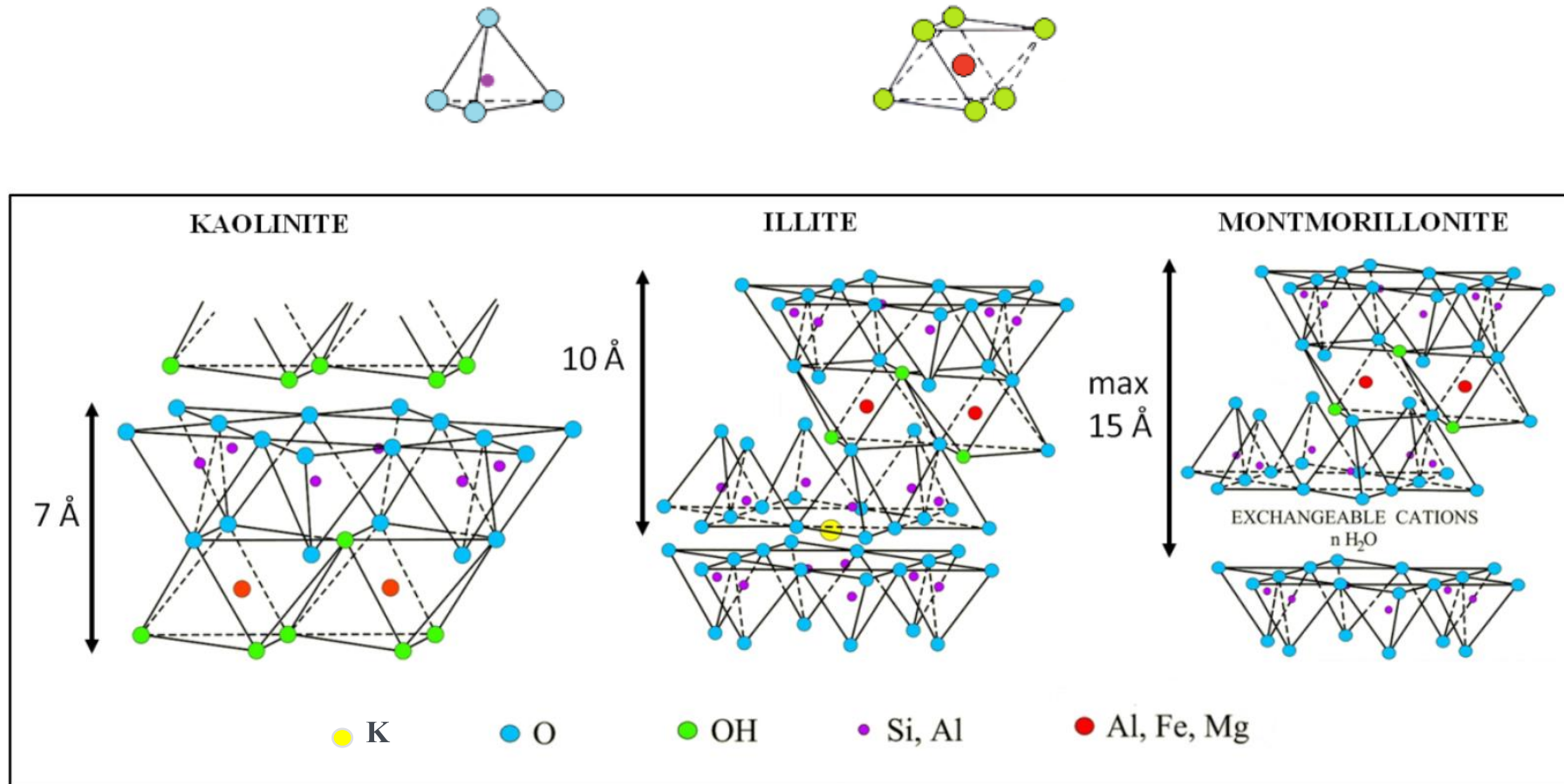
| De traditionelle ler-mineraler (lag-silikater eller phyllo-silikater)

Ler-mineralerne er inddelt i grupper afhængig af deres kemiske struktur. De mest relevante er kaolin, smectit, vermiculit og glimmer (mica)



