

# Kalcineret ler som tilsætning

- Hvad er kalcineret ler
- Historik
- Betonnorm tillader brug af kalcineret ler som SCM
- Fremstilling
- Kemiske egenskaber
- Fysiske egenskaber
- Anvendelse
- Miljøbelastning

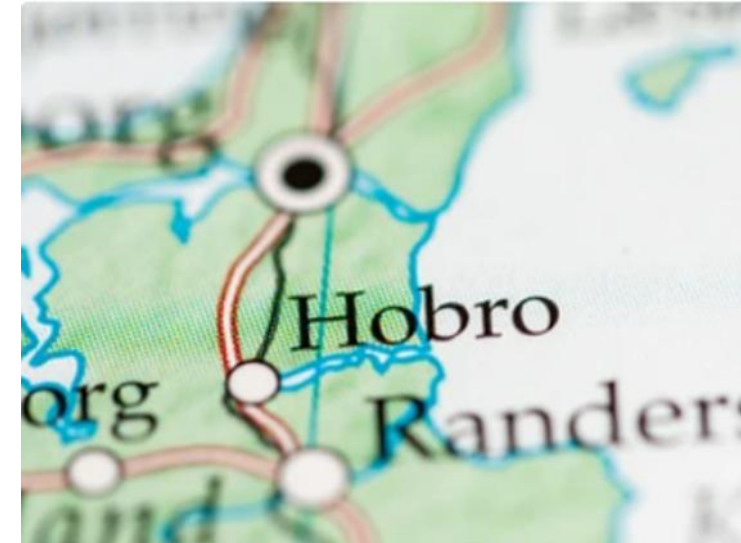


Introduktion februar 2026

Gunnar Hansen

## Firmaet

- NovaClay A/S er et joint venture mellem CemGreen ApS og CRH Denmark A/S
- Produktionssted: Hobro, Jylland
- Produkt: Kalcineret lerprodukt, NovaClay.



# Kalcineret ler som tilsætning – hvad er det?

- Kalcineret ler – eller nærmere kalcineret lerprodukt.
- Ler direkte fra en eller flere lergrave som
  - Æltes/homogeniseres/formes til ensartede geometriske enheder
  - Varmebehandles ved ca. 700 °C
  - Formales til ca. halv størrelse af cement
- Anvendes som et cementsatningsprodukt (SCM)
- Andre former for kalcineret ler kan anvendes i forbindelse med fremstilling af cement
- Andre SCM kan nævnes: Flyveaske – Slagge – kalkfiller – Sambrændt Bioaske.



# Historie – i nyere tid

- De første typer af kalcineret ler blev fremstillet af stort set rene kaolinite ler, som er det ler der kan give størst reaktivitet ved en korrekt kalcinering – den har også det største vandbehov.
- Siden midten af **1930**'erne har man i Brasilien anvendt kalcineret ler som SCM i deres beton.
- I USA blev der fremstillet cement med kalcineret ler i **1970**'erne.
- I **2010**'erne fandt bl.a. Aalborg Portland frem til at lerarter som indeholdt mindre andel af kaolinite ler som de danske, med fordel kunne blandes med kalkfiller efter kalcinering af leret - og bruges til at fortynde mængden af cementklinker – det blev til FutureCem. I udlandet blev det til LC3-cement.
- I **2024** blev det tilladt i Danmark at anvende kalcineret ler som et SCM materiale.

# Betonnorm tillader brug af kalcineret ler som SCM

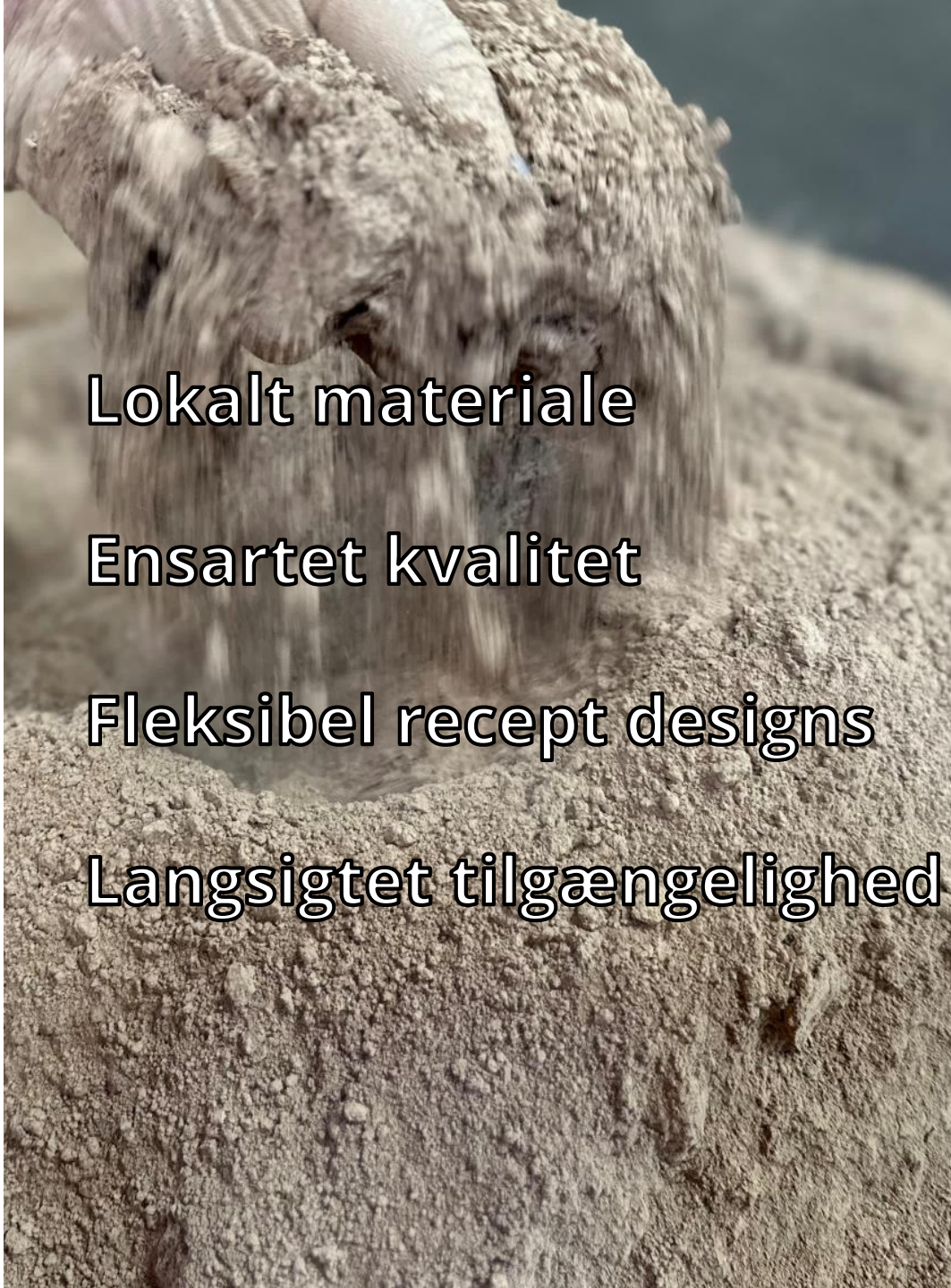
Anneks N i DS 206 giver retningslinjer for hvilke egenskaber der skal undersøges, hvis det (måske) skal tillades at anvende et nyt produkt i beton efter DS 206.

