unicon
CEMENTIR HOLDING

Praktisk formgivning & udstøbning +

Klimakrav til beton



v/Jørgen Schou

Betonworkshop i Aalborg
AMU Nordjylland
20. oktober 2026

Unicon - præsentation

- Fabrikker i Danmark, Norge og Sverige
- 32 ”aktive” fabrikker i Danmark
- Ca. 1 mill. m^3 beton
- Desuden betonpumpning og tilslag
- Ejet af Cementir Holding S.p.A. (Italien)





unicon
CEMENTIR HOLDING

Sætter standarden.

Dagsorden

- Betonens historie
- Produktsortiment
- Livscyklusanalyse beton (LCA)
- CO_2-reduceret beton
- Levering af beton
- Formgivning i praksis ved en række eksempler
- Byggepladsteknik (udstøbning)
- Hvad kan gå galt?

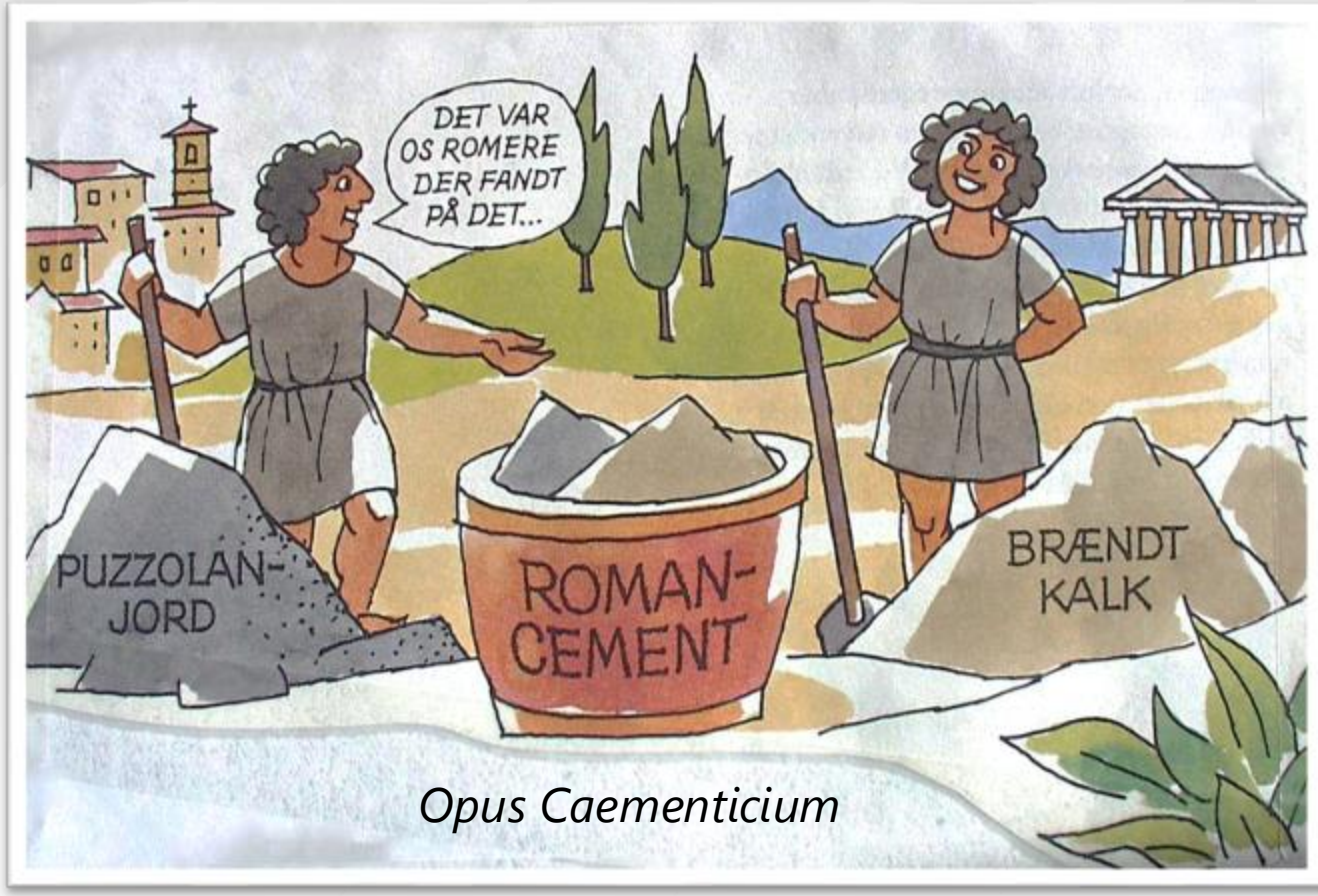


De gamle romere opfandt betonen

Romerne opfandt betonen ca. 300 f. Kr. I dag kalder vi det "Romersk Beton"

De blandede brændt kalk (CaO) med vulkansk aske (*puzzolan*) og saltvand. Tilslag bestod af småsten og/eller knust tegl

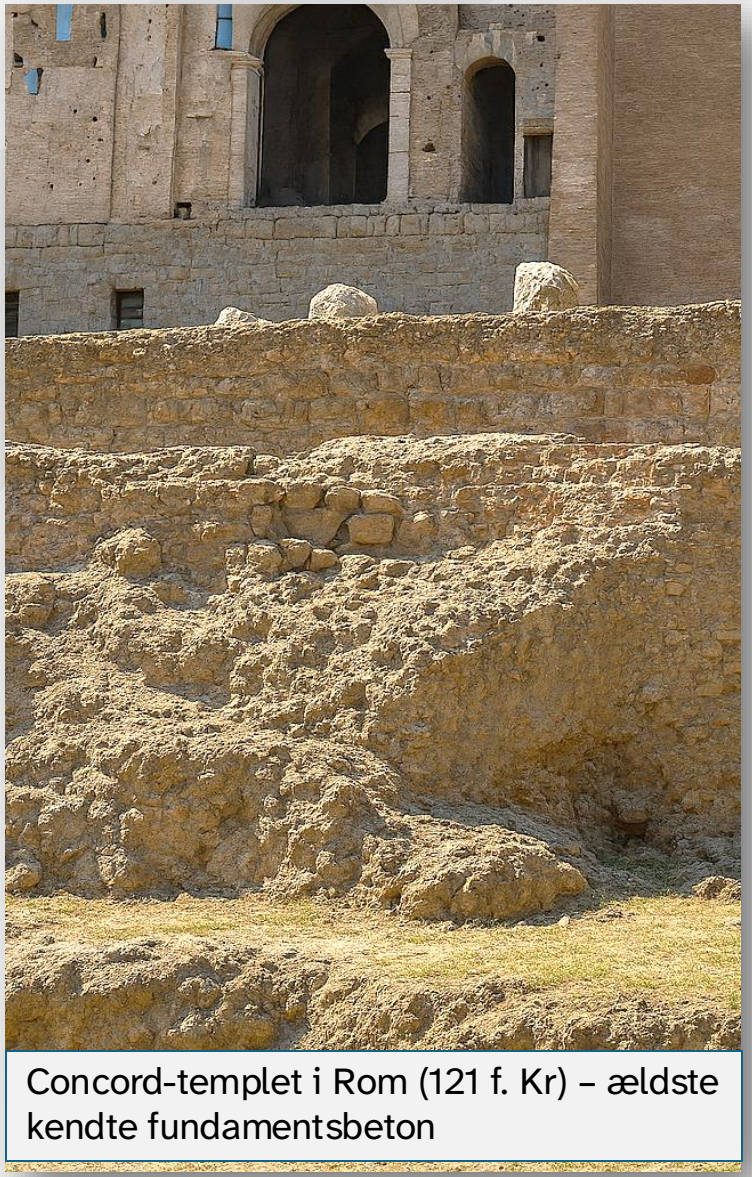
Betonen var meget holdbar og kunne endda hærdne under vand (hydraulisk beton)



Puzzolan = flyveaske, mikrosilica, slagge etc. der reagerer med kalk og vand og danner cementlignende forbindelser

De gamle romere opfandt betonen





Concord-templet i Rom (121 f. Kr) – ældste kendte fundamentsbeton

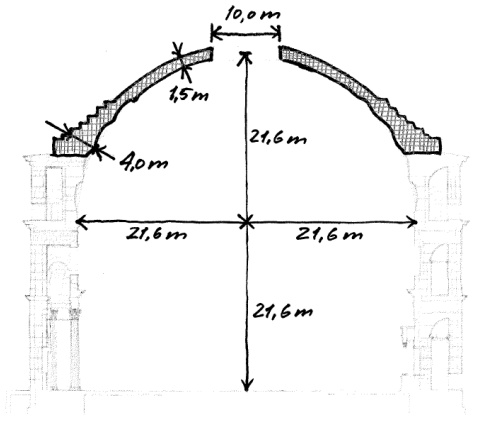
De gamle romere opfandt betonen



Colosseum Arena (72 e. Kr) – der blev brugt store mængder beton og mørtel



De gamle romere opfandt betonen





Kuplen, som stadig står i dag, blev bygget ca 125 e. Kr og måler 43 m i diameter
Største fritsvævende kuppel indtil 1960



Pantheon Templet Rom (27 f. Kr og kuppel 125 e. Kr)
Oprindeligt opført som tempel, senere omdannet til kirke
Pantheon = Alle Gudernes Tempel

Opfindelsen af moderne beton

Efter Romerrigets fald (ca. 475 e. Kr) forsvandt kendskabet til at lave beton.

Man anvendte i stedet en kalkbaseret mørtel, som dog hverken var lige så stærk eller holdbar.

I den mellemliggende periode byggede man enten med træ (fx i Vikingetiden), eller mere solidt, ved at sætte sten ovenpå hinanden (fra tidlig Middelalder).

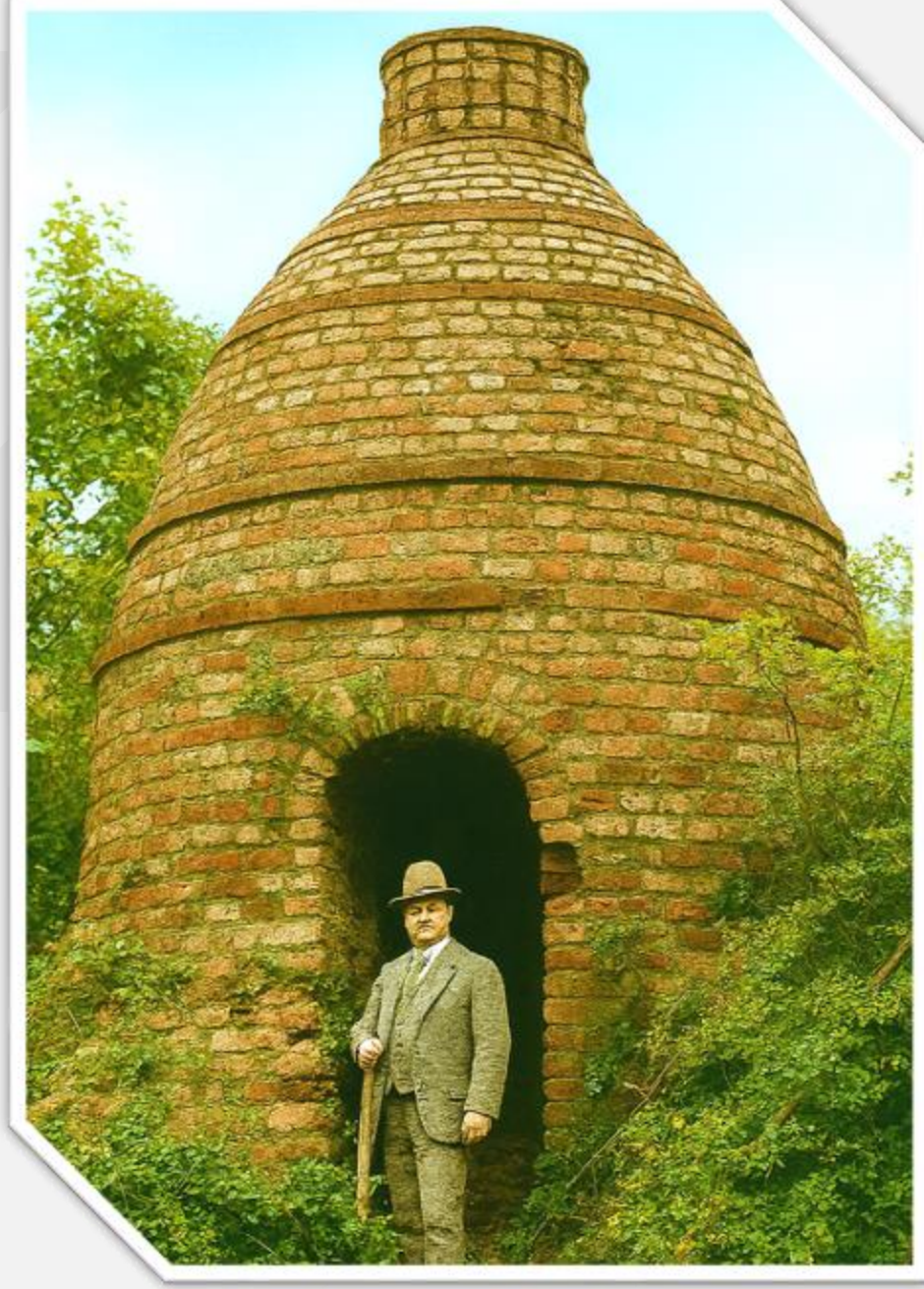




Opfindelsen af moderne beton

Først i starten af 1800-tallet blev betonen ”genopdaget”, da man fik den idé at brænde kalksten (Ca), sand og ler (Si) sammen i en skaktovn

Engelske **Joseph Aspdin** tog patent på Portland cement i 1824



Opfindelsen af moderne beton

Først i starten af 1800-tallet blev betonen ”genopdaget”, da man fik den idé at brænde kalksten (Ca), sand og ler (Si) sammen i en skaktovn og derefter knuse det til pulver

Engelske **Joseph Aspdin** tog patent på *Portland* cement i 1824

Aspdin kaldte sit produkt for ”Portland-cement” på grund af ligheden med naturstenen på halvøen Portland, Englands sydkyst



Det er altså ikke Aalborg Portland, der har lagt navn til Portland-cementen, men omvendt ☺



Natursten (kalksten) på halvøen Portland, Englands sydkyst. Farve = lys, cremet

Historien om beton

Historisk tidslinie:





Romersk beton

Beton blev glemt!