De traditionelle ler-mineralers kemiske opbygning

Ler-mineraler består af lagdelte molekyler opbygget af tetraeder og oktaeder



Ler i Danmark

- Ler er aldrig rent men vil ofte bestå af flere ler-mineraler og sammen med andre materialer som f.eks. kridt og sand m.v.
- Der er mange navne for ler – afhængig af lokalitet, egenskaber (brændt og ubrændt), anvendelse og periode det er dannet etc. F.eks.:

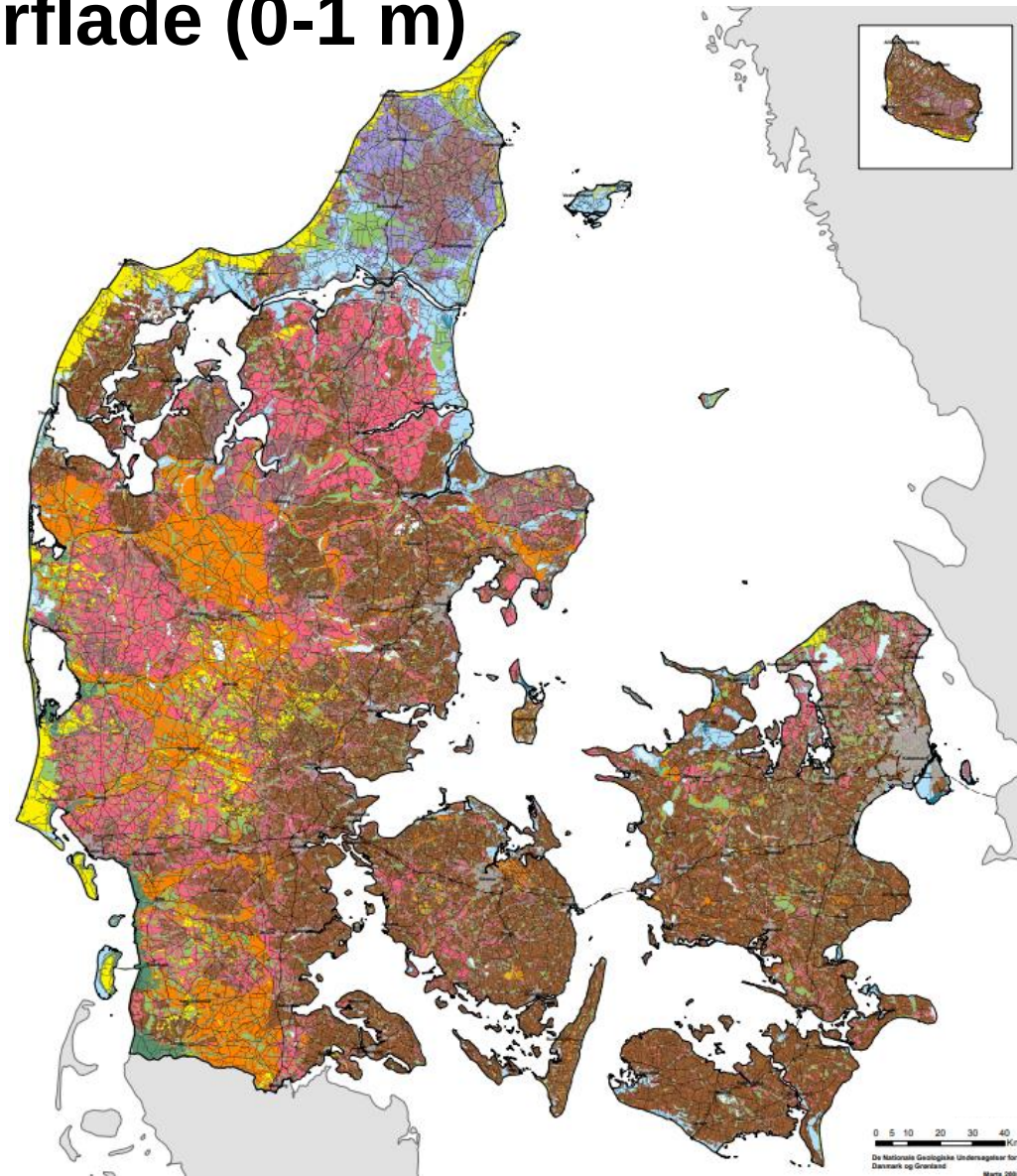
- Moler
- Blåler
- Rødler
- Mergeller
- Plastisk ler