Det er både friskbeton egenskaber, mekaniske og holdbarhedsmæssige egenskaber som undersøges.

Vi har i DK nu godkendt en række materialer på den måde:

- FutureCem
- Kalkfiller som SCM
- Slagge sammen med CEM I cement
- X-SCM – CemCut
- Kalcineret ler som SCM - NovaClay
- Depotflyveaske
- Flere er på vej...

Efter grundige undersøgelser efter anneks N, blev det tilladt fra 1. juli 2024 at blande kalcineret ler i beton fremstillet efter DS 206.



Lokalt materiale

Ensartet kvalitet

Fleksibel recept designs

Langsigtet tilgængelighed



## Hvor tillades det anvendt

Som SCM godkendt efter anneks R i DS 206, må kalcineret lerprodukt anvendes til udvendige bærende betonkonstruktioner med en erstatning af cementindholdet, så der kun er 65% ren cement (cementklinker) tilbage. - Her må det anvendes sammen med CEM I og CEM II/A-LL cementer i samme eksponeringsklasser og med samme ekstra krav til test som for FutureCem.

Som SCM til indendørs bærende konstruktioner er der ingen normmæssig grænse for hvor meget cement der må erstattes med kalcineret lerprodukt.

For betonprodukter, hvor det endnu ikke er tilladt at anvende kalcineret ler som SCM, kan det i stedet anvendes som et fillermateriale.

Som fillermateriale er kalcineret lerprodukt godkendt efter EN 12620 og anneks E i DS 206. I forhold til anneks E i DS 206 er NovaClay godkendt til X0 og XC1



Dansk standard

DS 206:2024

2024-06-28

k-faktor = 1

Beton – S

produkti

for anven

Concrete – S

conformity

Annex R (DS 206)

(normative)

Requirements for the production and use of calcined clay product, according to 5.2.5.4, section (4)

R.1 General

Calcined clay product covered by this Annex R is extracted from naturally occurring clay and subsequently calcined at a given temperature and for a given time and grinded to a given fineness.

The naturally occurring cl

together with the clay, wit

The finished product, calc

R.2 Requirements for m

R.2.1 General

The manufacturer is resp

control.

Production control includ

consistently in accordance

Production control includ

- Identification of cl
- Inspection and tes
- Utilising results fr
- Calibration of equ
- Conformity assess
- Handling of non-c

The requirements for othe

R.2.2 Production contro

Responsibility, authorisat

processes that affect the q

control system. This relat

minimise the risk of non-c

The production control sy

years to ensure its suitabi

years, unless there is a leg

The production control sy

these procedures and inst

The required frequency of

R.2.3 Recorded data and other documents

All relevant data from the production control must be recorded, see table R.1 in this annex. The records from the production control must be kept for at least 3 years, unless there is a legal obligation for a longer period.

R.2.4 Reception control and requirements for rye before calcination

Upon receipt of raw clay, at least 1 test for clay and lime content must be carried out daily upon delivery. Particles below 40 µm excavated below the topsoil will primarily consist of clay and lime particles. The amount of particles below 40 µm must be determined, with a minimum of 60 ~~wt~~-% penetration rate.

Lime content must be determined according to DS/EN 196-2. Determined as CO<sub>2</sub> and converted to CaCO<sub>3</sub>. The amount of limestone must not exceed 25% on average of 5 measurements and individual values must not exceed 30%.

R.3 Quality control of calcined clay product.

Quality control and process management must ensure that the calcined clay product produced fulfils the requirements specified in R.4. Sampling methods for quality control must be described in the manufacturer's quality manual.

The minimum frequency in table R.3 must be observed. Switching rules for selecting between normal and relaxed frequency are shown in table R.4.

R.4 Requirements for calcined clay product.

Calcined clay product must fulfil the requirements in table R.1. The requirements must meet acceptance criteria according to R.6.1.1 and products that do not meet the requirements must be handled as non-conforming products and must not be dispensed.

Table R.1 - Requirements for calcined clay product

| Property                                               | Requirements                       | Test method                                           |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Calcination temperature                                | Declarable, minimum 650 °C         | Initial test <sup>b)</sup>                            |
| Calcination temperature, variation                     | +/- ≤ 25 °C                        | Documented via data from process plants <sup>d)</sup> |
| Residence time in calcination temperature              | declared                           | Initial test                                          |
| Variation of residence time in calcination temperature | +/- ≤ 10 minutes                   | Documented via data from process plants               |
| Fineness/ grain size distribution after grinding       | Declared +/- 5 µm                  | Pass through size at D(50%)                           |
| Grain density (Mg/m <sup>3</sup> )                     | Declared +/- 0.1 Mg/m <sup>3</sup> | Pycnometer                                            |
| Chloride content (%)                                   | Declared maximum content           | DS/EN 196-2 Acid solution                             |
| Alkali content, Eq.Na2O (%) acid dissolved             | Declared maximum content           | DS/EN 196-2 Acid solution                             |