Moderne beton

-200

475

1824

Romerrigets fald

Joseph Aspdin

De første cementfabrikker i DK

Mindre cementværker skød op fra 1840'erne (Sjælland, Bornholm)

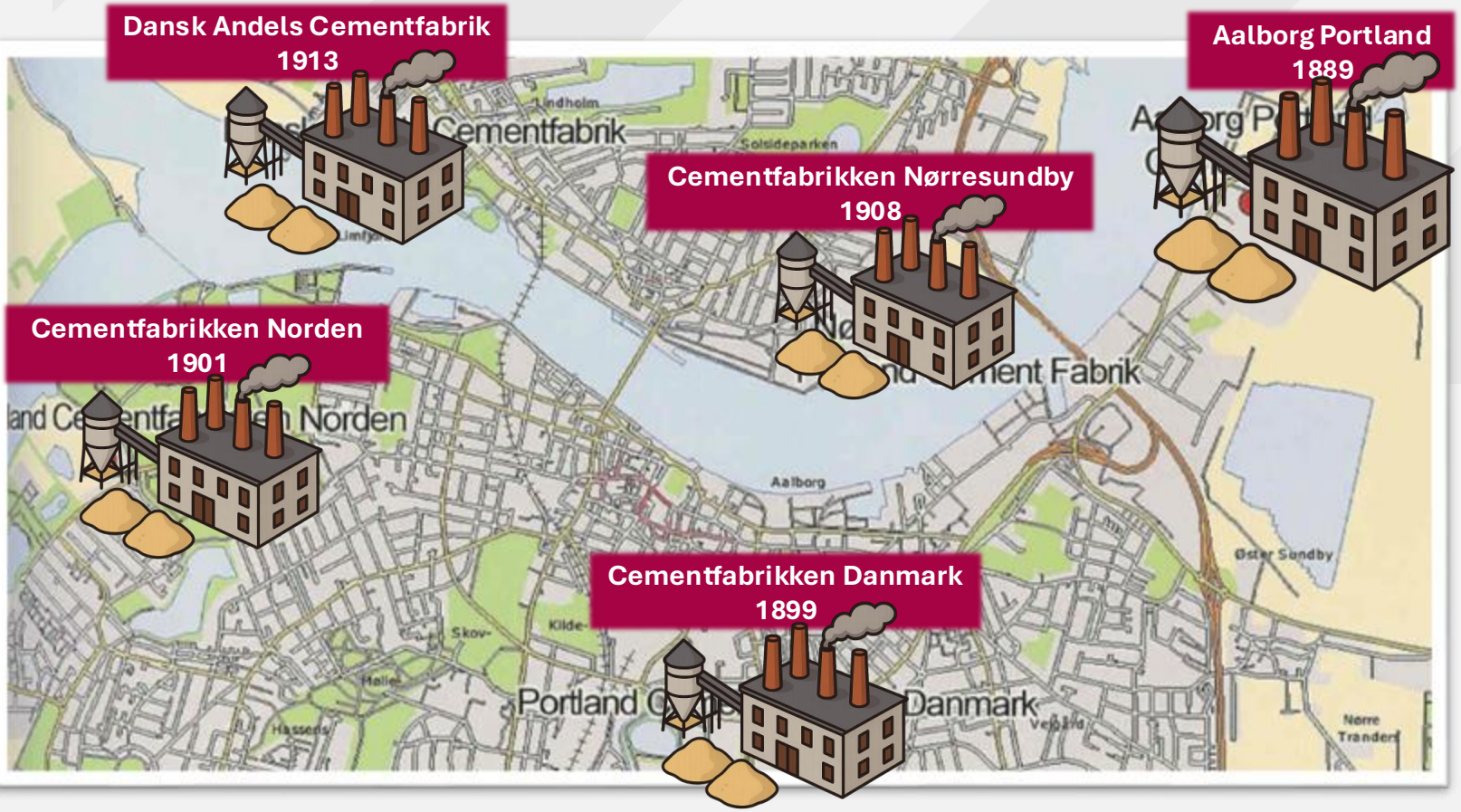
Dog først industriel skala fra 1889, da Aktieselskabet Aalborg Portland-Cement-Fabrik blev grundlagt i Rørdal, Aalborg

Anlægget står færdigt i 1991





De første cementfabrikker i DK



På få år var der 5 cementfabrikker side om side i Aalborg

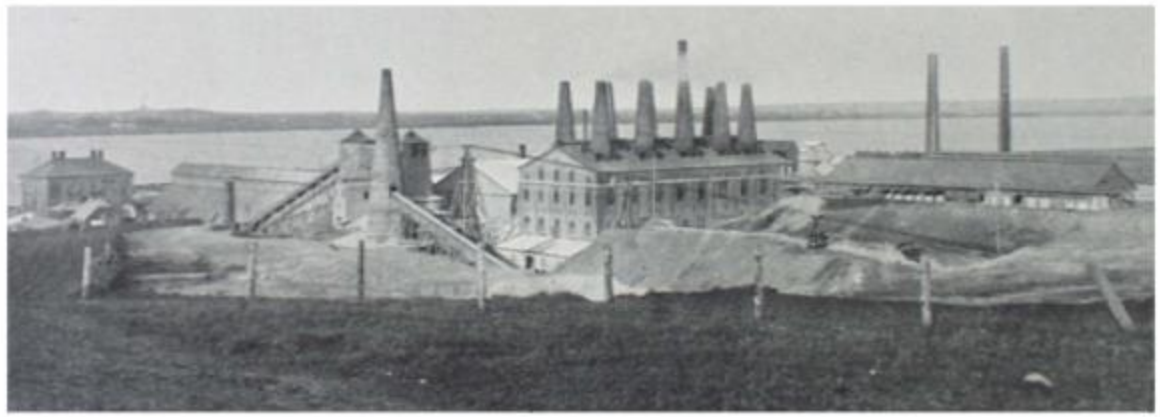
Aalborgområdet havde store og let tilgængelige forekomster af kridt og ler; de vigtigste råstoffer til portlandcement

Beliggenheden ved Limfjorden gav nem transport med skib

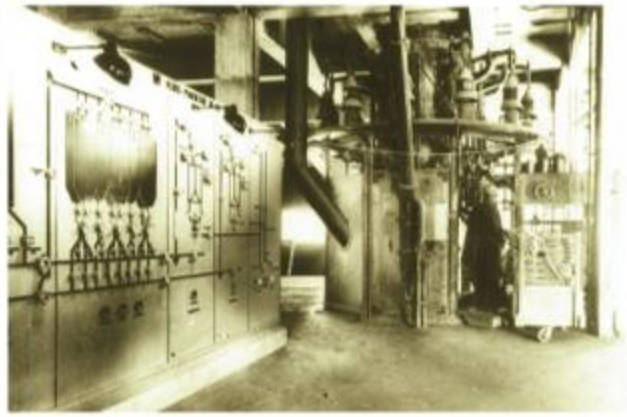
Siden 1986 kun Aalborg Portland tilbage

Aalborg Portland

Anno 1910







I dag









Det første beton i DK

Her den første udgave af Langebro i København, hvor fundamenterne i 1852 blev støbt med beton. Det var den første konstruktion i Danmark, hvor Portland cement blev brugt.



Dengang i slutningen af 1920-erne









Roterstellet – den første betonkanon





Roterstellet opfundet af Kristian Hindhede og patenteret i 1929. Grundlagde KH Beton, der var Europas første fabrik for færdigblandet beton.

….. og nu!









Hyldevarer fra en betonfabrik - standardvarer

- Passiv beton, styrkeklasse C12 – C35
- Moderat beton, min. styrkeklasse C30
- Aggressiv beton, min. styrkeklasse C35
- Ekstra aggressiv beton, min. styrkeklasse C40
  - alle kan leveres som sætmålsbeton
  - eller som SCC beton (Lava beton), styrkeklasse C20 – C40

Egenskaber

- ”Hyldevarer” - ingen særlige funktioner
  - Fokus på miljøpåvirkning, trykstyrkeklasse, Dmaks og konsistens
  - Overholder gældende betonstandard





unicon
CEMENTIR HOLDING

Sætter standarden.

Funktionsbetoner - anvendelse

Egenskaber

- Funktionsbetoner har særlige egenskaber – i den friske, hærdnende eller hærdnede beton
- De fleste leveres både som sætmålsbeton og som flydebeton (LAVA)
- Egenskaberne beskrives i brochurer, produktdatablade eller Unicon deklarationer

Produktnavne

- **UNI-Solid**
- **UNI-Floor**
- **UNI-Joint**
- **UNI-Wall**
- **UNI-Funda**
- **UNI-Dry**
- **UNI-Ready**
- **UNI-Pile**
- **UNI-Fill**
- **UNI-Rain**
- **UNI-Mortar**
- **UNI-Screed**
- **UNI-Curb**

Funktion

- Anlægskonstruktioner
- Gulvbetoner
- Fugebeton
- Til støbning af vægge
- Koncept stribefundamenter
- Selvudtørrende beton
- Færdigarmeret beton gulve
- Pælebeton
- Til sløjfede kloakrør m.m.
- Drænbeton
- Mørtel
- Slidlagsbeton
- Kantsten

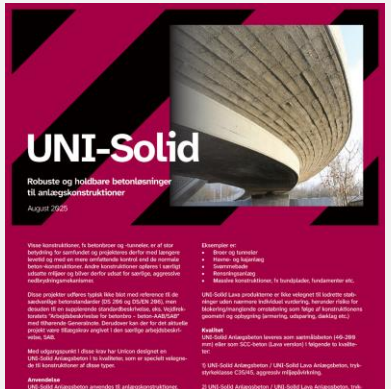
UNI-Solid, Anlægsbeton

Anlægsbeton til VD/BDK projekter + havnekonstruktioner

- UNI-Solid A35 & UNI-Solid Lava A35:
  - Brokrop, søjler, plinte til mastefundamenter, bundplader, havnekonstruktioner, rensningsanlæg
  - Aalborg SOLID cement, A/E-sten
  - Trykstyrkeklasse C35/45, Dmaks 25 mm, sætmål & Lava version
- UNI-Solid E40 & UNI-Solid Lava E40:
  - Kantbjælker, søjler, pier på havne, bundplader, havnekonstruktioner, svømmebade
  - Aalborg SOLID cement, E-sten
  - Trykstyrkeklasse C40/50, Dmaks 25 mm, sætmål & Lava version
- Overholder gældende klimakrav fra VD/BDK (< 320 kg CO_2/m^3 for A-beton og < 360 kg CO_2/m^3 for E-beton
- Overholder AAB for Betonbroer (speciel betondeklaration)
- Lav varmeudvikling, høj sulfatbestandighed
- AAB prøvning (prøvning for hver 50 m^3 + de 3 første læs) – tillæg i prisliste (skærpet kontrolklasse)
- Prøvningsomfang kan reduceres efter aftale med rådgiver (T&K opgave)
- Husk laboratoriebil på pladsen



UNI-Solid Lava produkterne er ikke velegnet til lodrette støb-ninger uden nærmere individuel vurdering, herunder risiko for blokering/manglende omstøbning som følge af konstruktionens geometri og opbygning (armering, udsparing, dæklag etc.)



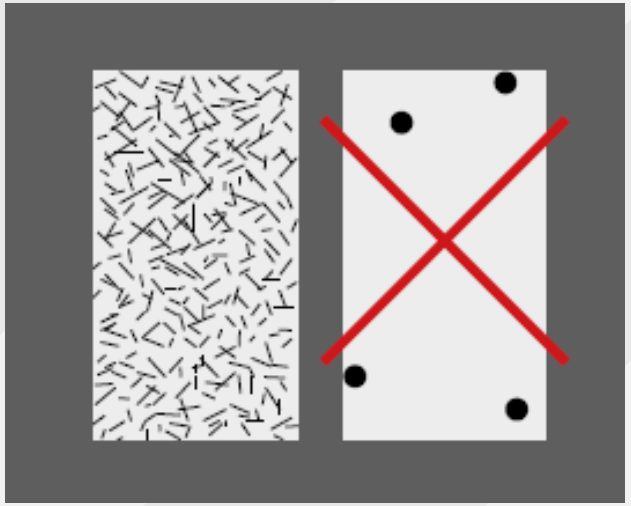
unicon
CEMENTIR HOLDING

Sætter standarden.

UNI-Funda

UNI-Funda til stribefundamenter, færdigarmerede løsninger med stålfibre

- 9 løsninger, alle P20-beton
- Dmaks 32 mm, sætmål 60-120 mm
- Kun stålfibre, ikke plastfibre
- Dosering afhængig af oprindeligt design
- Forudsætter bæredygtigt underlag





Armering/Dim.	Højde	Produktnavn
2 Y 12 i top og bund Højde 400	500 mm	UNI-FUNDA® - 2Y 500
	600 mm	UNI-FUNDA® - 2Y 600
	700 mm	UNI-FUNDA® - 2Y 700
	800 mm	UNI-FUNDA® - 2Y 800
	900 mm	UNI-FUNDA® - 2Y 900
3 Y 12 i top og bund Højde 400	600 mm	UNI-FUNDA® - 3Y 600
	700 mm	UNI-FUNDA® - 3Y 700
	800 mm	UNI-FUNDA® - 3Y 800
	900 mm	UNI-FUNDA® - 3Y 900



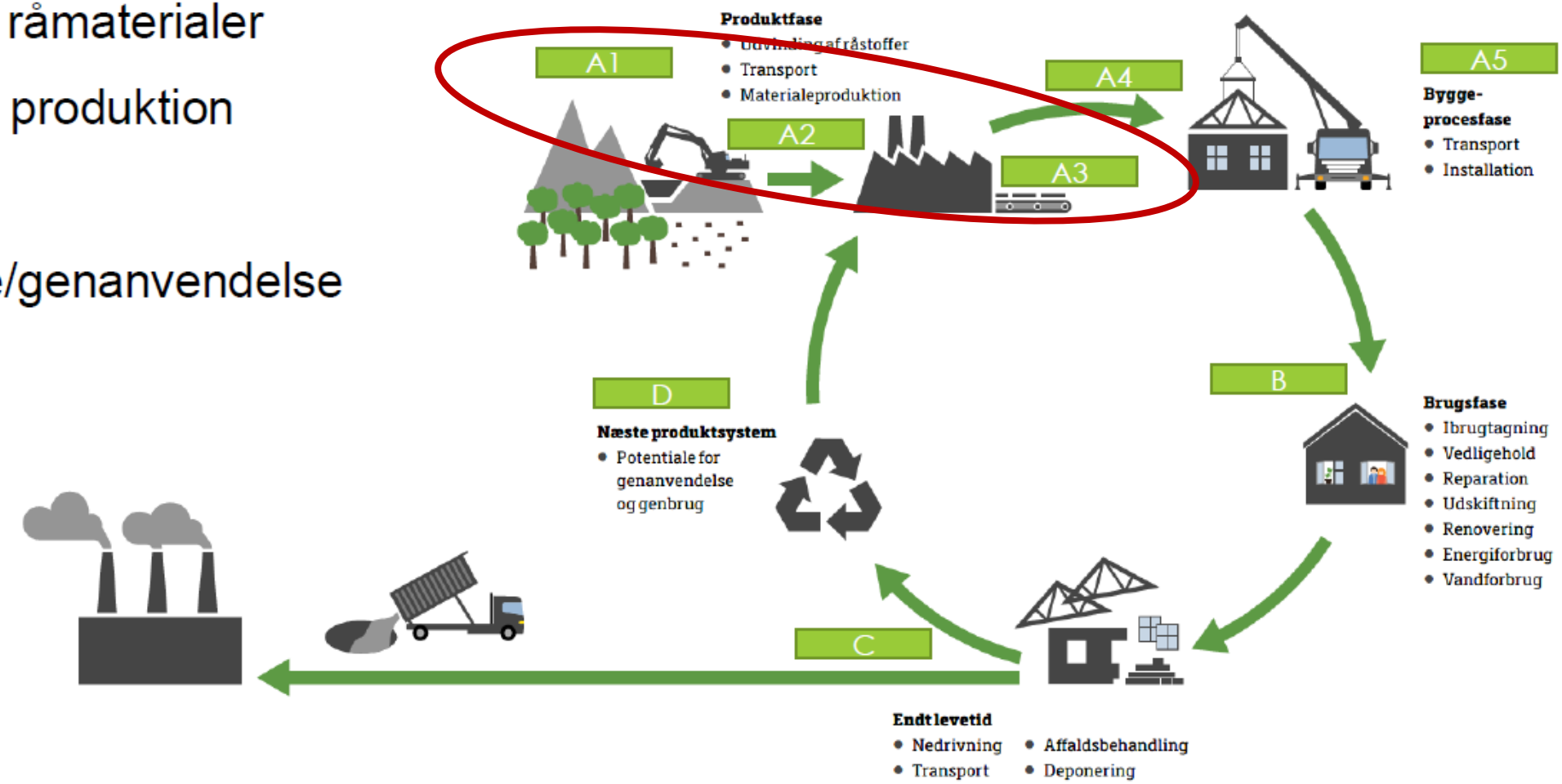
unicon
CEMENTIR HOLDING

Sætter standarden.