- Glimmerler
- Moræneler
- Ildfast ler
- Gulbrændende ler
- Rødbrændende ler

- Yoldia ler
- Cyprina ler
- Dryas ler
- Fedt ler
- Stentøjsler

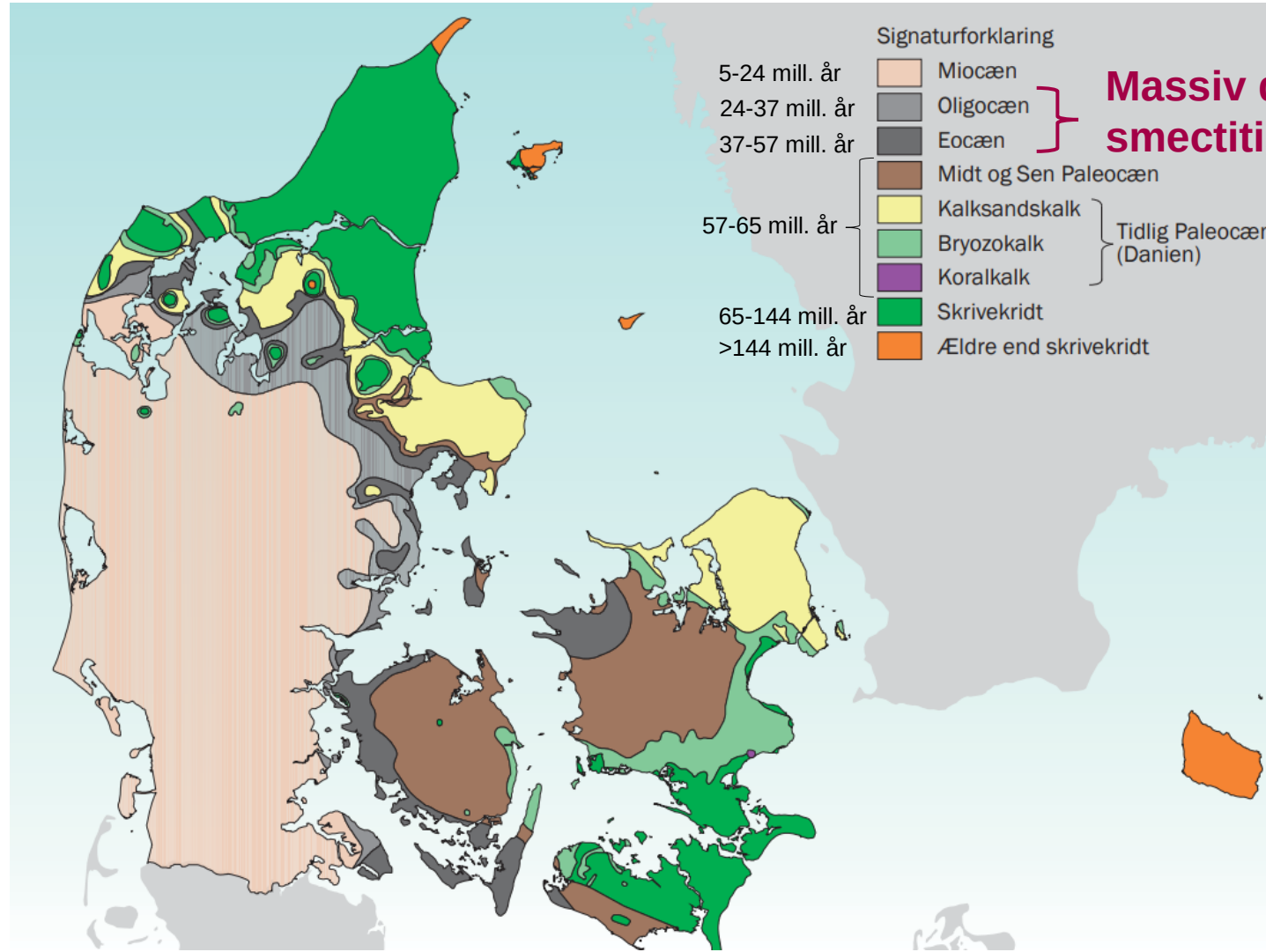
- Pibeler
- Kaolin ler
- Smectitisk ler
- Brandenler