# Fremstilling af kalcineret lerprodukt.

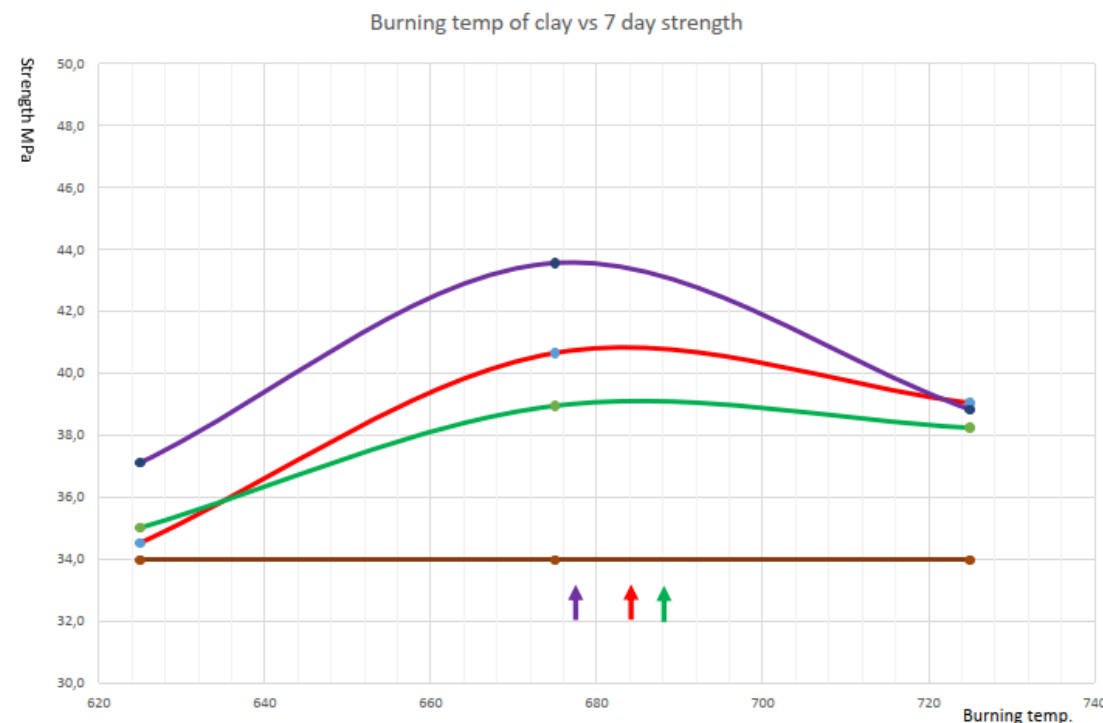
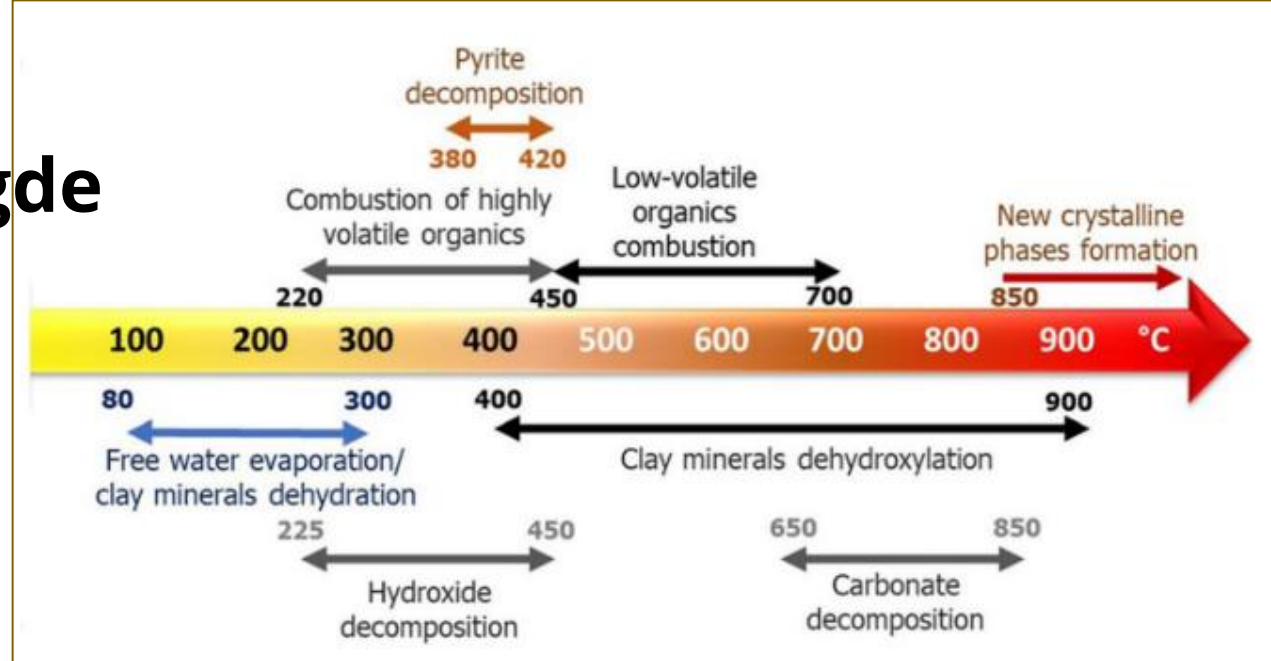
- Æltes/homogeniseres/formes til ensartede geometriske enheder
- Varmebehandles ved ca. 700 °C
- Formales til ca. halv størrelse af cement



# Temperatur kontrol

## Styring af tilført energimængde

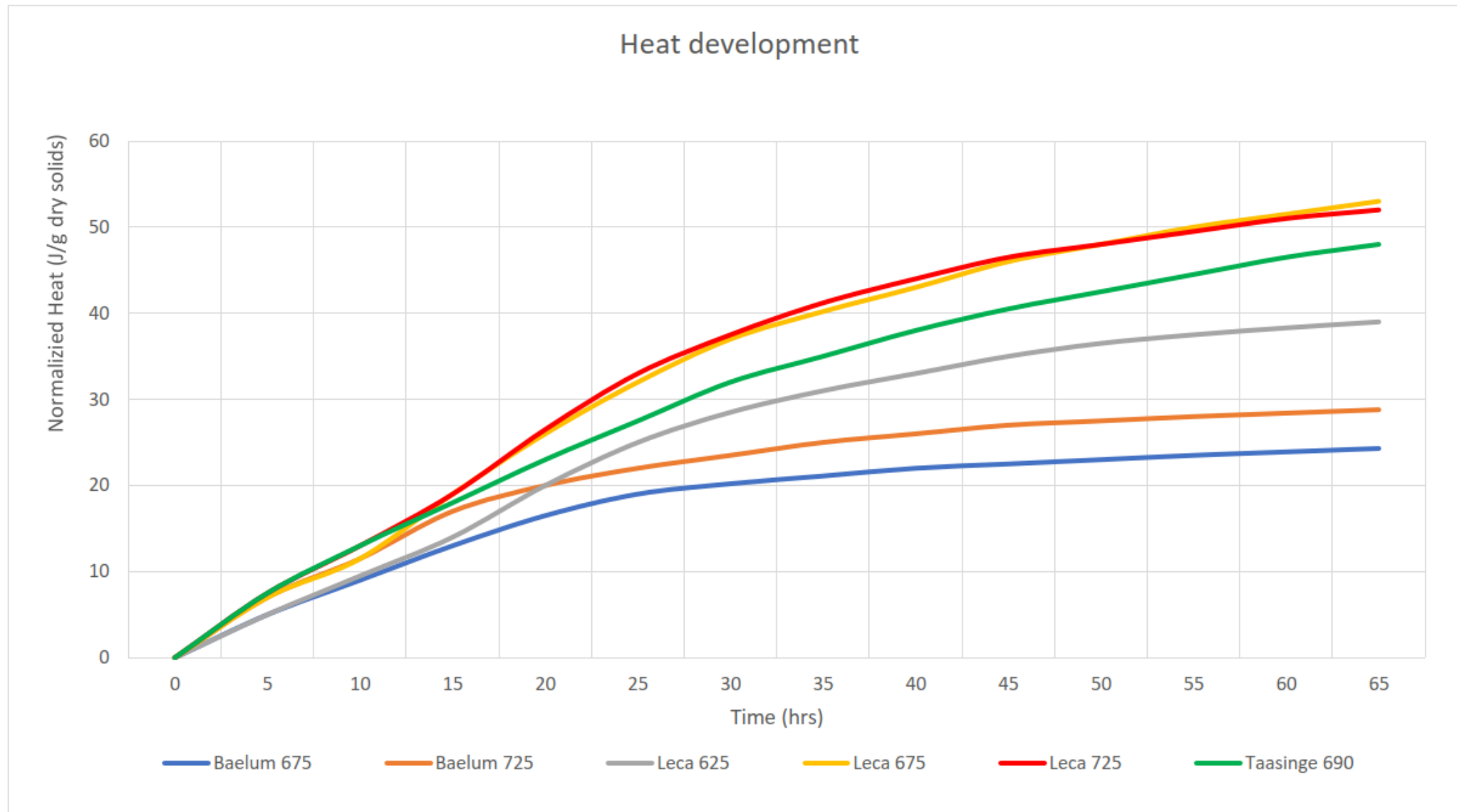
- Lav temperatur – faktisk under  $700\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$  (Energi effektiv)
- Maksimal udnyttelse af vigtige ler mineraler (dehydroxylation til amorft materiale)
- Optimal udnyttelse af energitilførslen holder processen under grænsen hvor carbonater ændres til  $\text{CaO} + \text{CO}_2$