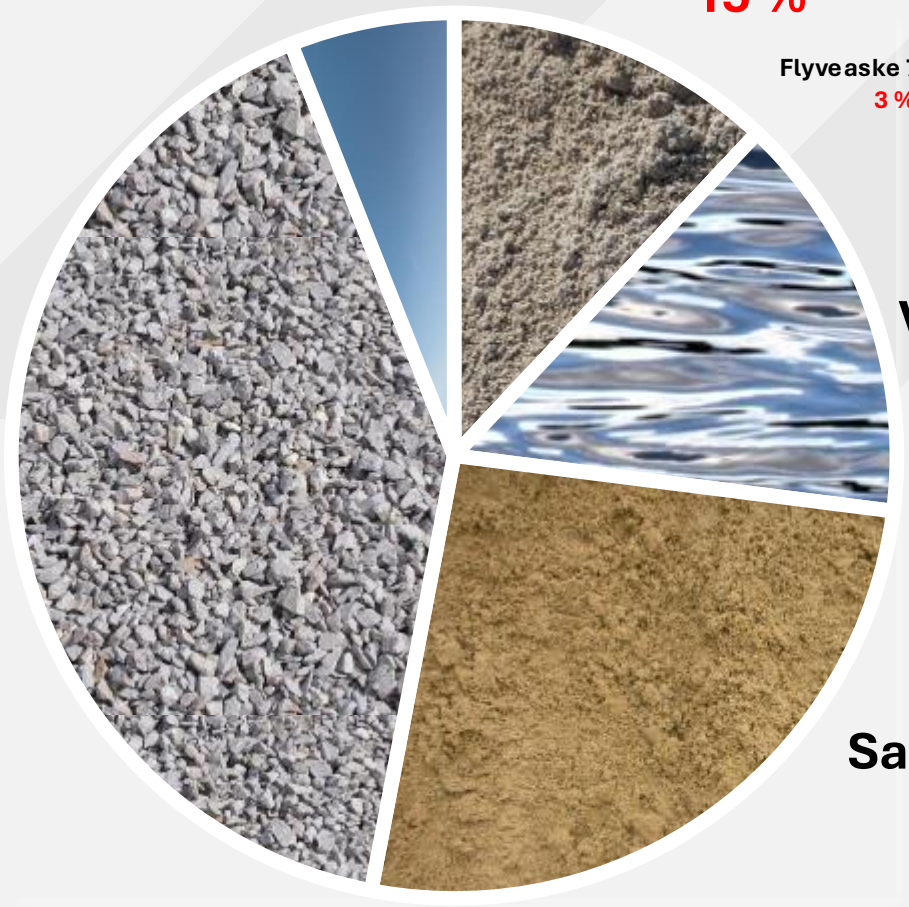
Livscyklus (LCA) for produkter/materialer

Produktets livscyklus dækker over de processer som finder sted i forbindelse med…

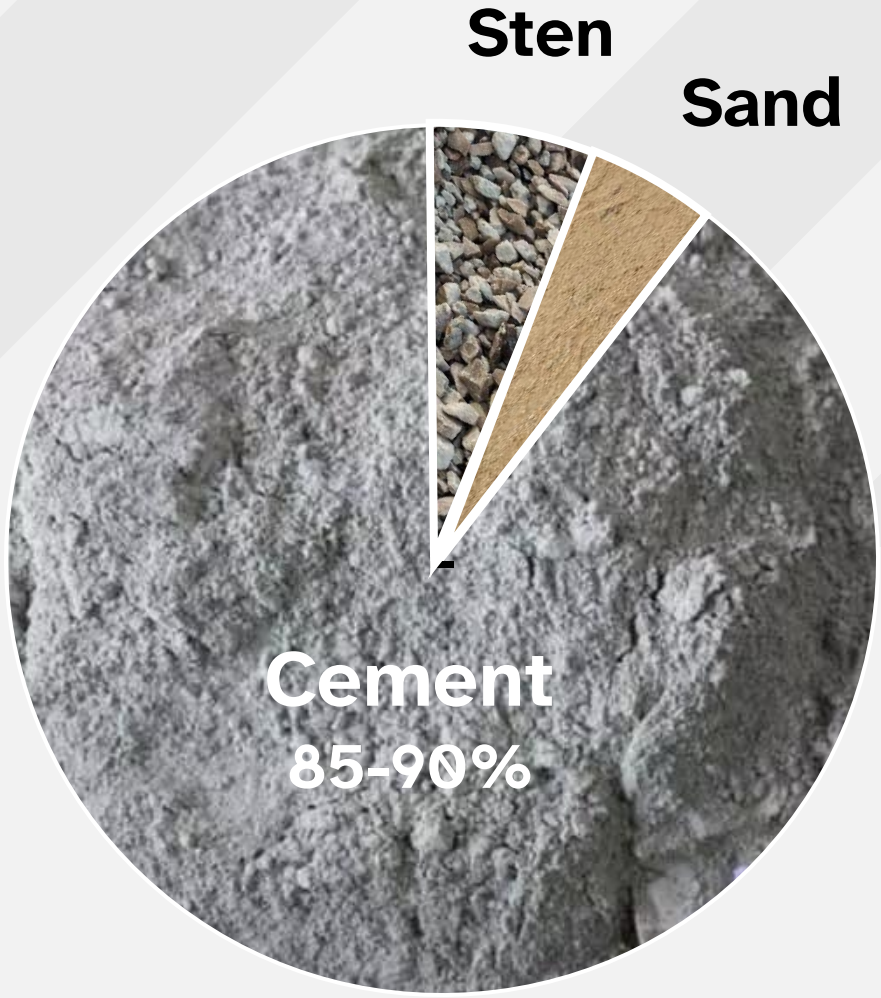
- Udvinding af råmaterialer
- Transport og produktion
- Brug
- Bortskaffelse/genanvendelse



1 m³ beton – fordeling af delmaterialer, vægt-%



CO_2-aftrykket kommer fra cementen



85-90% af betonens CO_2-aftryk stammer fra cementen

Hvorfra kommer CO_2'en i cementen?

Cementproduktion – indvinding af kridt i "kridtsøen" hos Aalborg Portland



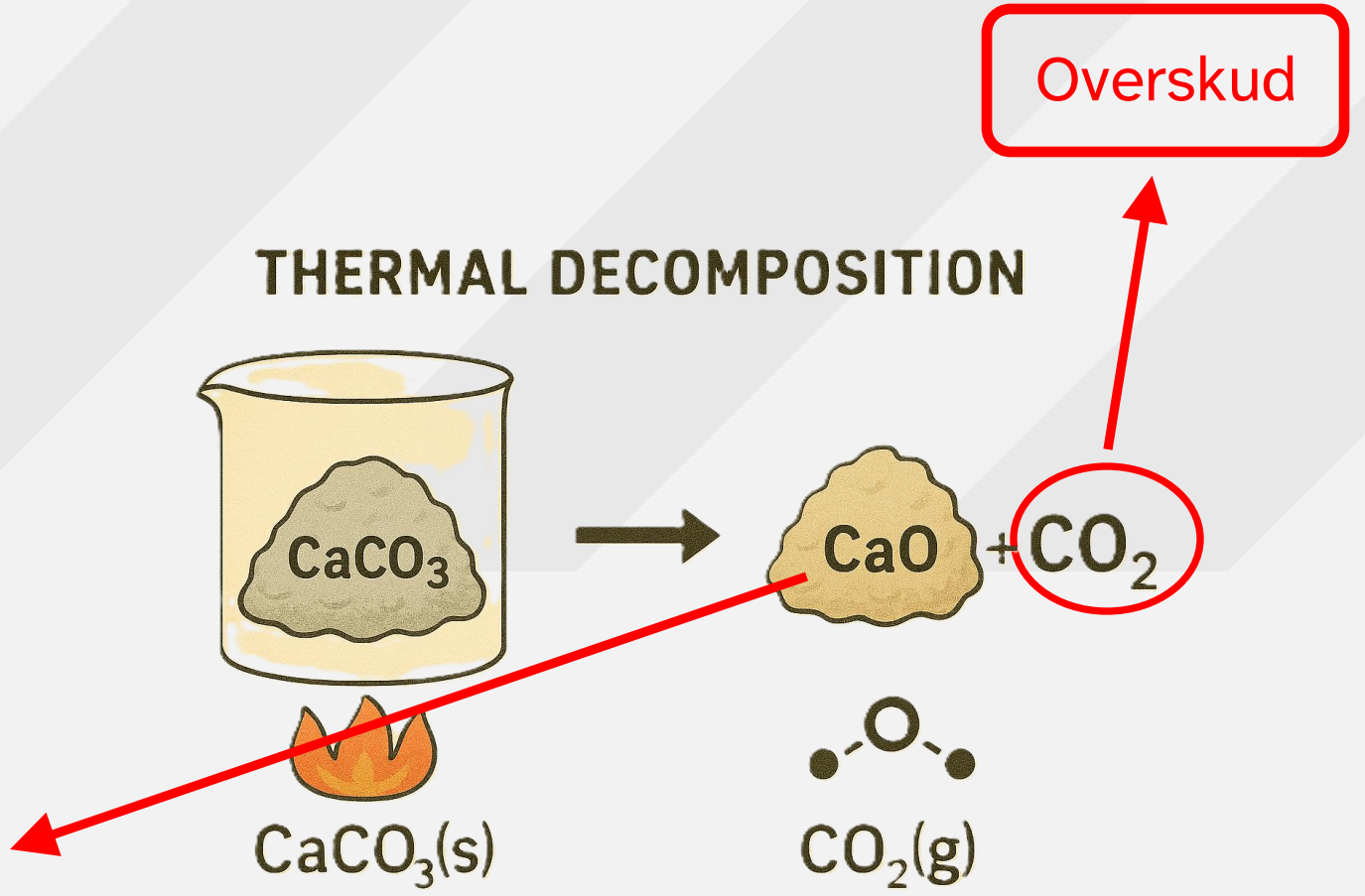




Opvarmning af kridt ➔ CO_2

Opvarmning af råmaterialer:

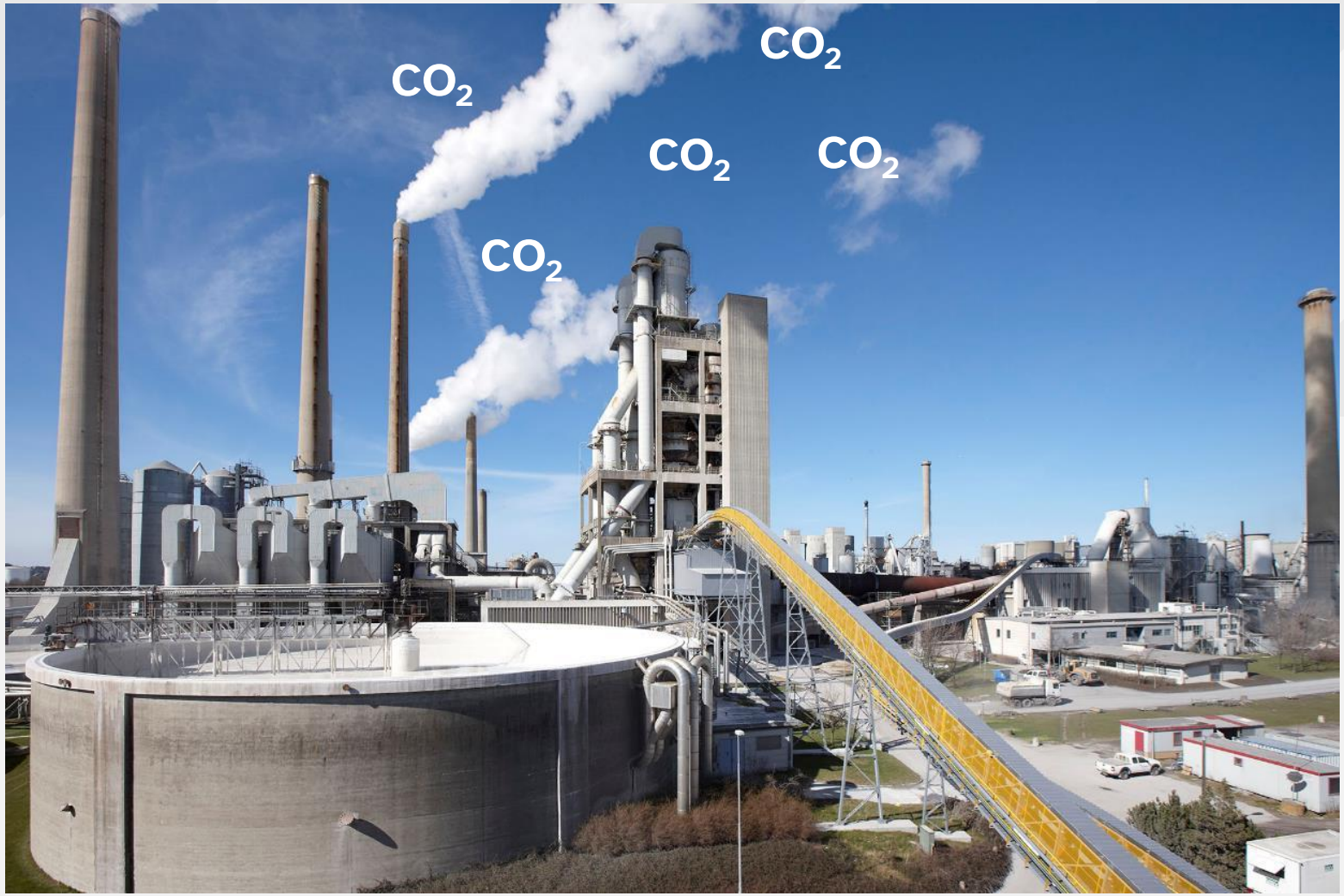
Kridt ($CaCO_3$) frigiver CO_2 (kalcinerer) ved opvarmning til ca. 880°C:



Skal bruges til cement-produktion

(calciumcarbonat → calciumoxid + kuldioxid)

Opvarmning af kridt → CO_2



Cementproduktion

Brændzone, 1500 ºC





unicon
CEMENTIR HOLDING

Sætter standarden.

Cementtyper

RAPID® cement

FUTURECEM™ cement

Aalborg SOLID® cement

AALBORG WHITE ® cement





FUTURECEM vs RAPID cement

I FutureCEM reduceres andelen af cementklinker og erstattes med et mix af kalcineret ler og kalkfiller.





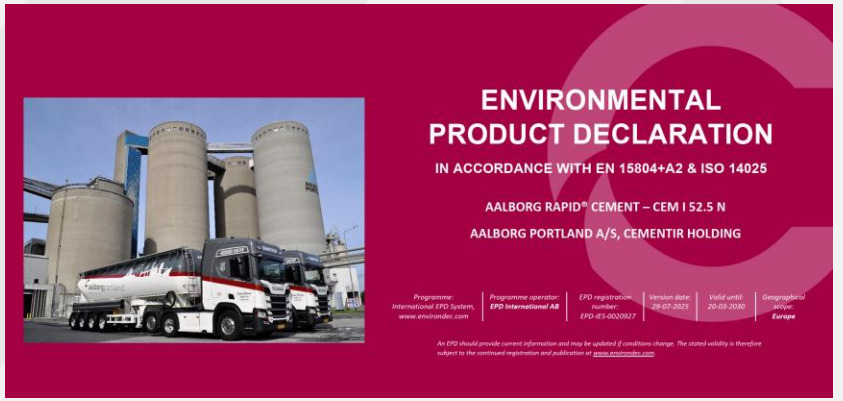
Kalcineret ler og kalkfiller har lavere CO_2-aftryk end cementklinker og derfor er CO_2-aftrykket for FUTURECEM 30 % lavere sammenlignet med RAPID.