Danmarks overflade (0-1 m)



- Flyvesand
- Ferskvandsdannelser
- Marsk
- Marint sand og ler
- Strandvolde
- Morænesand og grus
- Moræneler
- Smeltevandssand og -grus
- Smeltevandsler
- Extramarginale aflejringer
- Ældre havaflejringer
- Prækvartær
- Søer
- Fyld, havne, diger m.m.

Danmarks overflade nedenunder istidsaflejringerne (prækvartæroverflade)



Ler i Danmark



Moler på Mors er dannet for ca. 54 mio. år siden (Eocæn periode).

Det består af Smectitisk ler-mineral og skaller fra kiselalger

Ler i Danmark

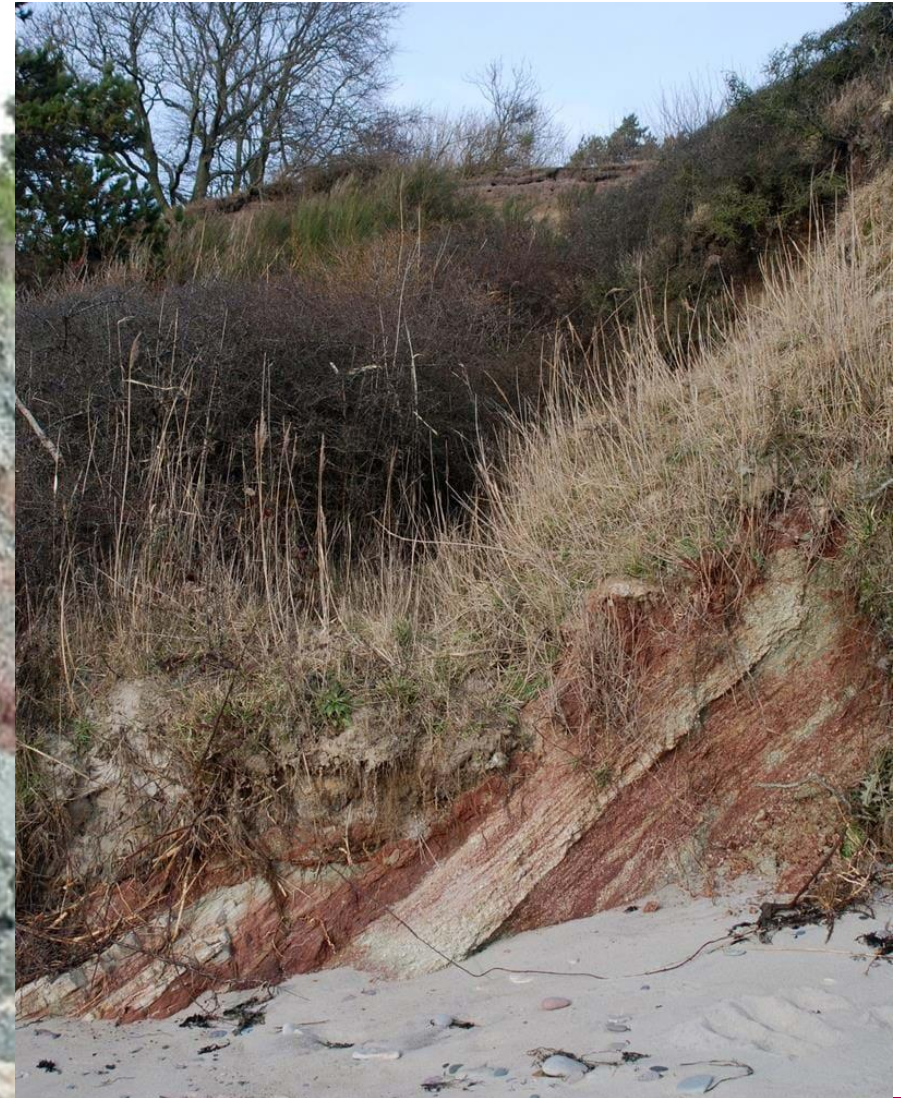


Lerforekomster i Ølst bakker. Forskellige ler-formationer dannet både i Oligocæn og Eocæn periode.