# Temperatur kontrol

## Styring af tilført energimængde



# Kemiske egenskaber

## Typiske værdier for egnet materiale

| <u>Oxidanter</u> målt med XRF | Typisk indhold vægt-% |
|-------------------------------|-----------------------|
| Siliciumdioxid                | 45-65                 |
| Aluminiumoxid                 | 10-20                 |
| Jernoxid                      | 3-7                   |
| Kaliumoxid                    | 2-4                   |
| Magnesiumoxid                 | 1-3                   |

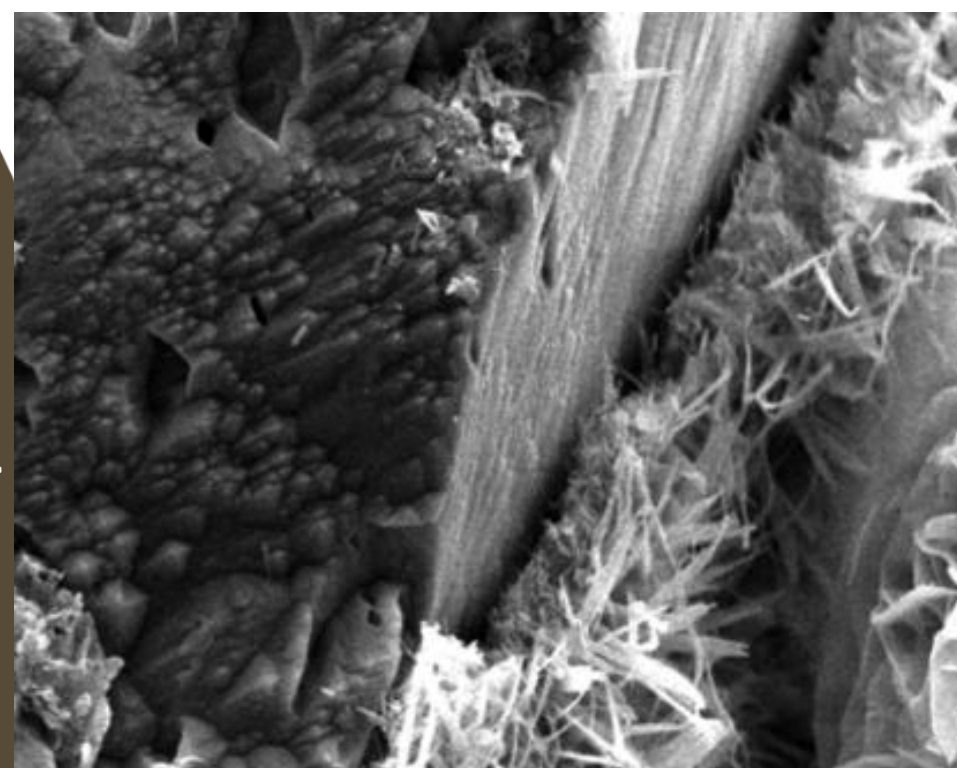
| Mineralindhold målt med XRD | Typisk indhold vægt-% |
|-----------------------------|-----------------------|
| Kvarts                      | 10-30                 |
| Kalk                        | 2-30                  |
| <u>Kaolinite</u> (ler)      | 2-10                  |
| <u>Ilite</u> (ler)          | 20-50                 |
| Blandede <u>lertyper</u>    | 5-15                  |



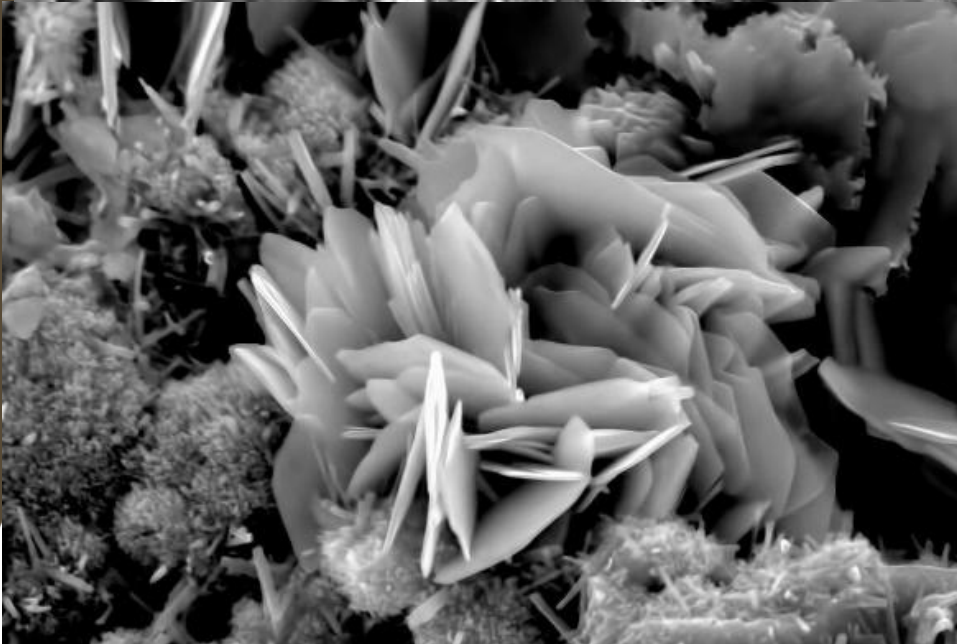
# Kalcineret ler teknologi

Silicium og aluminium fra lermineralerne i kalcineret ler reagerer med calciumhydroxid (portlandit fra cementens reaktion med vand) til Calcium Silikat Hydrat (CSH) og Calcium Aluminat Hydrat (CAH).

Foruden ovennævnte puzzolanreaktion, reagerer CAH med kalkfiller og danner calciumcarbonaluminat.