Forskellige cementtyper fra Aalborg Portland

EPD'ere efter den nye standard EN 15804 + A2 & ISO 14025







FUTURECEM
A1-A3
420 kg CO_2 ækv./ton

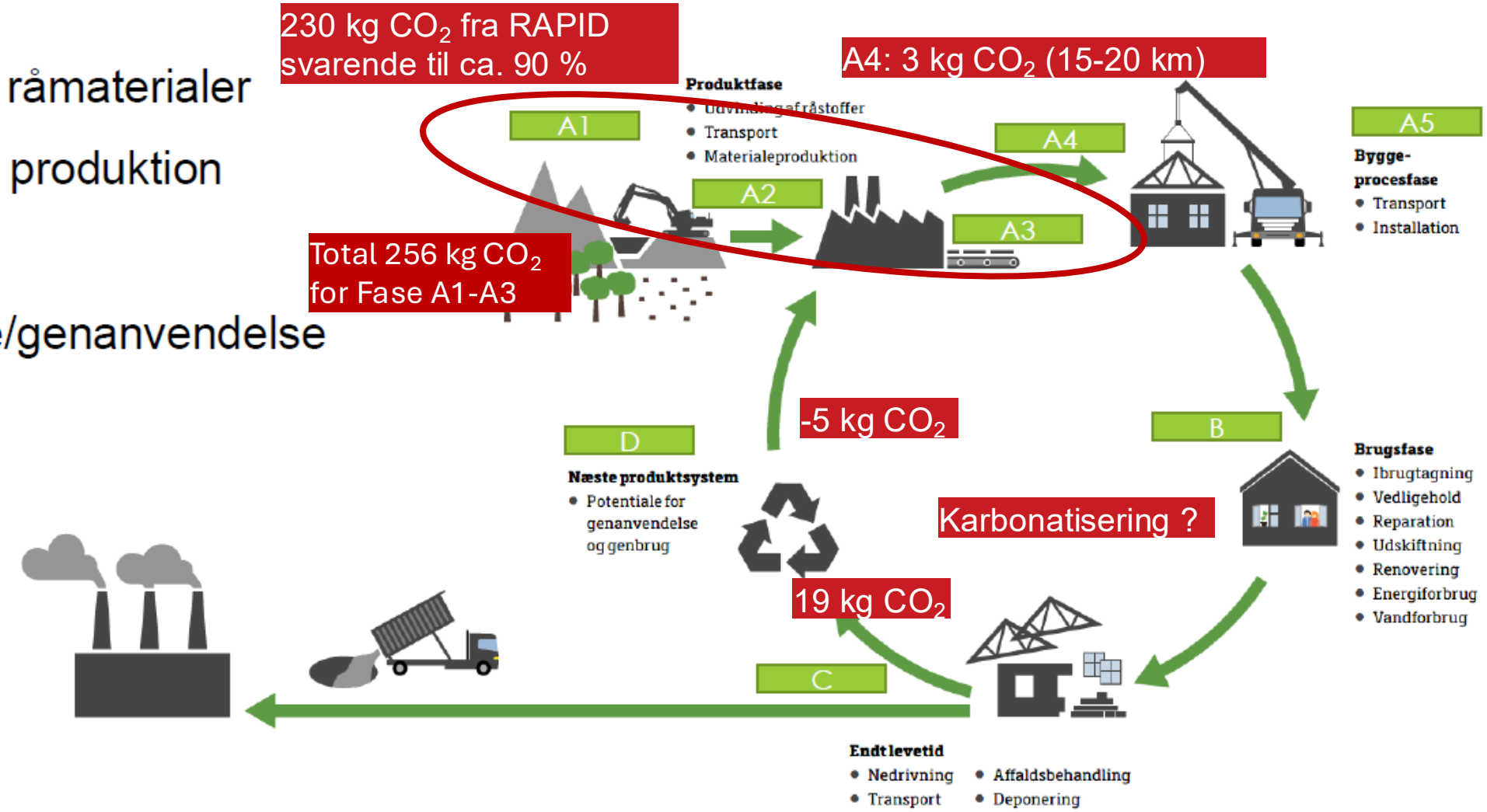
SOLID
A1-A3
510 kg CO_2 ækv./ton

RAPID
A1-A3
646 kg CO_2 ækv./ton

Livscyklus (LCA) for A35 beton med RAPID cement

Produktets livscyklus dækker over de processer som finder sted i forbindelse med…

- Udvinding af råmaterialer
- Transport og produktion
- Brug
- Bortskaffelse/genanvendelse



Produkt EPD'er

Hos EPD Norge (www.epd-norge.no)

www.unicon.dk, faneblad: Bæredygtig omstilling

Her er der inspiration om:

- CO_2-reduceret beton
- Cirkulær produktion
- Grøn omstilling af vores betontransport
- Miljøvaredeklarationer/EPD (her linkes til EPD Norge)
- DGNB-byggeri



epd-norge
Global program operator

Environmental product declaration
in accordance with ISO 14025 and EN 15804+A2

UNI-VERSAL C35/45, RAPID, Slump Concrete, Aggressive Environmental Actions

unicon
CEMENTIR HOLDING

The Norwegian EPD Foundation

Owner of the declaration:
Unicon A/S

Product:
UNI-VERSAL C35/45, RAPID, Slump Concrete, Aggressive Environmental Actions

Declared unit:
1 m3

This declaration is based on Product Category Rules:
CEN Standard EN 15804:2012+A2:2019 serves as core PCR
EN 16757:2022 for Concrete and concrete elements

Program operator:
The Norwegian EPD Foundation

Declaration number:
NEPD-5324-4656

Registration number:
NEPD-5324-4656

Issue date:
06.11.2023

Valid to:
06.11.2028

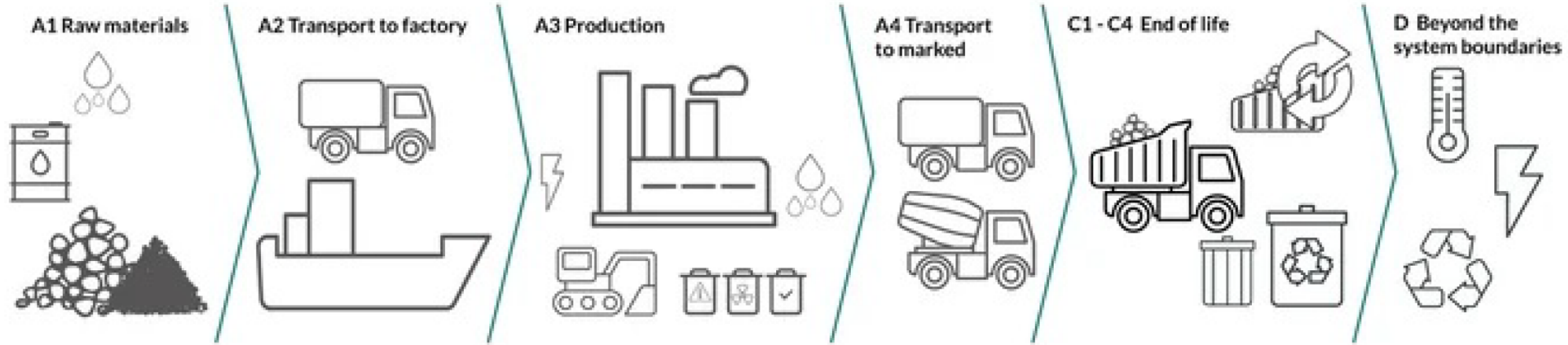
EPD software:
LCAno EPD generator ID: 69333

Produkt-EPD livscyklusfaser

System boundaries (X=included, MND=module not declared, MNR=module not relevant)

Product stage			Construction installation stage		Use stage							End of life stage				Beyond the system boundaries
Raw materials	Transport	Manufacturing	Transport	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	X	X	X	X	X

System boundary:



Produkt –EPD for A35 beton med RAPID cement

LCA: Results

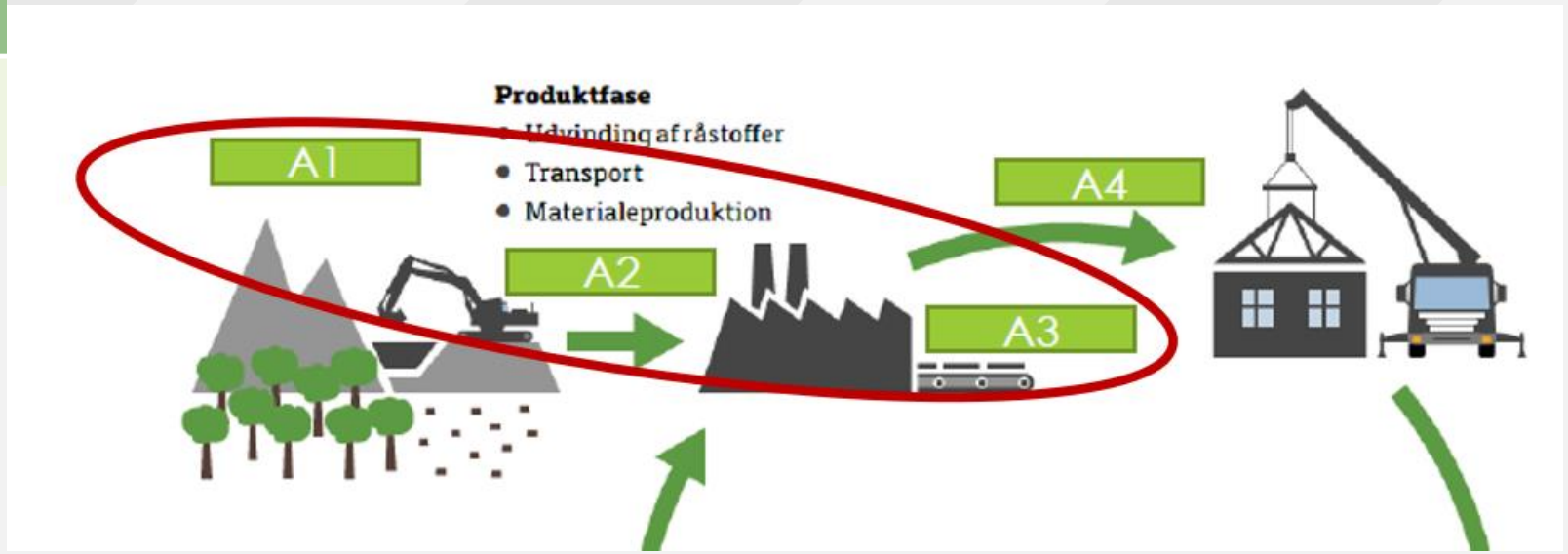
The LCA results are presented below for the declared unit defined on page 2 of the EPD document.

Environmental impact

Indicator		Unit	A1	A2	A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
	GWP-total	kg CO_2 -eq	2,39E+02	1,41E+01	2,96E+00	3,35E+00	9,00E+00	5,11E+00	2,27E+00	3,12E-01	-5,08E+00

A1	A2	A3
2,39E+02	1,41E+01	2,96E+00

I alt 256 kg CO_2-ækv



unicon
CEMENTIR HOLDING

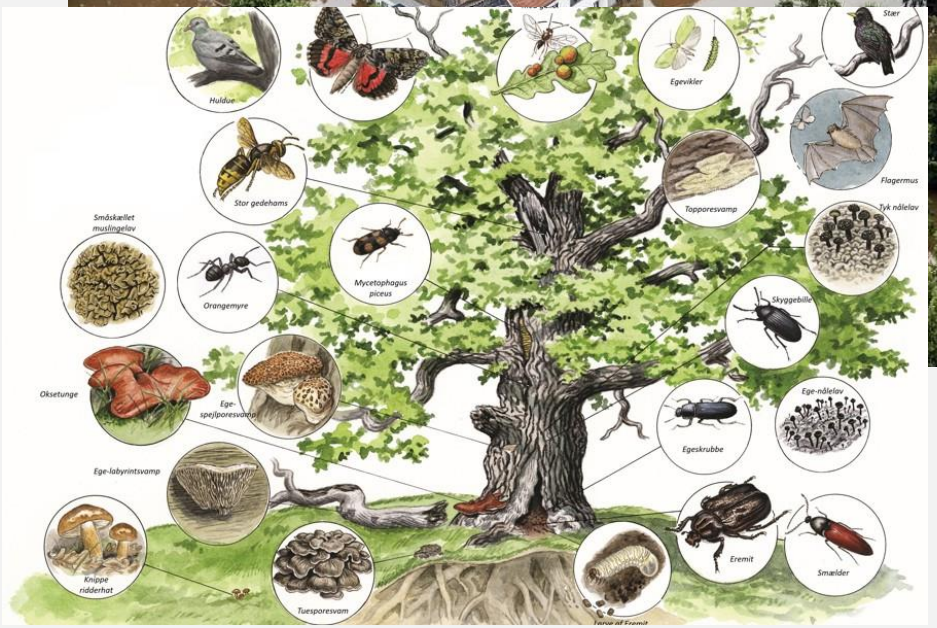
Sætter standarden.

CO_2 – hvad er problemet?

- Klimaforandringer med store konsekvenser

- **Ekstreme vejrfænomener**: Hyppigere og mere intense storme, tørker, kuldeperioder, skovbrande osv
- **Stigende havniveauer**: Isen smelter ➔ oversvømmelse af lavtliggende områder og kysterosion
- **Tab af biodiversitet**: Mange arter kan ikke tilpasse sig de hurtigt skiftende klimaforhold ➔udryddelse og forstyrrelse af økosystemer
- **Økonomiske og sociale konsekvenser**: Klimaforandringer påvirker landbrug, vandforsyning og sundhed og meget mere (primært i fattige lande)





Bygningsreglementet efter 01.07.2025

Tabel 1

Trinvis indfasning af grænseværdier for nybyggeris klimapåvirkning

Kg CO_2e/m²/år		Medio 2025	Medio 2027	Medio 2029
Grænseværdi	(Tidligere 12,0)	**7,1**	**6,4** *(strammes ca. 10 pct.)*	**5,8** *(strammes ca. 11 pct.)*
Byggeproces i grænseværdi	**A4+A5**	1,5	1,3	1,1
Grænseværdi, inkl. byggeproces		8,6	7,7	6,9
Lavemissionsklasse		**5,8** *(ca. 18 pct. under GV)*	**5,0** *(ca. 21 pct. under GV)*	**4,4** *(ca. 25 pct. under GV)*
Byggeproces i lavemissionsklasse		1,1	1,0	0,9
Lavemissionsklasse, inkl. byggeproces		6,9	6,0	5,3

Differentieret grænseværdi for forskellige bygningstyper

Tabel 2

CO_2e-grænseværdi for nybyggeri fordelt på bygningstyper, 1. juli 2025

Kg CO_2e/m²/år	2025	2027	2029
Grænseværdi for bygninger	**7,1**	**6,4**	**5,8**
Ferieboliger under 150 m²	4,0	3,6	3,2
Enfamiliehuse, rækkehuse og tiny houses samt ferieboliger på mindst 150 m²	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	8,0	7,2	6,4
Selvstændig grænseværdi for byggeproces	1,5	1,3	1,1
Grænseværdi inkl. byggeproces	**8,6**	**7,7**	**6,9**

Grønnere transport

- Hybride betonbiler & -pumper
- Biobrændsel HVO – 90 % reduktion af CO_2
- El-drevne betonbiler