Ler i Danmark

Plastisk rødler og blåler ved Munkerup



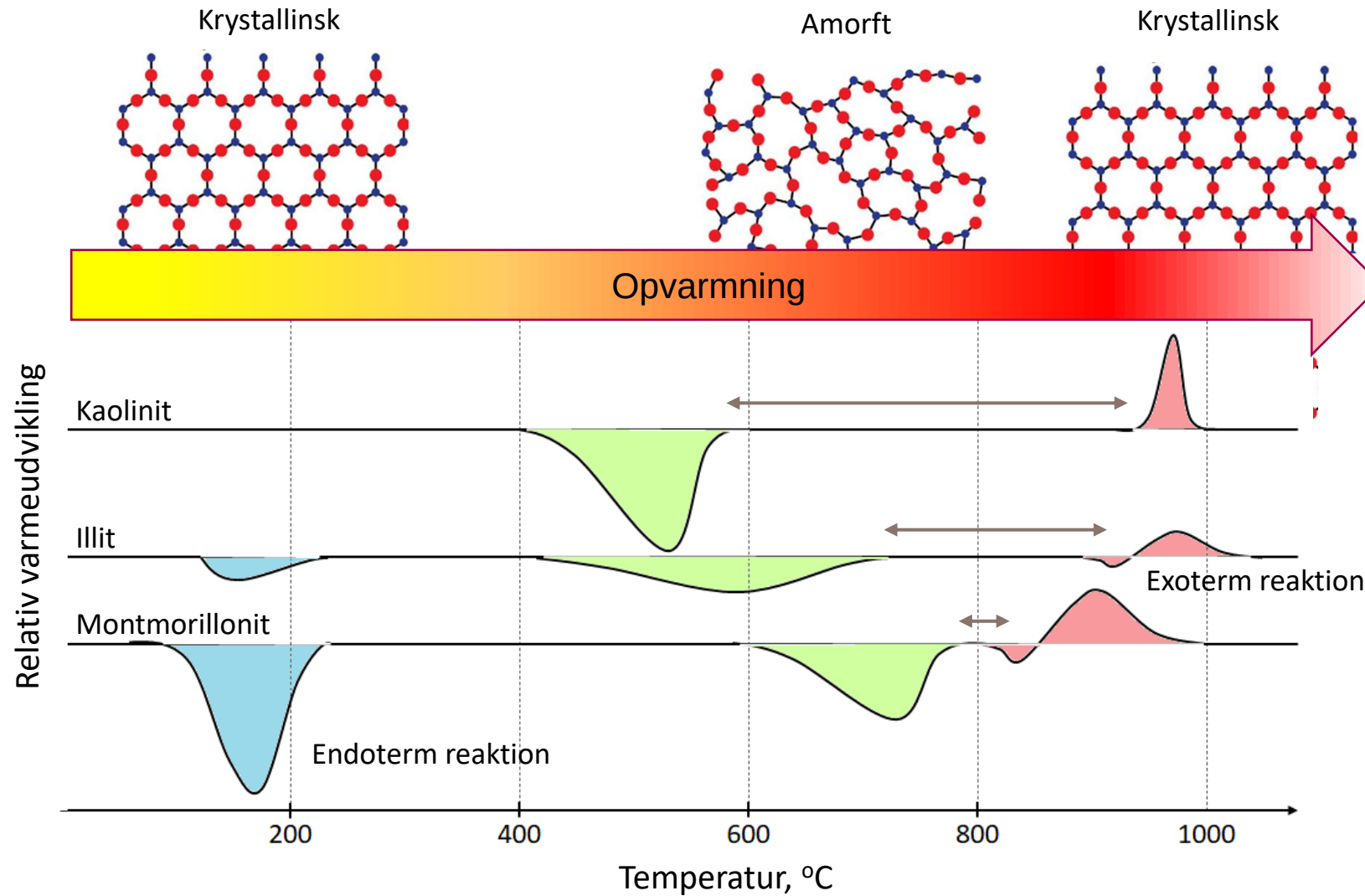
Ler – fremtidens råmateriale til CO₂ reduceret cement