CSH



CAH

# Kemiske egenskaber

## Efter kalcinering ses typisk

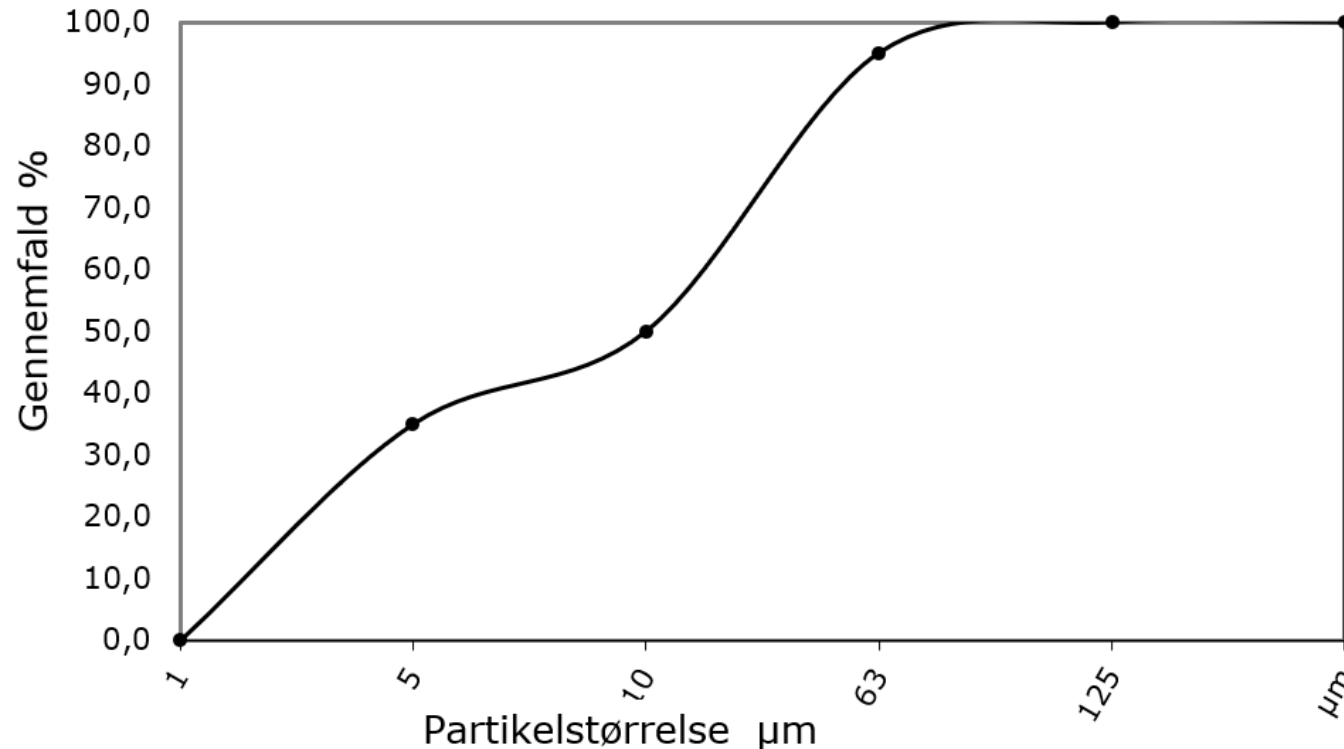
- Et fald i lermineral indhold – det måles nu som en amorft materiale ved XRD målingen
- Et fald i kalkindholdet.
- Mængden af amorft materiale kan måles ved XRD
- Kvarts-mængden er som regel uændret.

| Mineralindhold<br>målt med XRD | Typisk indhold<br>vægt-% |
|--------------------------------|--------------------------|
| Kvarts                         | 10-30                    |
| Kalk                           | 2-30                     |
| <u>Kaolinite (ler)</u>         | 2-10                     |
| <u>Ilite (ler)</u>             | 20-50                    |
| <u>Blandede lertyper</u>       | 5-15                     |

# Fysiske egenskaber - Det er et forholdsvis finkornet materiale

| Partikelstørrelse, $\mu\text{m}$ | Gennemfalds-%, vægt. |
|----------------------------------|----------------------|
| 125                              | 100                  |
| 63                               | 95                   |
| 10                               | 50                   |
| 5                                | 35                   |
| 1                                | 0                    |

Partikelstørrelsesfordeling



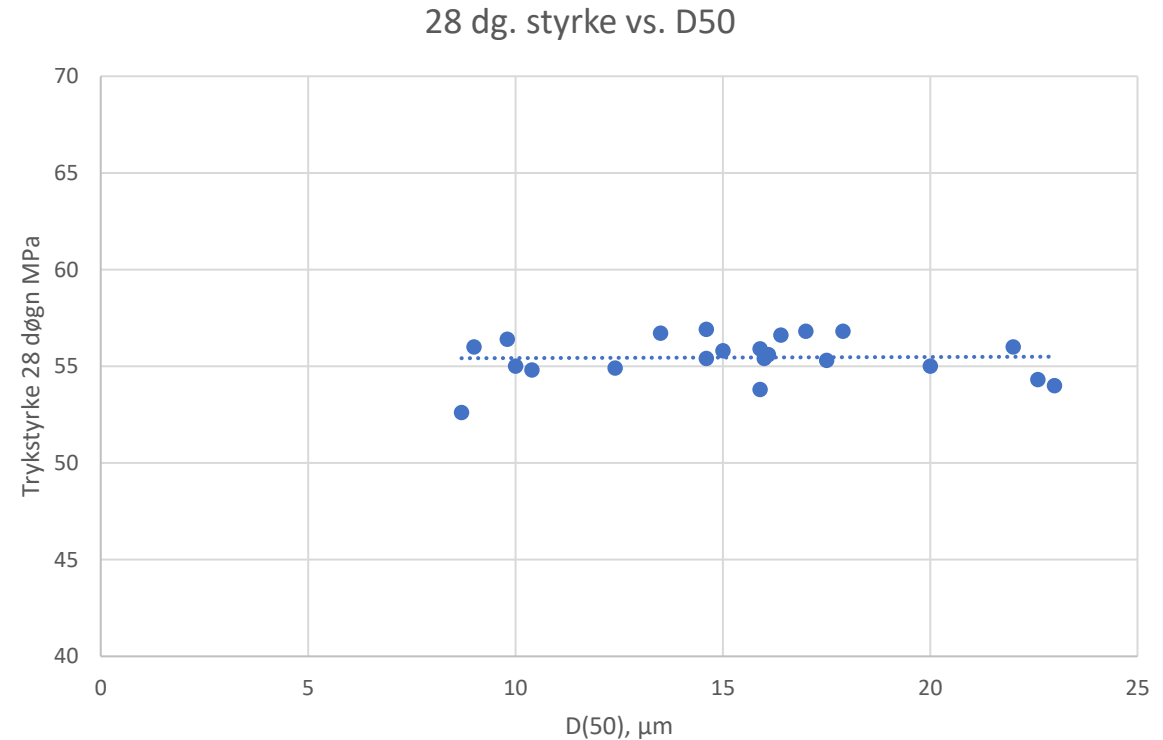
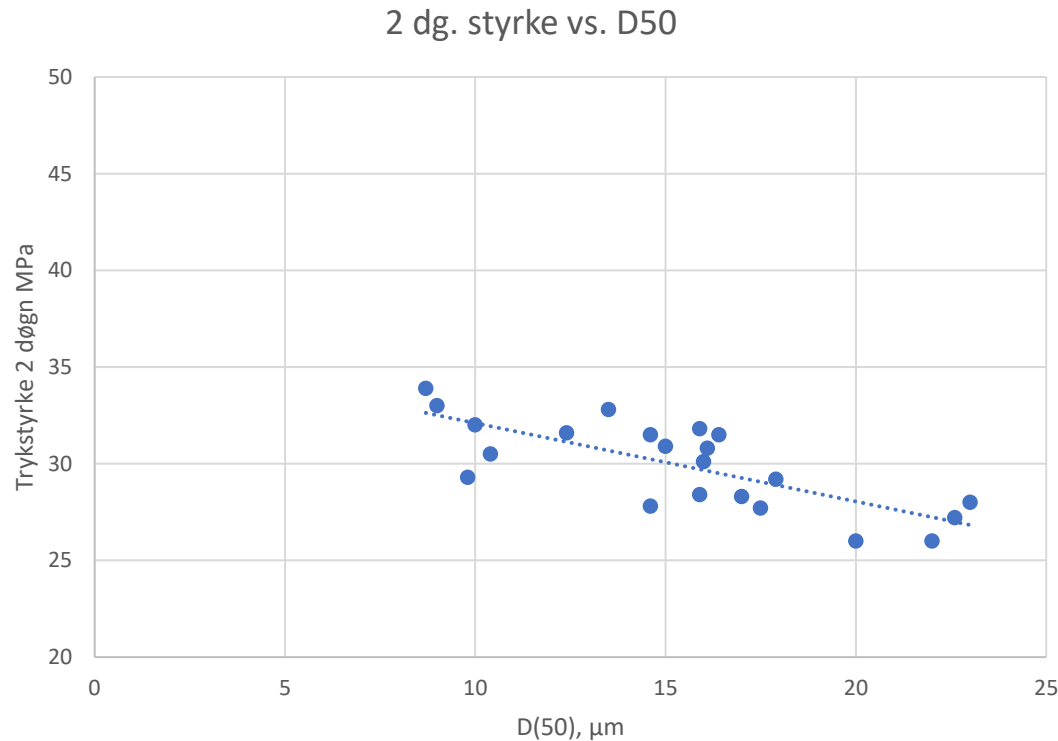