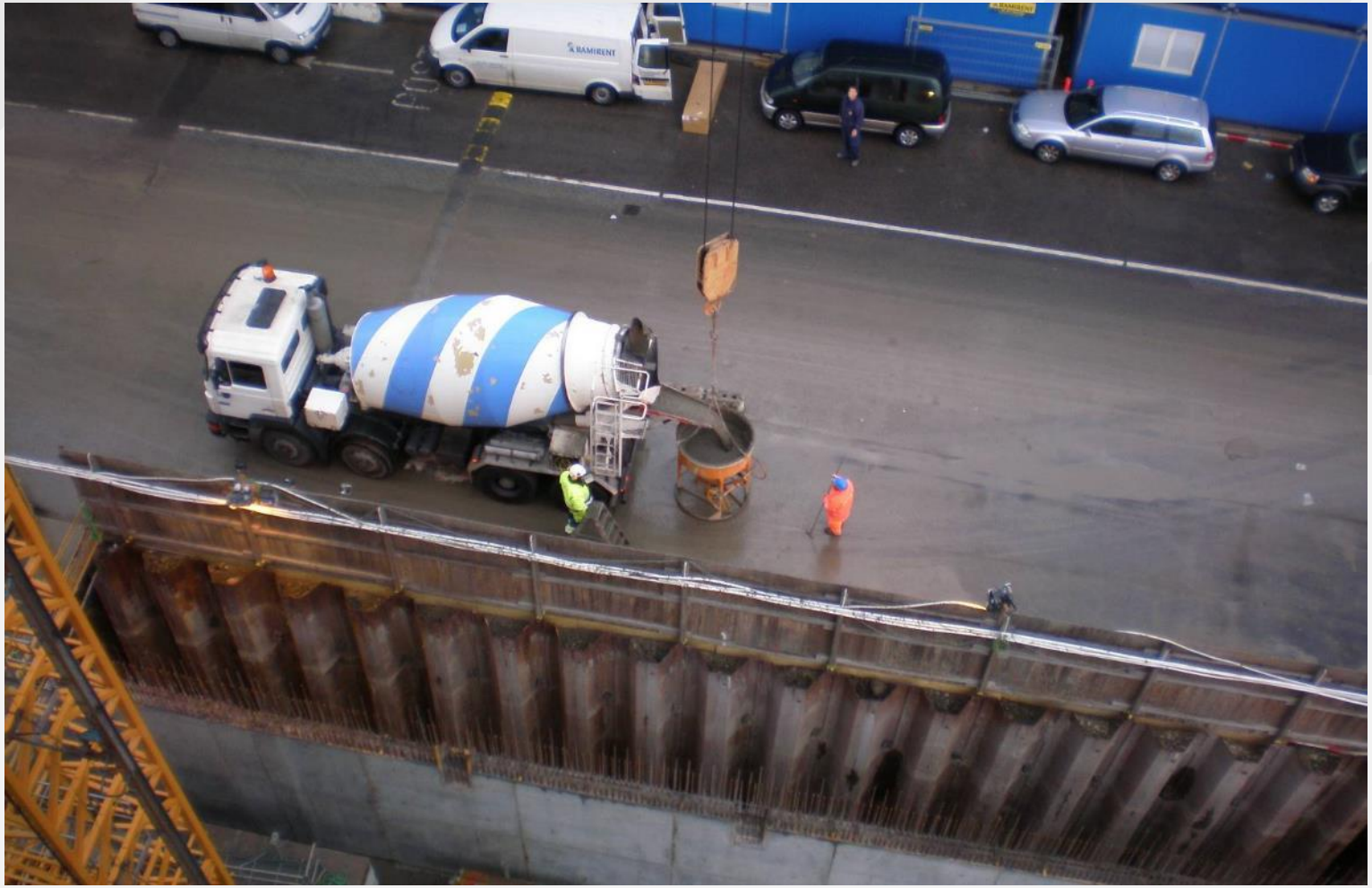
Leveringsmåder

- Sliske – max 2 meter fra bil



Leveringsmåder

- Sliske – kranspand



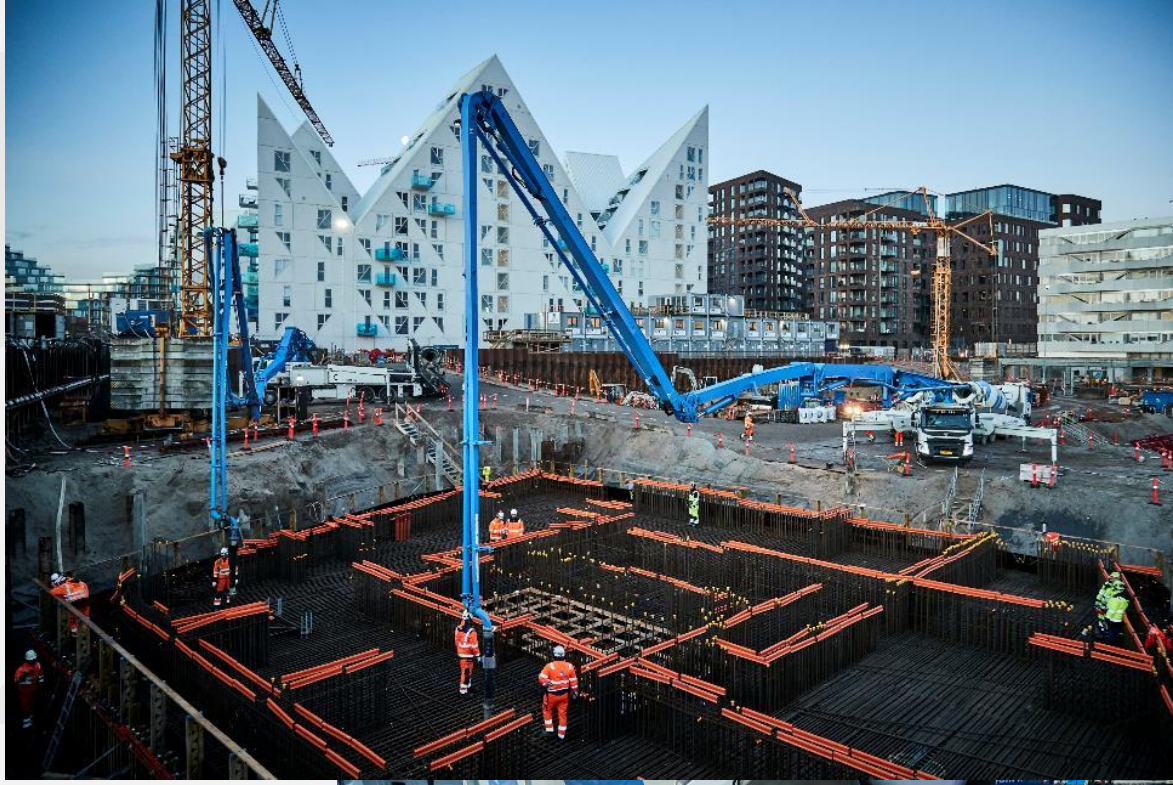
Leveringsmåder

- Bånd – max 15 meter



Leveringsmåder

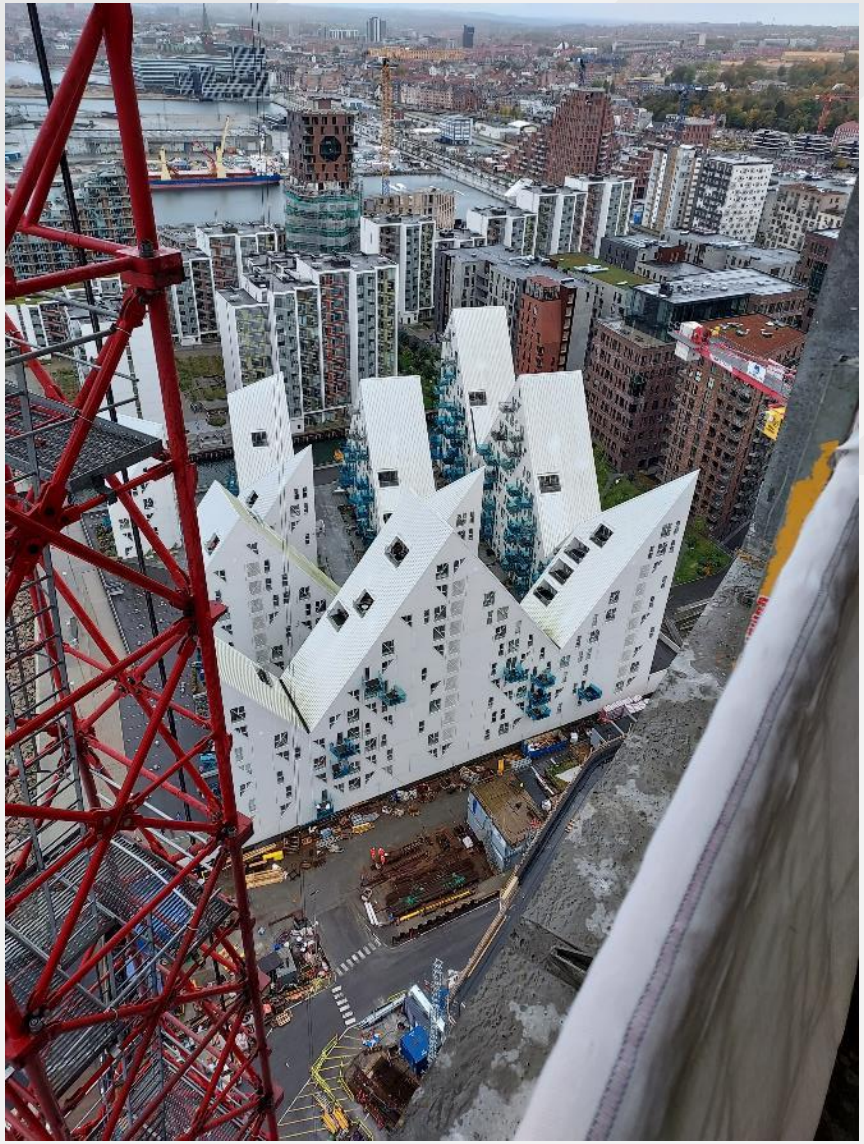
- PumiPumpe eller alm. pumpe







Lighthouse, Aarhus Ø





unicon
CEMENTIR HOLDING

Sætter standarden.

Formgivning - eksempler



Aarhus Havn - godsbanen

Hvid jernbanebro

- Koksgrå søjler og endevederlag



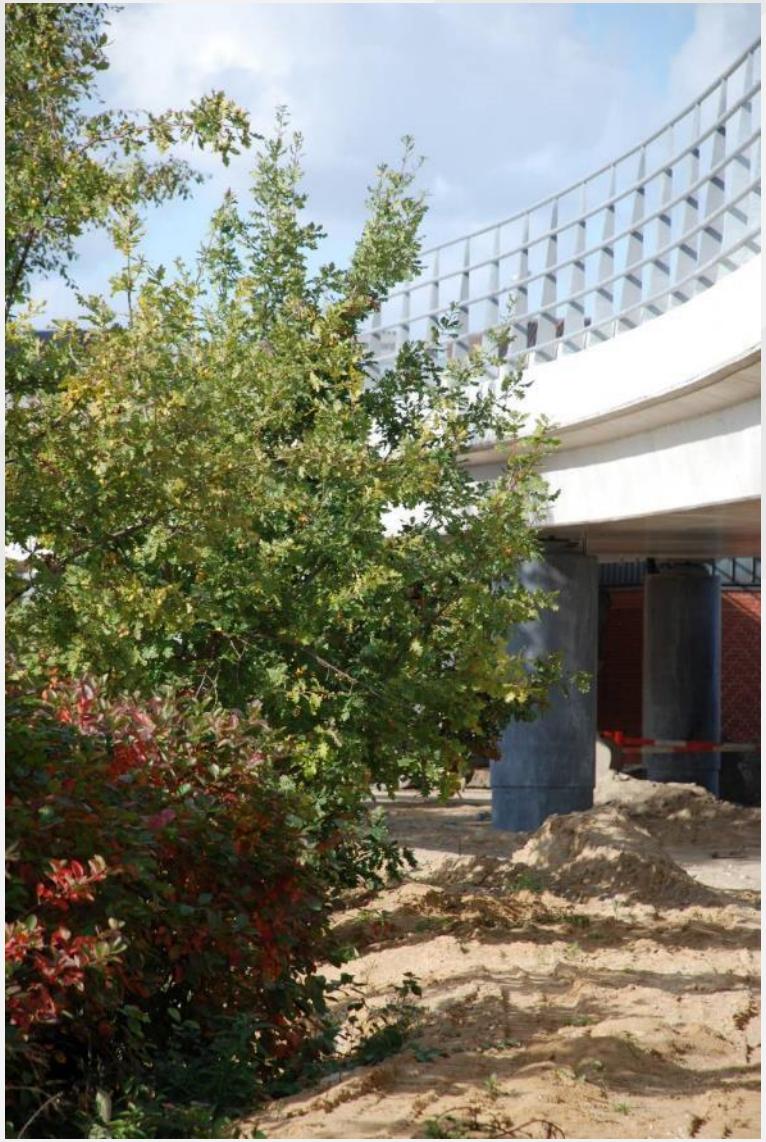


Aarhus Havn - godsbanen

Hvid jernbanebro

- Koksgrå søjler og endevederlag





Stibro – v/Hvidsværmervej



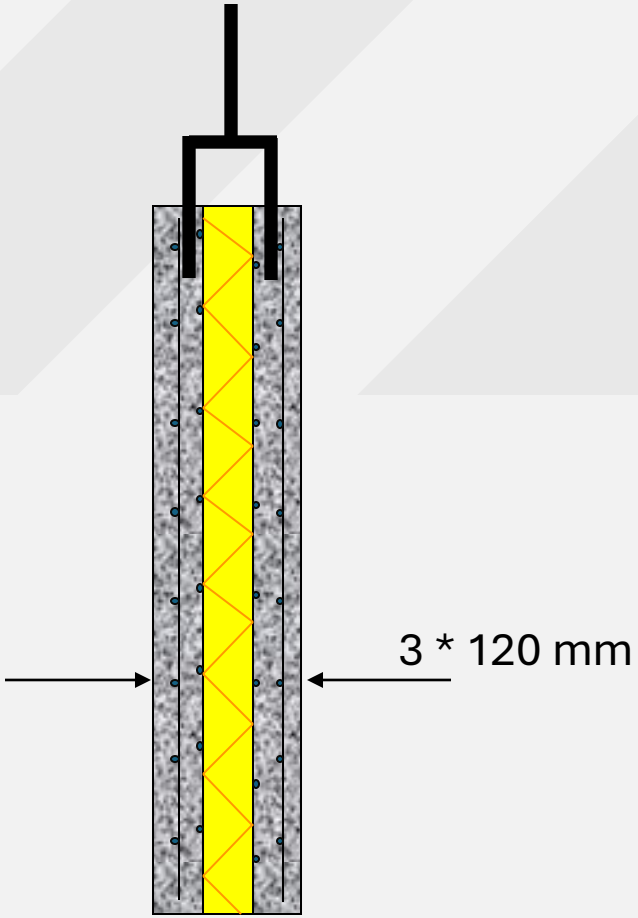
Nomineret til
in-situ Prisen 2011



Stibro v/Hvidsværmervej



Hindemosehus



- **Ingen støbeskel**
- **Overflade:**
  - **Udvendig glat finér**
  - **Indvendig ru brædder**