- Klinker-erstatnings-materialer
- Ler og ler-mineraler
- Brænding af ler
- Brændt ler i cement

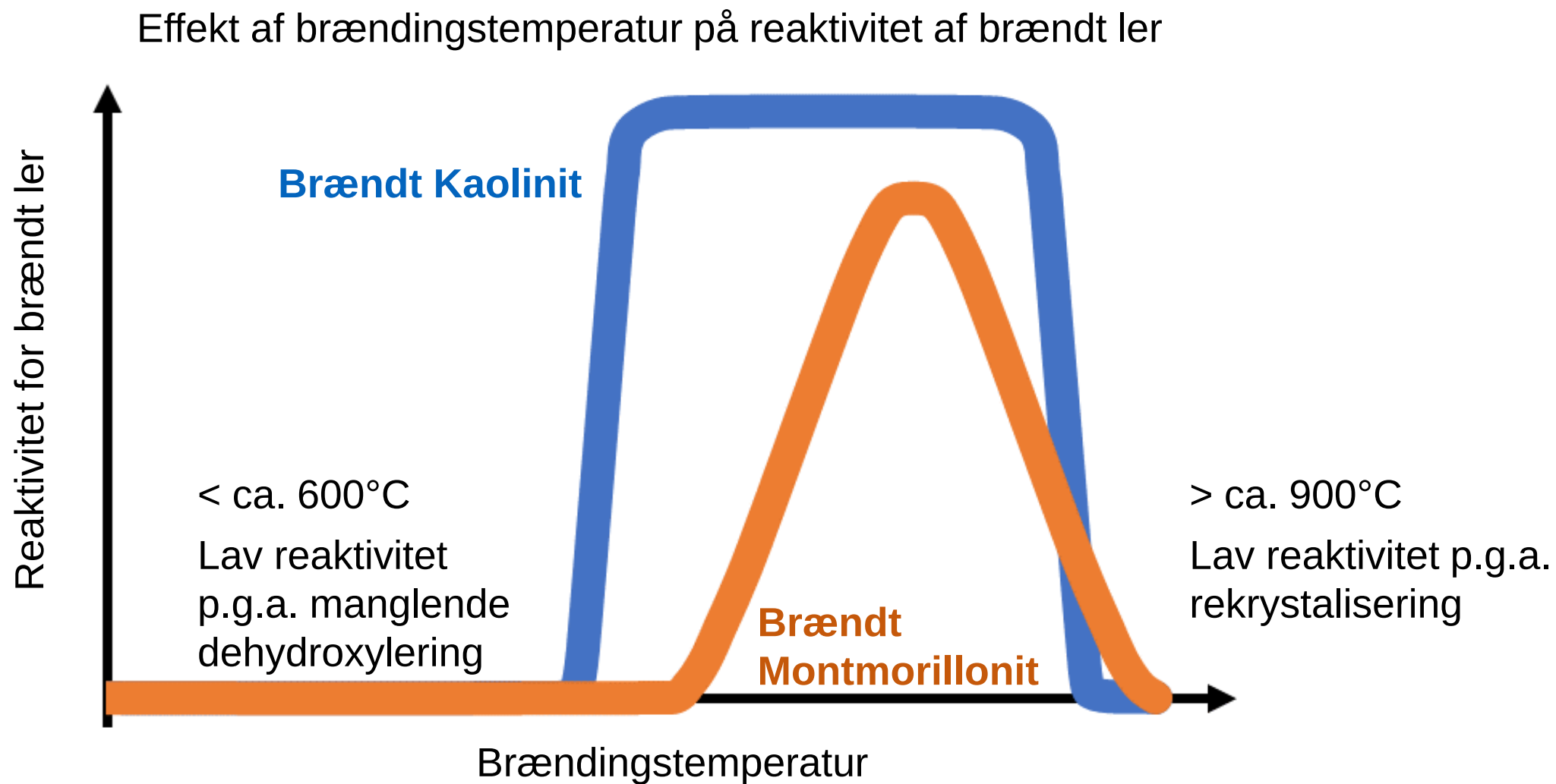
| Brænding af ler

- Rå ler har ingen puzzolan-egenskaber og kan derfor ikke blandes direkte i cement.
- For at ler bliver reaktivt skal det brændes!