# Fysiske egenskaber

**Det er et forholdsvis finkornet materiale**

**Det er fint formalet for at opnå højere tidlig styrke.**

**Den ekstra formaling giver ikke øget vandbehov – men længere produktionstid ved formaling.**



# Fysiske egenskaber – Styrkeudvikling som et SCM

Aktivitetsfaktor NovaClay vs. Basiscement ved forskellige erstatningsgrader og termin

| Binderkombination             | Trykstyrker Indeks - % |       |       |        |
|-------------------------------|------------------------|-------|-------|--------|
|                               | 1 dg.                  | 2 dg. | 7 dg. | 28 dg. |
| 100% Basis cement (mid.dekl.) | 100                    | 100   | 100   | 100    |
| 85% Basis + 15% NovaClay      | 81                     | 88    | 88    | 95     |
| 80% Basis + 20% NovaClay      | 75                     | 83    | 85    | 93     |
| 75% Basis + 25% NovaClay      | 66                     | 75    | 78    | 86     |
| 70% Basis + 30% NovaClay      | 57                     | 68    | 76    | 85     |
| 65% Basis + 35% NovaClay      | 49                     | 61    | 70    | 80     |
| 60% Basis + 40% NovaClay      | 43                     | 54    | 66    | 74     |
| Typiske værdier for Slagge    |                        |       | 58    | 93     |
| Typiske værdier for Emifiller |                        |       |       | 82     |
| Typiske værdier for flyveaske |                        |       |       | 84     |

# Fysiske egenskaber – Frostbestandighed

Frostbestandighed - efter SS137244 - m. kalcineret lerprodukt

Alle blandinger med 65% cementklinker.

| Cementtype       | Afskalning efter 56 eller 112 døgne $\text{kg/m}^2$ | Karakter jf. SS137244 | Lergrav | Samme ler-batch |
|------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|---------|-----------------|
| CEM I 52,5N (1)  | 0,12                                                | God                   | B/L     |                 |
| CEM I 52,5N (1)  | 0,19                                                | God                   | T       |                 |
| CEM I 52,5N (1)  | 0,22                                                | God                   | B/L     |                 |
| CEM I 52,5N (1)  | 0,11                                                | God                   | S/L     |                 |
| CEM I 52,5N (2)  | 0,64                                                | Acceptabel            | S/L     | (a)             |
| CEM I 52,5N (2)  | 0,36                                                | God                   | S/L     | (b)             |
| CEM I 52,5N (2)  | 0,34                                                | God                   | S/L     | (d)             |
| CEM I 52,5N (3)  | 0,05                                                | Meget god             | S/L     | (b)             |
| CEM I 52,5N (3)  | 0,05                                                | Meget god             | S/L     | (d)             |
| CEM II/A-LL      | 0,26                                                | God                   | B/L     |                 |
| CEM II/A-LL      | 0,18                                                | God                   | B/L     |                 |
| CEM II/A-LL      | 0,05                                                | Meget god             | S/L     | (a)             |
| Middel           | 0,21                                                |                       |         |                 |
| Middel+1,64x STD | 0,49                                                |                       |         |                 |

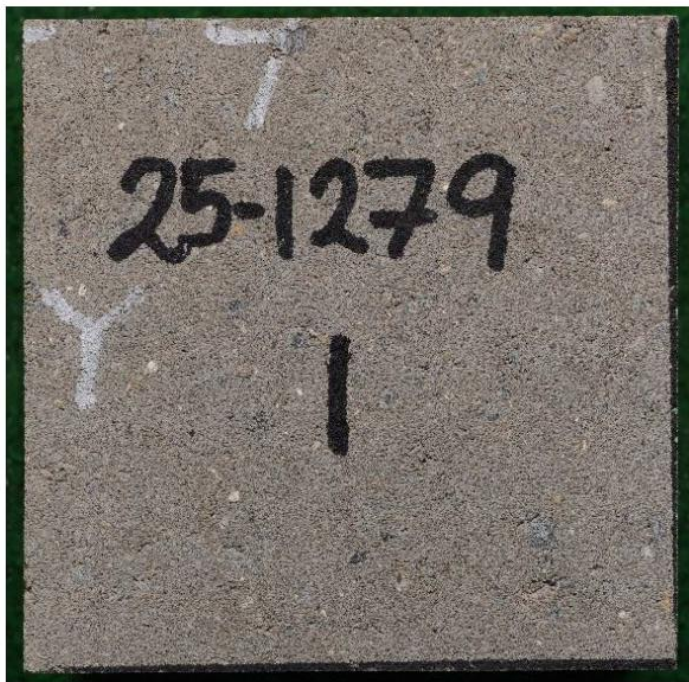


# Fysiske egenskaber – Frostbestandighed

For belægningssten er der opnået godkendte resultater for frosttest ved et cementklynkeindhold på **53% - resten var NovaClay og cementens kalkfiller.**

5 forskellige produktionstest gav alle en godkendt test med afskalning fra 0,03 – 0,21 kg/m<sup>2</sup>.