Hindemosehus







Hindemosehus





SEB Bank & Pension



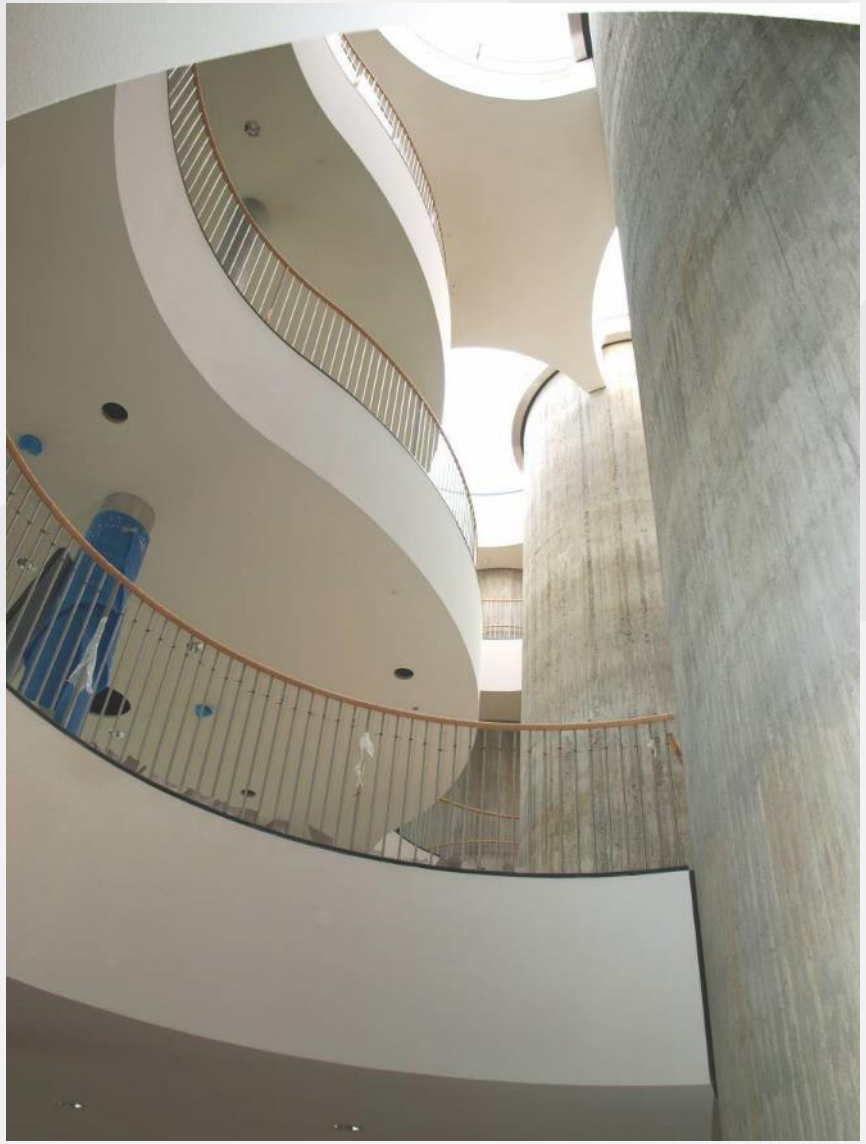


SEB Bank & Pension



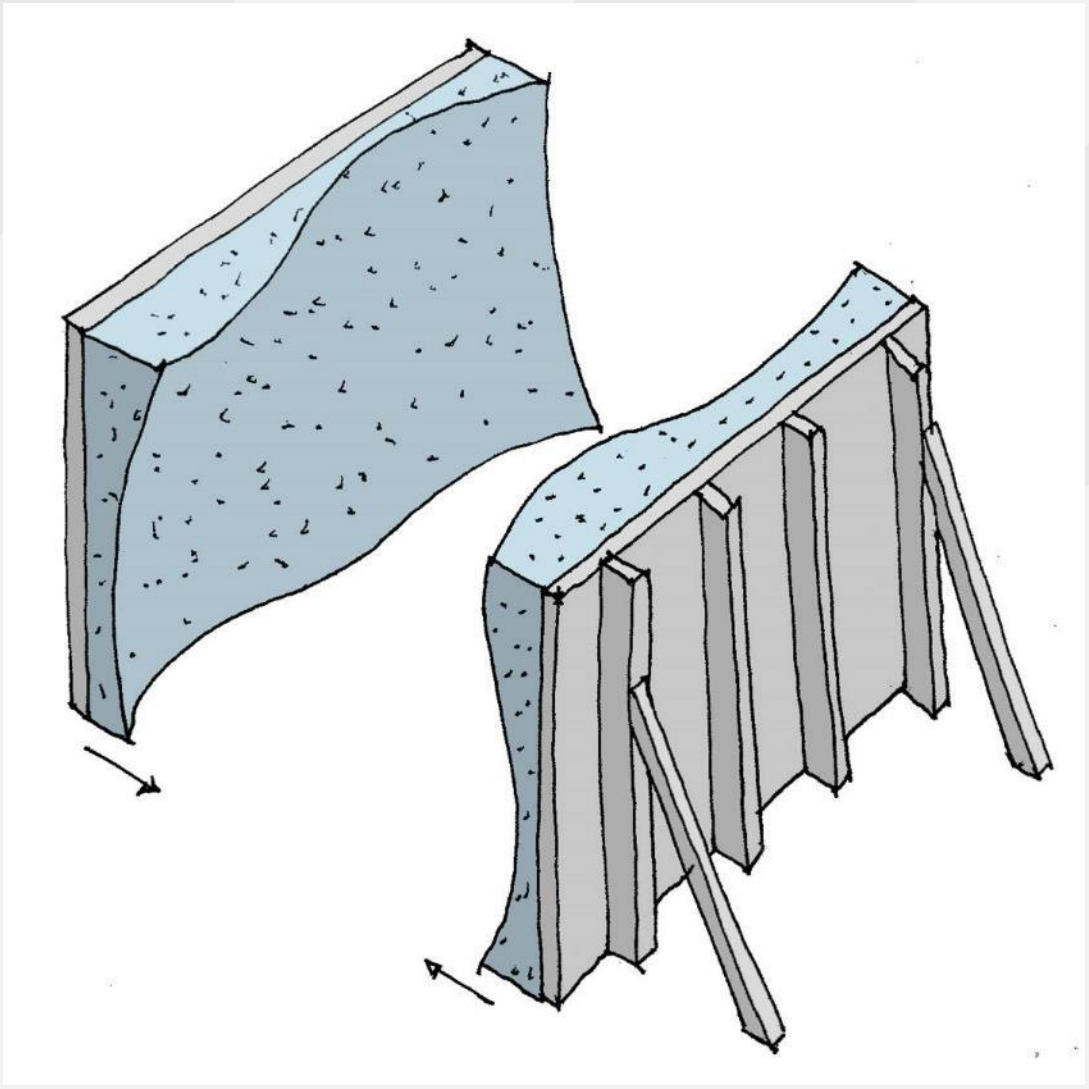
SEB Bank & Pension



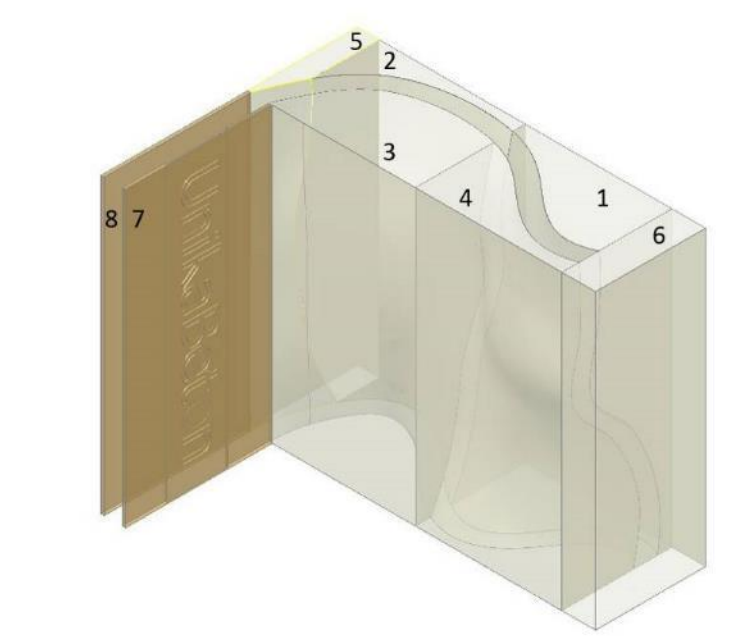


UNIKA beton (Unikke betonkonstruktioner)





UNIKA beton (Unikke betonkonstruktioner)





UNIKA beton (Unikke betonkonstruktioner)





Paschal, Aarhus





TailorCrete

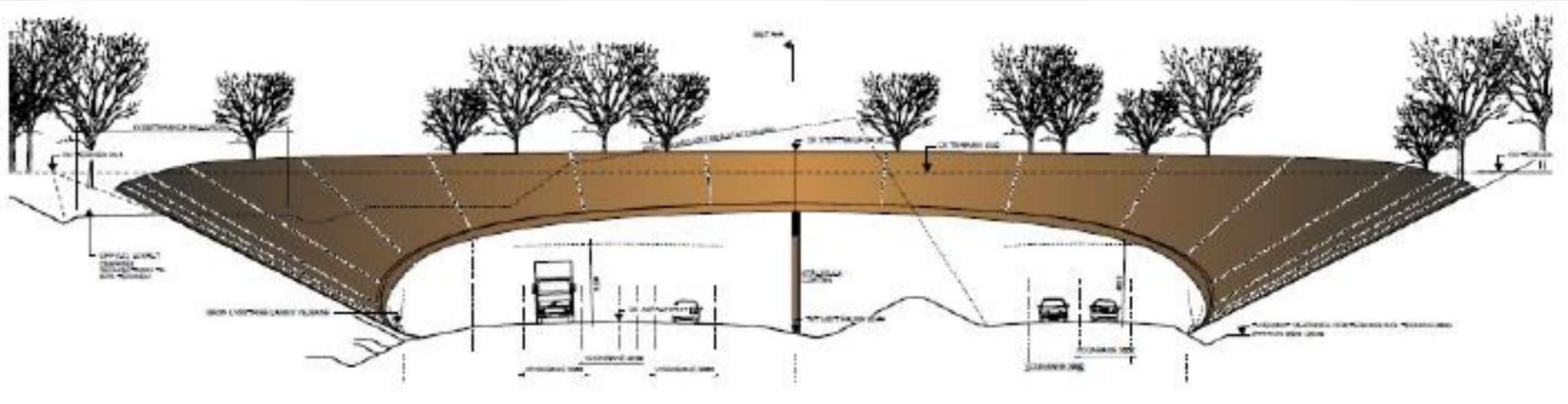


TailorCrete





Faunapassagebro ved Randbøl (Vejle – Billund)