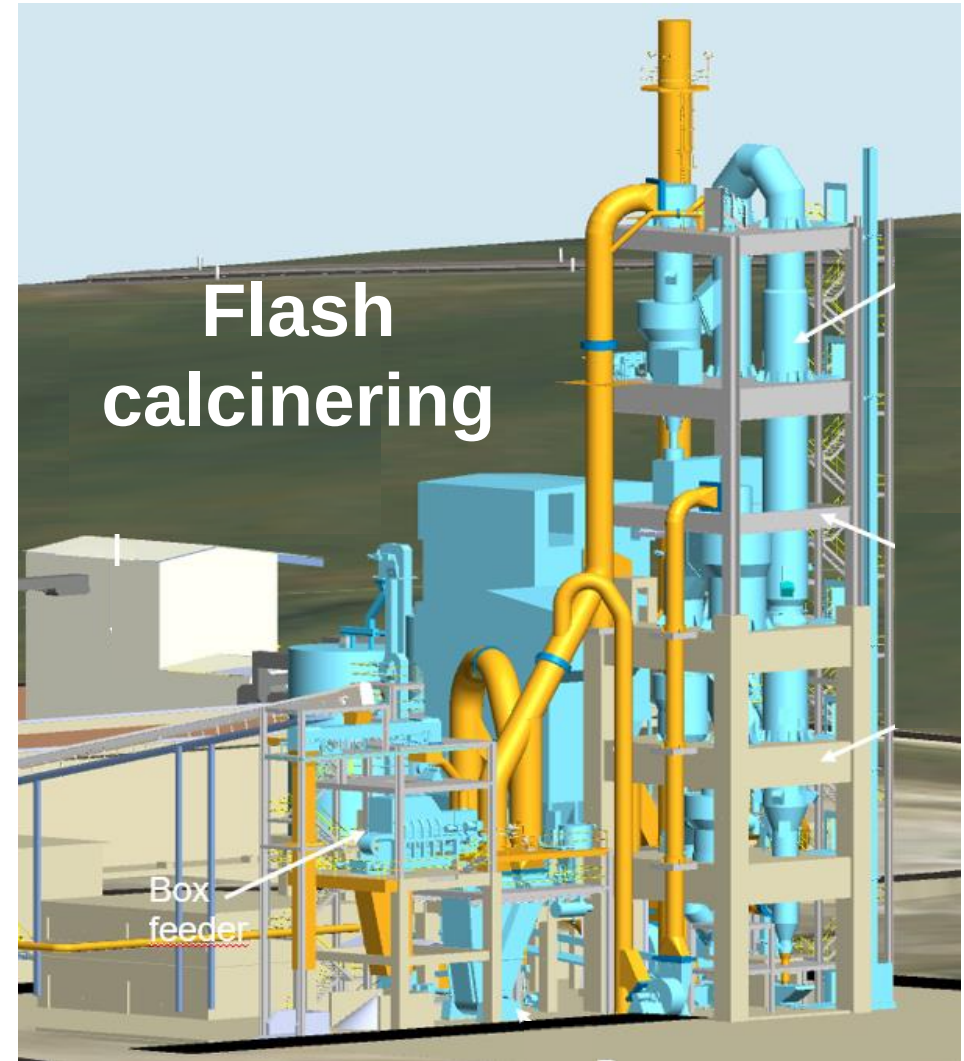
Brænding af ler – omdannelse ved opvarmning