Testmetode DS/EN 1339



Forsøg 4 - 1 – før eksponering

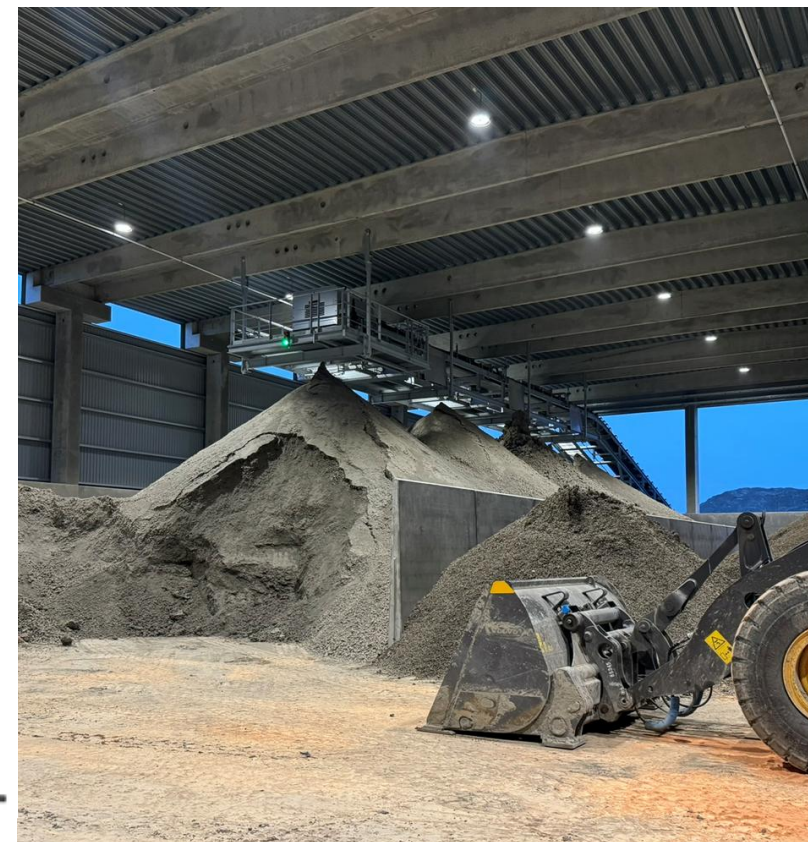


Forsøg 4 - 1 – efter eksponering

| Procesegenskaber                                    |                   | Deklareret værdi | Typisk værdi | Standard      |
|-----------------------------------------------------|-------------------|------------------|--------------|---------------|
| Kalcineringsstemperatur                             | °C                | 650-700          | 675          |               |
| Opholdstid i<br>kalcineringsstemperatur             | Minutter          | 18-38            | 28           |               |
| <b>Kemiske egenskaber</b>                           |                   |                  |              |               |
| Kloridindhold, syreopløst                           | Vægt-%            | ≤ 0,03           | 0,008        | DS EN 196-2   |
| Alkaliindhold. Ækv.NA <sub>2</sub> O,<br>syreopløst | Vægt-%            | ≤ 2              | 1,0          | DS EN 196-2   |
| Brændt kalk, CaO                                    | Vægt-%            | ≤ 5,0            | 0,2          | BS 4550(1970) |
| U brændt kalk, CaCO <sub>3</sub>                    | Vægt-%            | 13-23            | 18           | DS EN 196-2   |
| <b>Fysiske egenskaber</b>                           |                   |                  |              |               |
| Korndensitet                                        | Mg/m <sup>3</sup> | 2,6 - 2,8        | 2,7          |               |
| Finhed/gennemfalds-<br>størrelse ved D(50%)         | µm                | 6 - 16           | 13           |               |
| Trykstyrke, 2 døgn *)                               | MPa               | ≥ 20             | 30           | DS EN 196-1   |
| Trykstyrke, 28 døgn *)                              | MPa               | ≥ 52,5           | 56           | DS EN 196-1   |
| Afbindingstid *)                                    | % af CEM I        | 100-160          | 140          | DS EN 196-3   |
| Volumenbestandighed *)                              | mm                | NPD §            | NPD          | DS EN 196-3   |
| Reaktiv SiO <sub>2</sub>                            | Vægt-%            | ≥ 25             | NPD          | DS EN 197-1   |

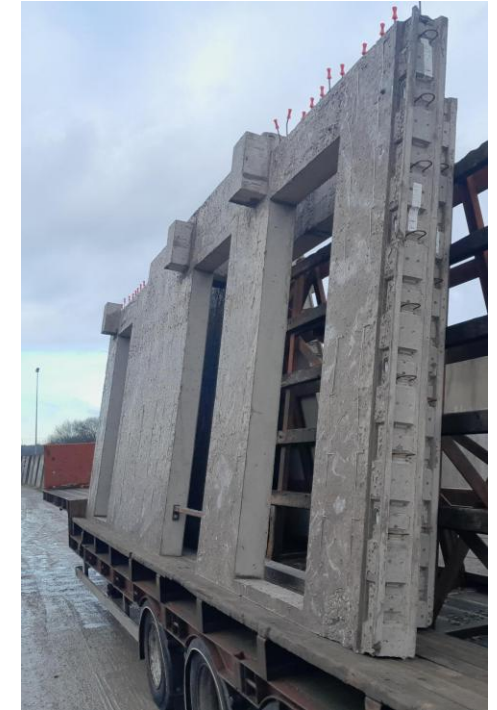
§ måles kun, hvis CaO ≥ 1,5%

Varedeklaration er angivet i forhold til en specifik receptdesign med CEM I cement – men det er hverken nødvendigt at anvende CEM I cement eller denne specielle recept.





Anvendelse – Foreløbig er det kun anvendt i betonelementer, belægningssten, rør og blokke.





# Anvendelse

- En anden mulighed for anvendelse af kalcineret lerprodukt er som en del af geopolymerbeton – altså beton helt uden cement.
- Der er eftervist fine egenskaber for geopolymerbeton, hvor 40% af højovnsslaggen er erstattet med NovaClay – men det er endnu ikke godkendt at anvende geopolymerbeton i bærende betonkonstruktioner.
- Vi må (lidt endnu) nøjes med at anvende geopolymerbeton i uarmerede rør og belægning sten.





## Lidt praktik ved anvendelse af NovaClay.

NovaClay indregnes ved betondeSIGN som cement, altså  $k$ -værdi = 1,0 – når det handler om design for overholdelse af holdbarhedskrav.

Ved design af betonen for trykstyrke, skal der regnes med en lidt lavere værdi, som andre SCM produkter, afhængig af hvor meget cement man ønsker at erstatte og hvilken cement der ønskes erstattet og ikke mindst hvilken tidstermin der er tale om.

$k$ -værdi for styrkedesign vil i de fleste tilfælde ligge mellem 0,7 og 0,9 .

## Lidt praktik ved anvendelse af NovaClay.

NovaClay er **mere vandkrævende en den tilsvarende mængde cement**. Hvis der f.eks. erstattes 25% cement med NovaClay skal der doseres ca. 40% mere superplast – måske en ny type, specielt hvis bearbejdeligheden ønskes beholdt lidt længere tid.

Hvis man ønsker øget styrkeudvikling for de helt tidlige terminer, kan man sænke vandbehovet lidt, ved at anvende ekstra superplastificering.

Når der anvendes NovaClay kan betonblandingen indeholde en del mere superplastificering end med en ren cementbeton (eller de fleste SCM).

Når NovaClay anvendes udendørs og eksponeres for kloridpåvirkning f.eks. fra tørsalte, skal der foretages samme frost-tø test som ved anvendelse af FutureCem.

I den forbindelse skal nævnes at en rigtig god luftporestruktur i betonen giver ekstra sikkerhed for at betonen reelt også er frostbestandig. – Specielt for betoner med en vis mængde SCM, herunder også NovaClay.