Ny motortrafikvej Bredsten – Vandel

Arkitektfirmaet Bystrup

Elipseformet, spændvidde 50 m, længde 55 m

1800 m3 beton, type E40


unicon













Faunapassagebro ved Randbøl





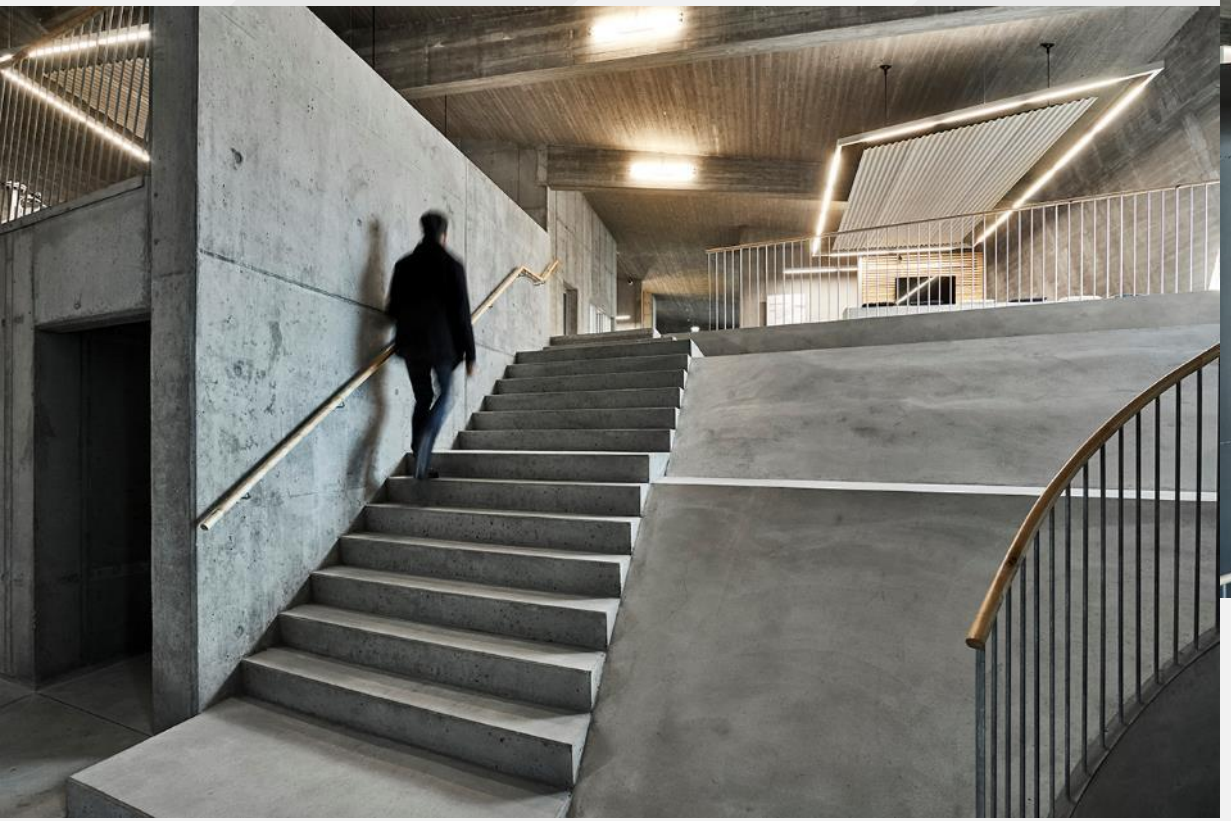
Nibsbjerg Vandcenter, Holstebro





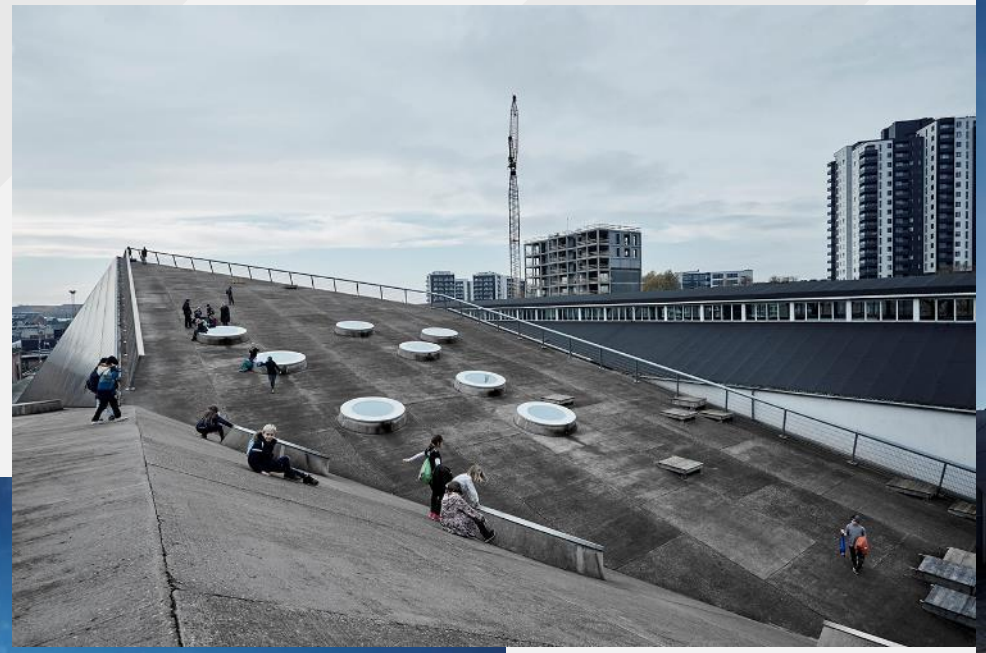


Nibsbjerg Vandcenter, Holstebro





Godsbanen, Aarhus







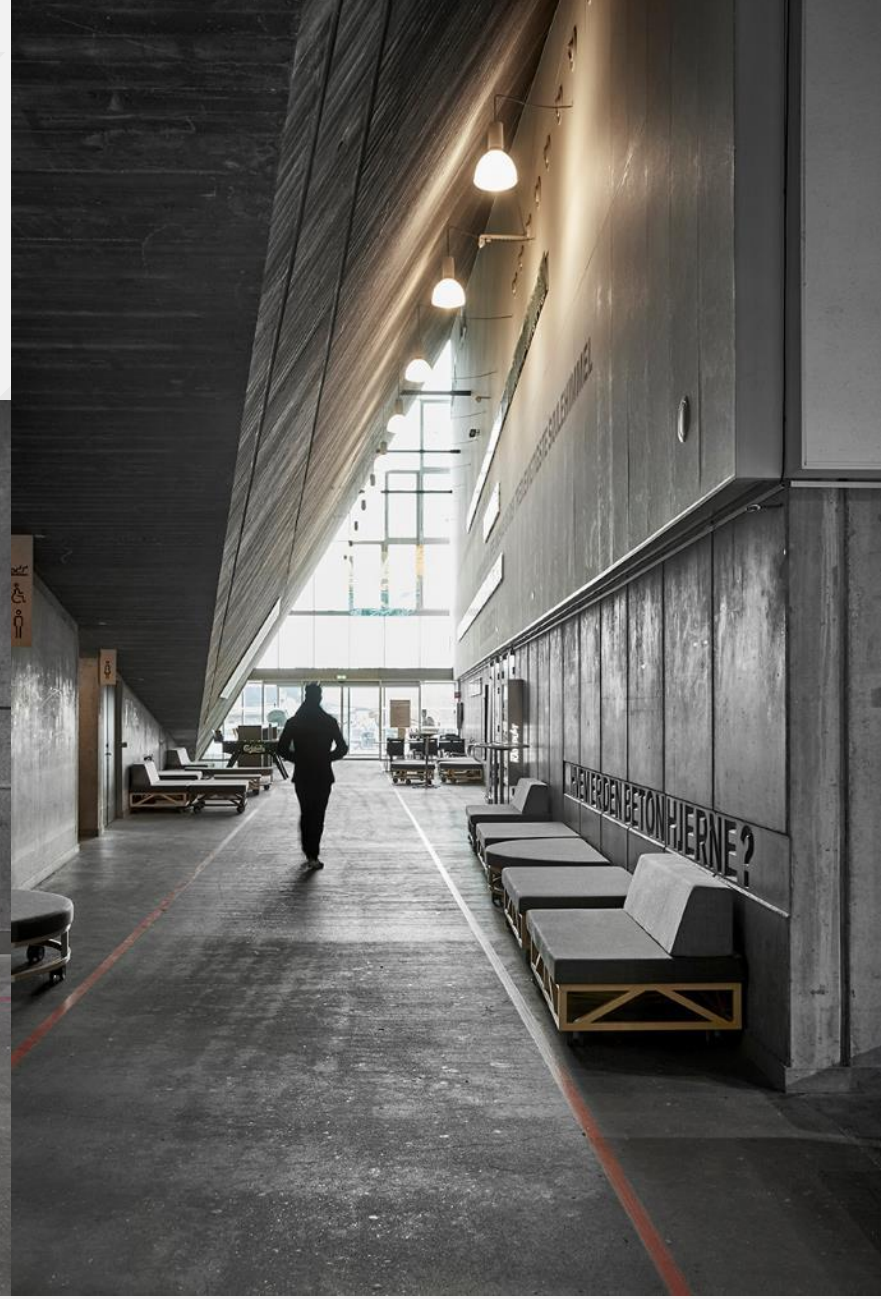
Godsbanen, Aarhus



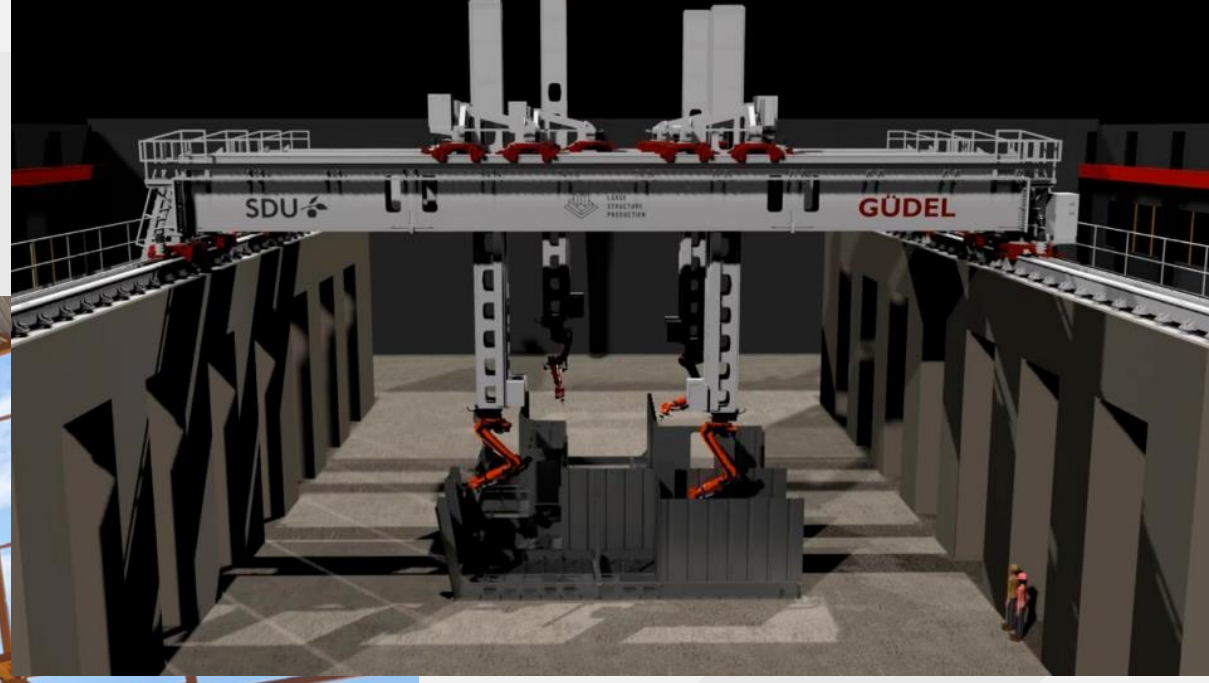


Godsbanen, Aarhus





Nyt robotcenter, SDU - Lindø

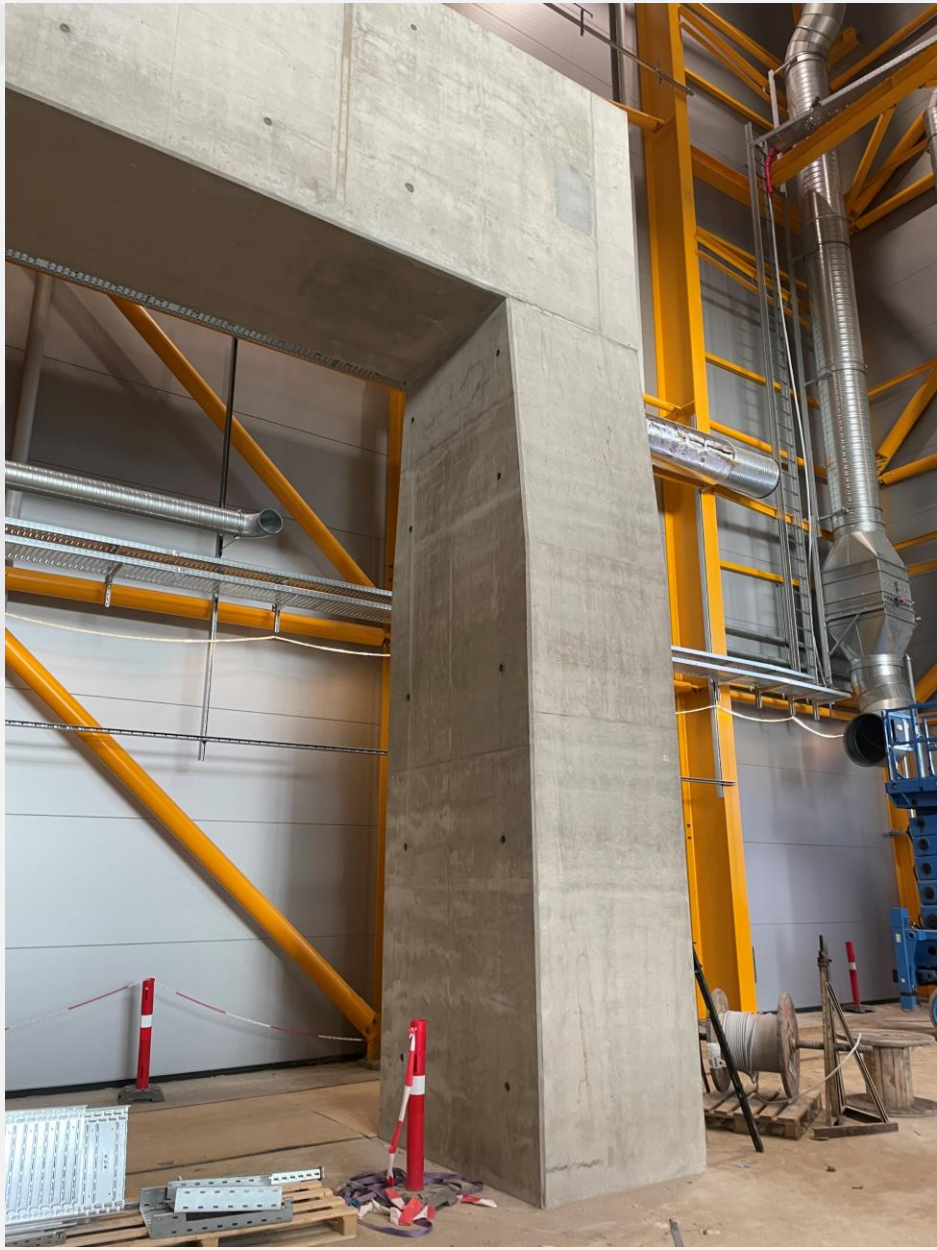




Nyt robotcenter, SDU - Lindø







Hængslet, Aarhus



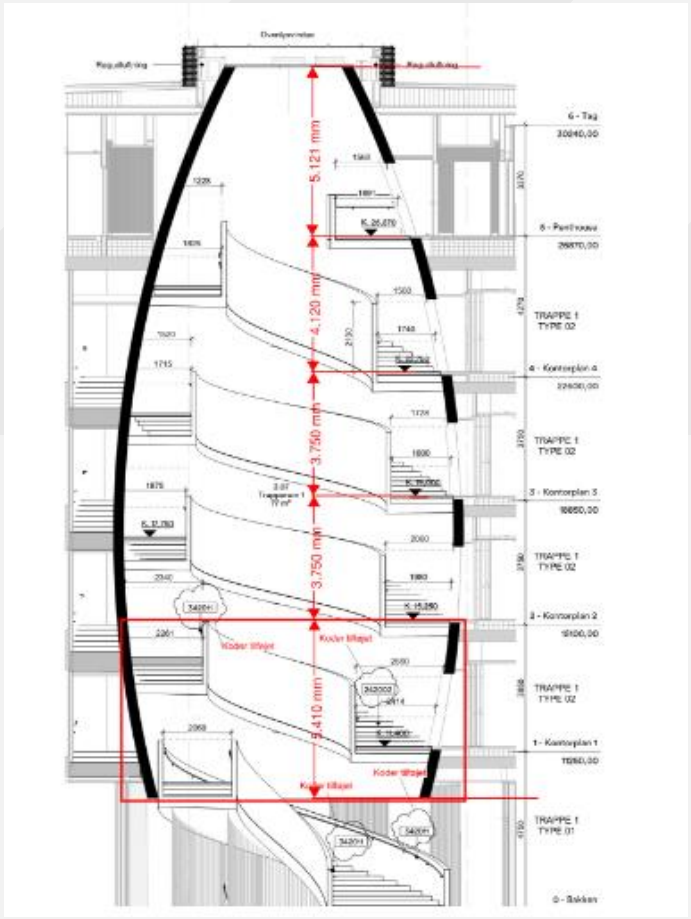
Sætter standarden.

Hængslet, Aarhus



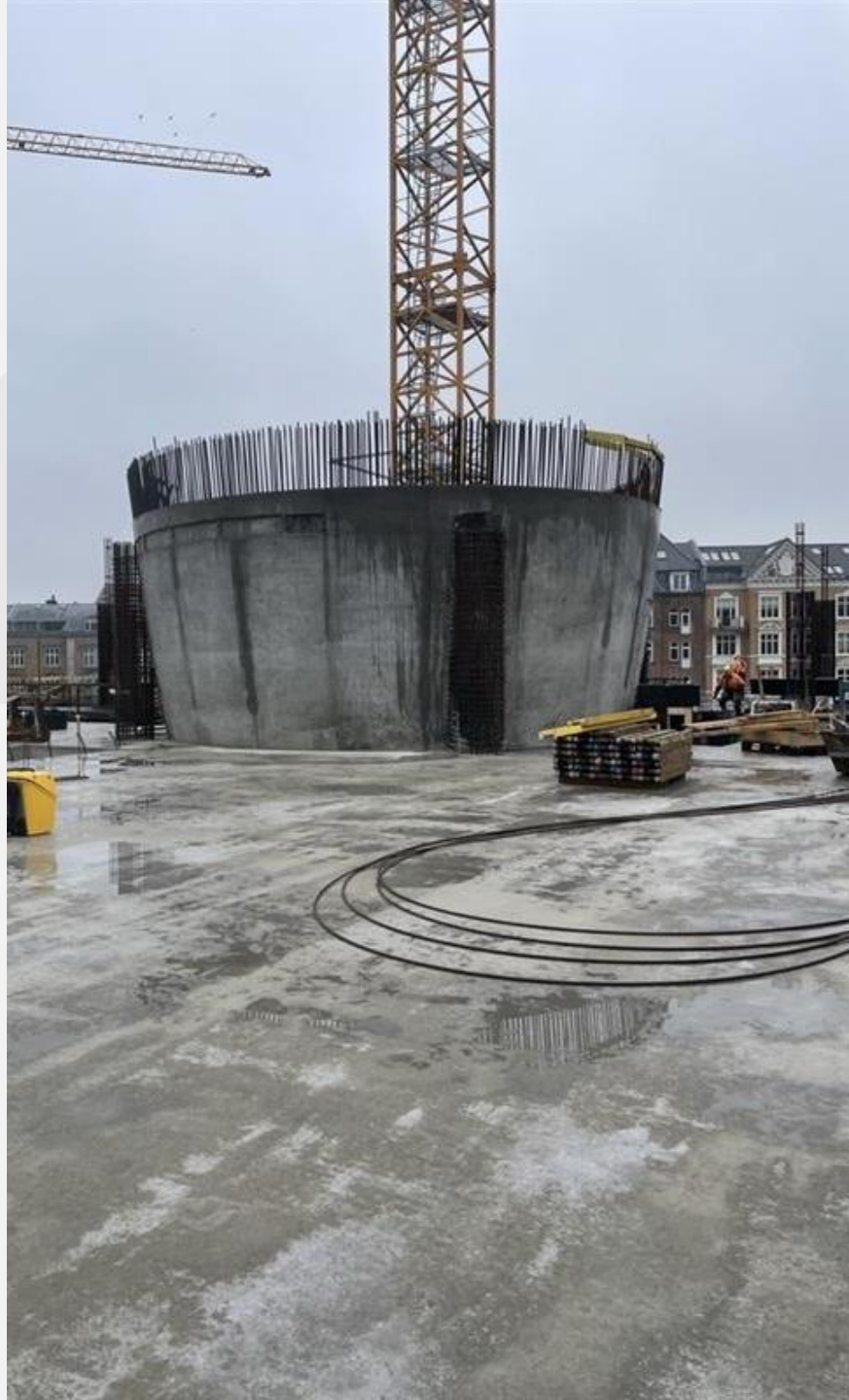
Hængslet er placeret på havnefronten med havn på den ene side og kanal på den anden side. Alle søjler, trappekerner samt bakkedæk byder på synlig beton, og især etagedækket over markedshallen er visuelt interessant, da der er blandet granitsten i betonen.