| Brænding af ler – temperatur for optimum reaktivitet



Brænding af ler



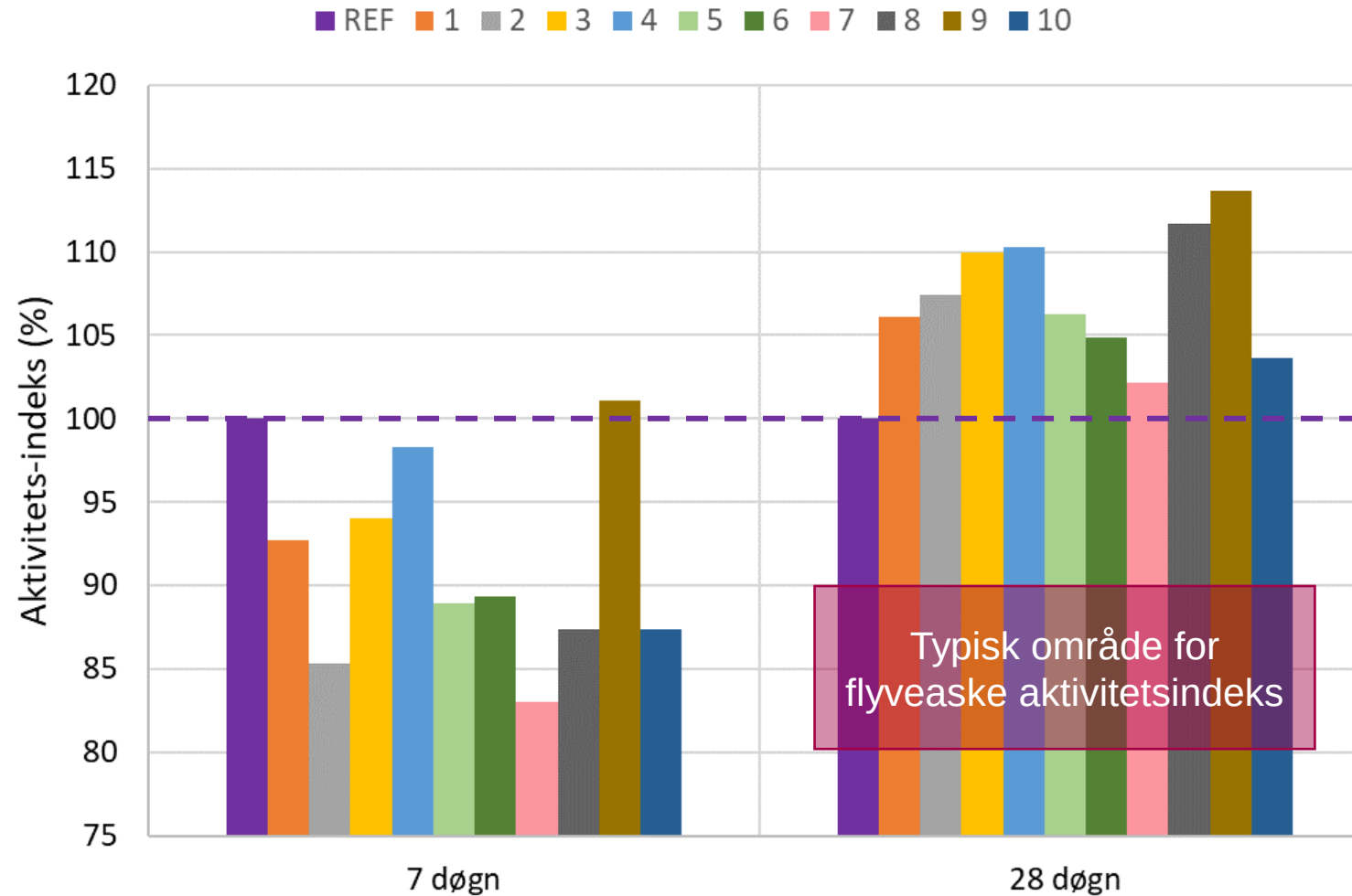
Ler – fremtidens råmateriale til CO₂ reduceret cement

- Klinker-erstatnings-materialer
- Ler og ler-mineraler
- Brænding af ler
- Brændt ler i cement

| Brændt ler i cement

- Det brændte ler har form af små noder eller korn afhængig af brændingsprocessen. Men det skal formales for at kunne anvendes i cement.
- Ved fremstilling af FutureCEM fra Aalborg formaler vi den brændte ler sammen med cementklinkerne (sam-formaling). Da brændt ler er meget porøst og let-formaleligt opnås, at det brændte ler bliver ca. 3 gange finere end klinkerdelen i cementen.

Brændt ler reaktivitet i cement – aktivitetsindeks (25% cementsatning)





Tak
og så er det tid
til spørgsmål