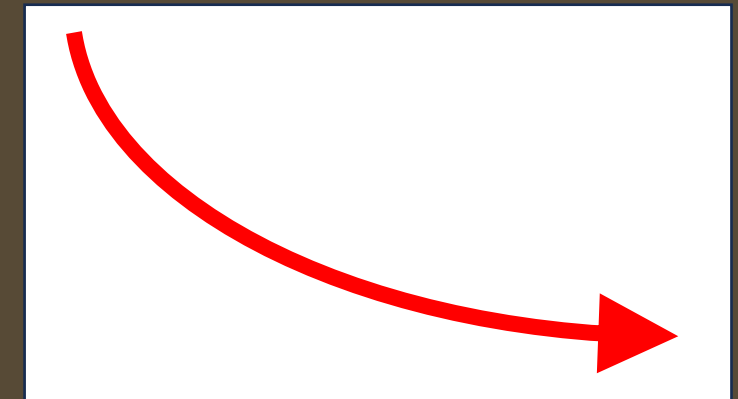
# Bygnings Reglementet BR18

## Miljøbelastning



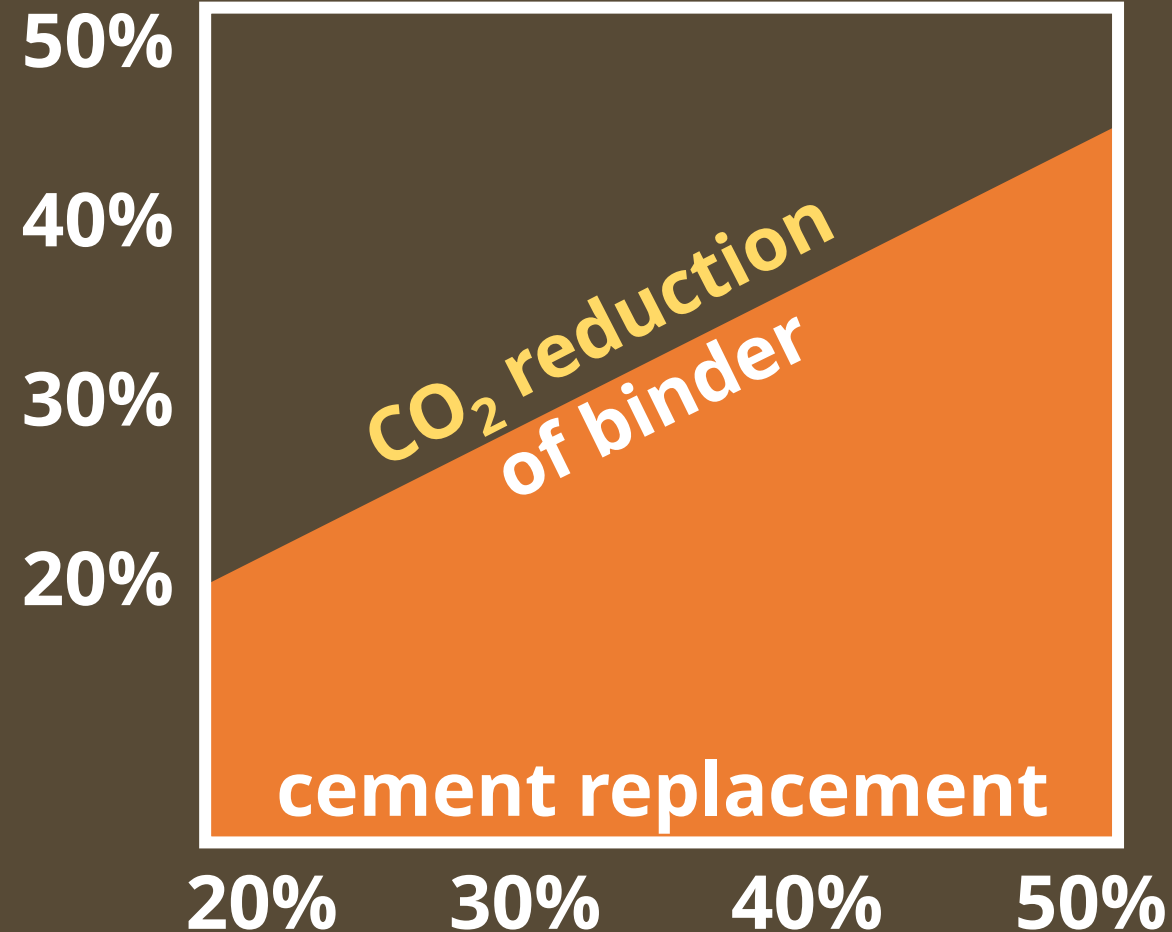
| Klimakrav for bygninger – kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup> pr. år             | 2025 | 2027 | 2029 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
| Feriebolig under 150 kvm. (bemærk en grænseværdi under 150 kvm. gælder KUN ferieboliger) | 4,0  | 3,6  | 3,2  |
| Feriebolig på 150 kvm. og over                                                           | 6,7  | 6,0  | 5,4  |
| Enfamiliehuse, rækkehuse og tinyhouses uanset størrelse                                  | 6,7  | 6,0  | 5,4  |
| Etageboliger                                                                             | 7,5  | 6,8  | 6,1  |
| Kontorbygninger                                                                          | 7,5  | 6,8  | 6,1  |
| Institutioner                                                                            | 8,0  | 7,2  | 6,4  |
| Andet nybyggeri, f.eks. butikker, lagerhaller og parkeringshuse                          | 8,0  | 7,2  | 6,4  |

I 2025 fortsætter grænserne med at blive strammet for klimakravene pr m<sup>2</sup> for alle bygninger





# Bæredygtighed



## CO<sub>2</sub> aftryk: 48,1 kg/ton bindemiddel

epd-norway  
Global Program Operator

EDD PLATFORM  
EPD  
VERIFIED

### Environmental Product Declaration

In accordance with ISO14025:2006 and EN15804:2012+A2:2019

NovaClay, Calcined Clay



**NovaClay**

The Norwegian  
EPD Foundation

|                                                                                                                                         |                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Owner of the declaration:</b><br>NovaClay A/S                                                                                        | <b>Program holder and publisher:</b><br>The Norwegian EPD foundation |
| <b>Product name:</b><br>NovaClay, Calcined Clay                                                                                         | <b>Declaration number:</b><br>NEFD-6959-6348-EN                      |
| <b>Declared unit:</b><br>1 tonne                                                                                                        | <b>Registration number:</b><br>NEFD-6959-6348-EN                     |
| <b>Product category / PCR:</b><br>EN 15804:2012+A2:2019 as core PCR<br>NPCR PART A: Construction products and<br>services, Version: 2.0 | <b>Issue date:</b> 24.06.2024<br><b>Valid to:</b> 24.06.2029         |

# Miljøbelastning – GWP for binder-andelen

| Binderkombination             | Trykstyrke Indeks - % |       |       |        | GWP (A1-A3)                    |
|-------------------------------|-----------------------|-------|-------|--------|--------------------------------|
|                               | 1 dg.                 | 2 dg. | 7 dg. | 28 dg. | kg CO <sub>2</sub> /ts. Binder |
| 100% Basis cement (mid.dekl.) | 100                   | 100   | 100   | 100    | 577                            |
| 85% Basis + 15% NovaClay      | 81                    | 88    | 88    | 95     | 498                            |
| 80% Basis + 20% NovaClay      | 75                    | 83    | 85    | 93     | 471                            |
| 75% Basis + 25% NovaClay      | 66                    | 75    | 78    | 86     | 445                            |
| 70% Basis + 30% NovaClay      | 57                    | 68    | 76    | 85     | 418                            |
| 65% Basis + 35% NovaClay      | 49                    | 61    | 70    | 80     | 392                            |
| 60% Basis + 40% NovaClay      | 43                    | 54    | 66    | 74     | 365                            |

Tak for opmærksomheden