Hængslet, Aarhus - cocoon



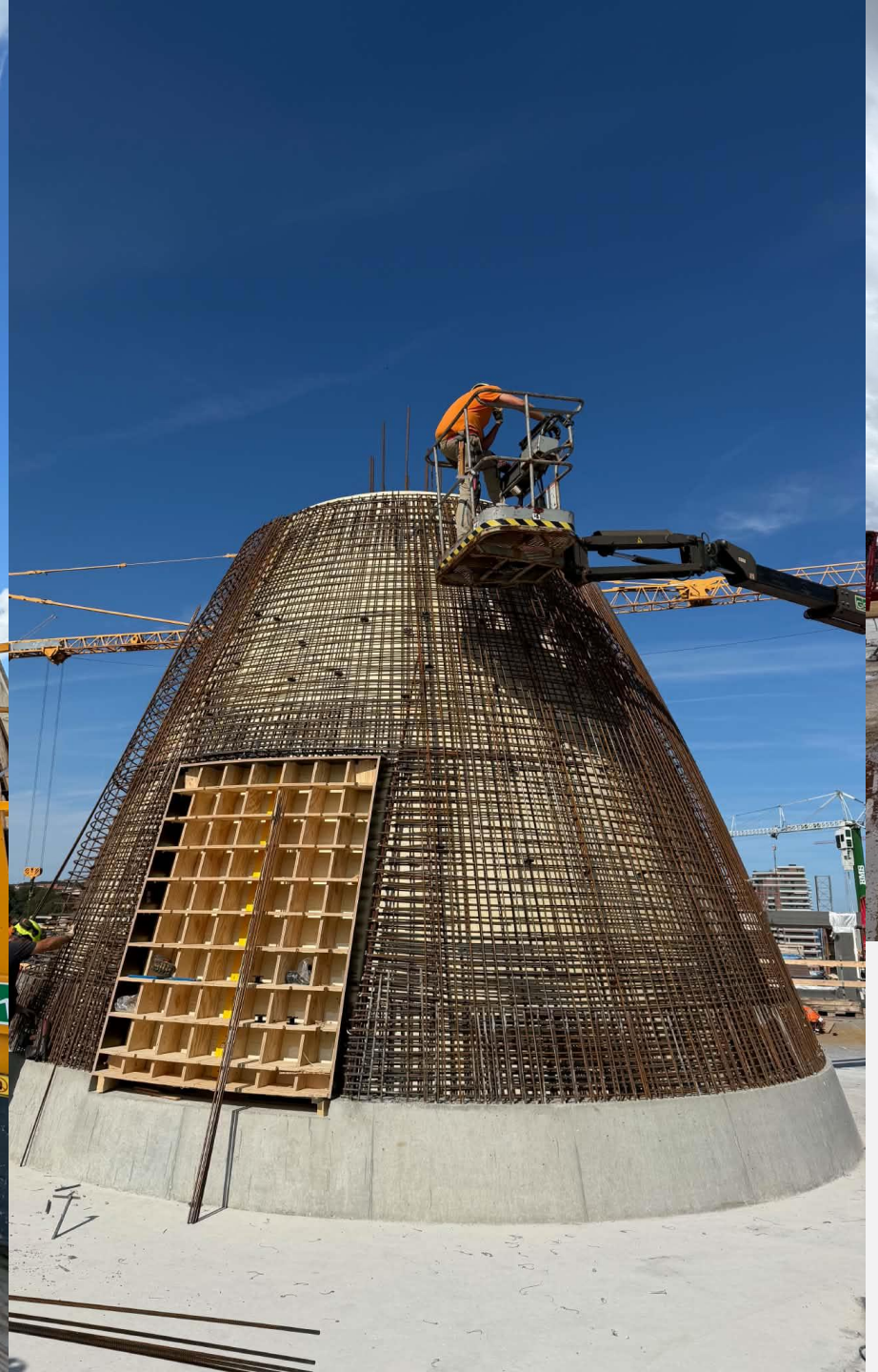




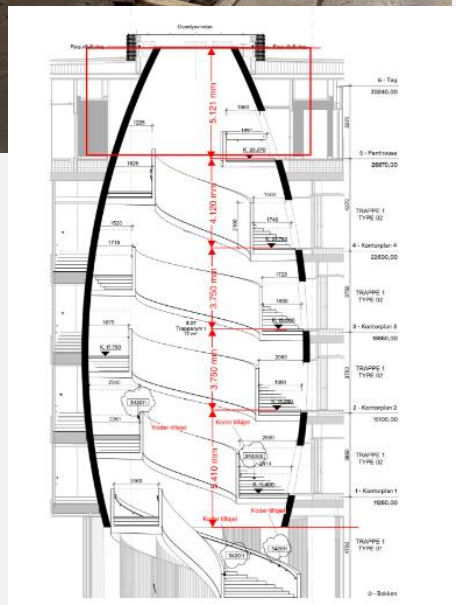


unicon
CEMENTIR HOLDING

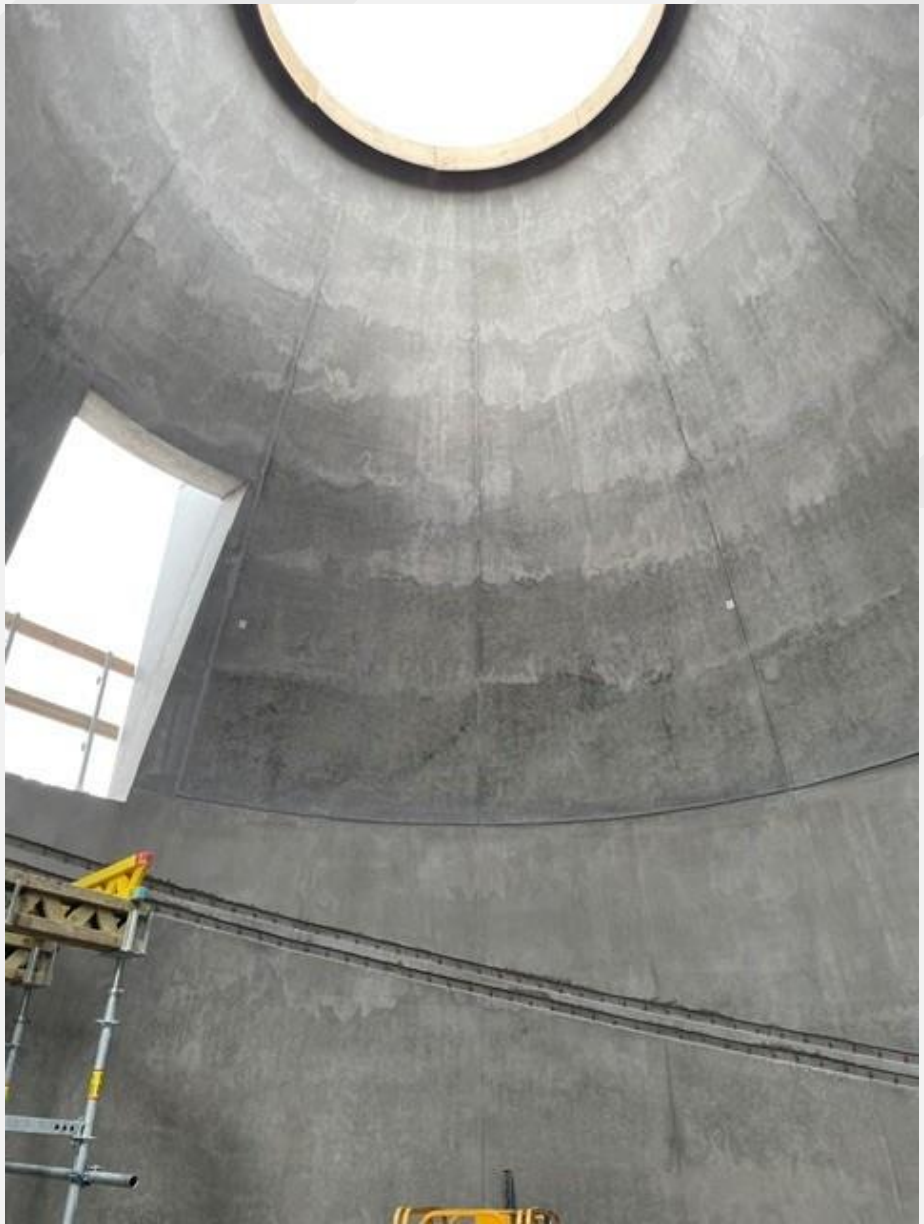

GSV 70






5.121 mm
4.120 mm
3.750 mm
3.750 mm
3.410 mm

Hængslet, Aarhus - rejsegilde





unicon
CEMENTIR HOLDING

Sætter standarden.

Udstøbning industrigulv - sætmålsbeton





Udstøbning terrændæk – SCC beton

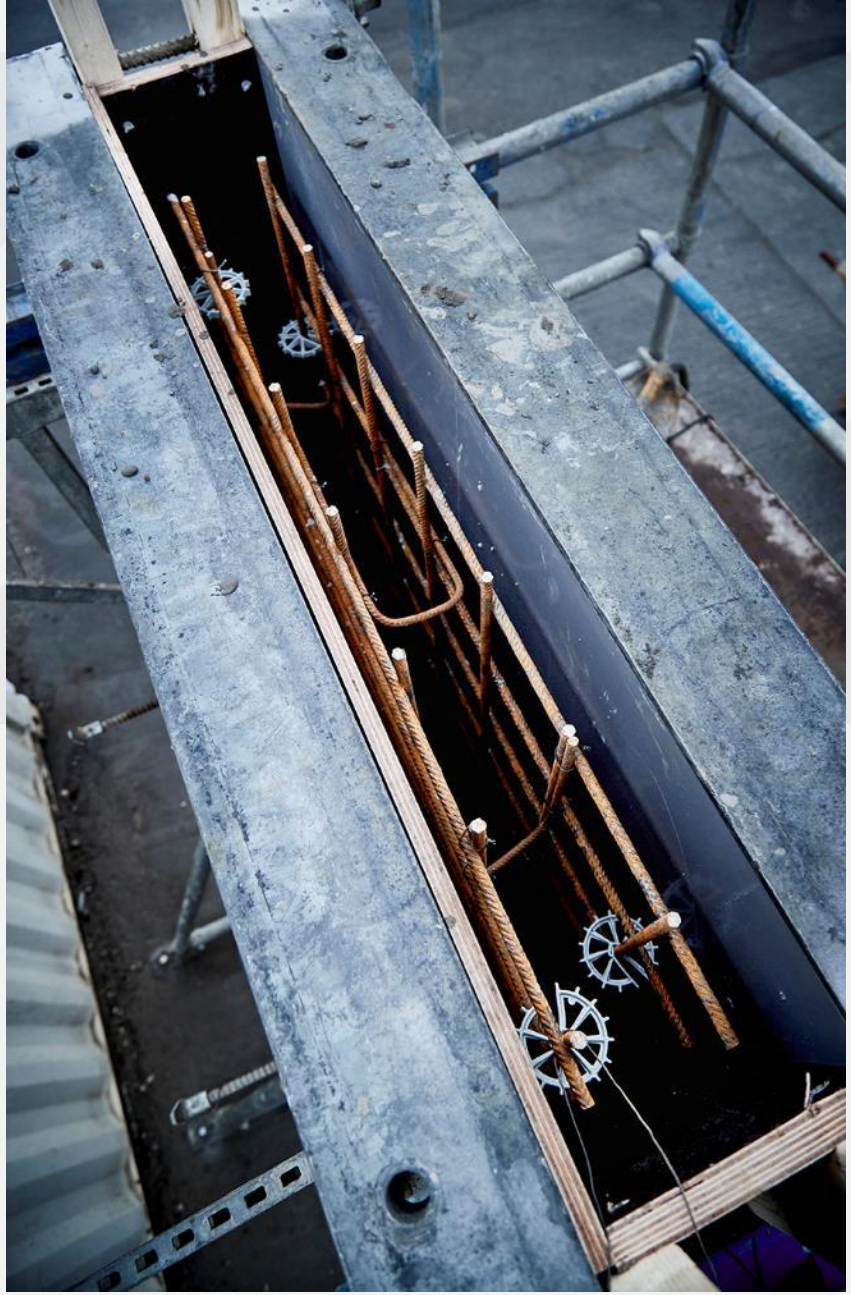






Udstøbning vægge



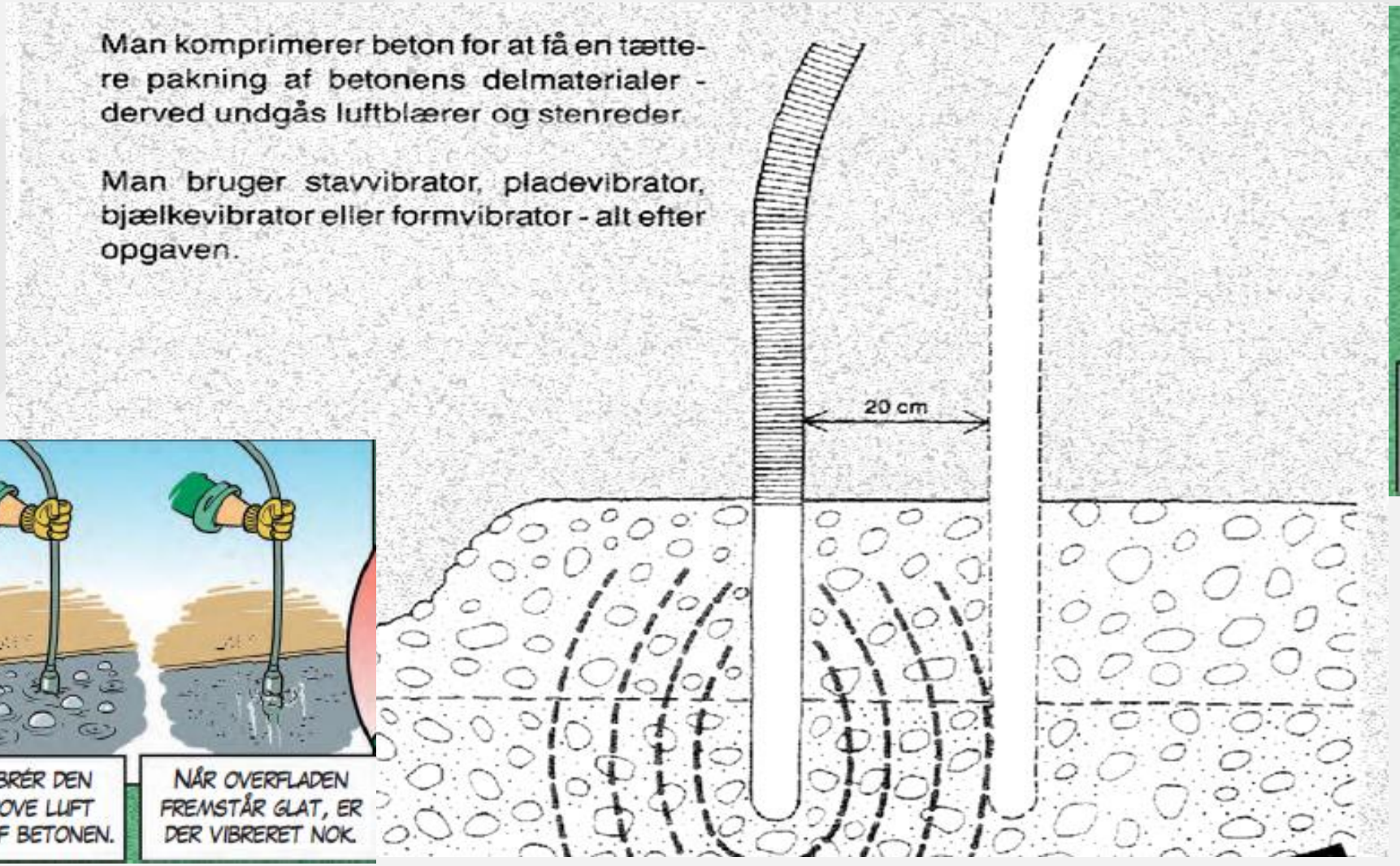




Byggepladsteknik - vibrering

Man komprimerer beton for at få en tættere pakning af betonens delmaterialer - derved undgås luftblærer og stenreder.

Man bruger stavvibrator, pladevibrator, bjælkevibrator eller formvibrator - alt efter opgaven.







Hvad kan gå galt?

- Varmeslanger
- Ukontrollerede revner
- Springere
- Glitteskader
- Tæt armering
- Formtryk
- Termo-revner



Planlægning af SCC-støbning

- Er indstøbningsdele fastholdt mod opdrift?





Plastisk svind

- Skyldes tidlig udtørring
- Kan forhindres ved tildækning







unicon
CEMENTIR HOLDING

Udtørringssvind

- Kan styres ved:
  - Friktion mellem beton og underlag
  - Isolering langs faste genstande
  - Feltopdeling - kvadratiske
  - Svindarmering, gerne stålfibre





Springere

- Frost eller mekanisk påvirkning knuser svage sten







Glitteskader

- Skyldtes skorpedannelse i overfladen
- Kan forhindres ved:
  - curing / afdækning
  - læ / skygge hjælper
  - brug af 1-pulver betoner
  - tilstrækkelig kapacitet



Ufuldstændig støbning





Der er bare ikke plads



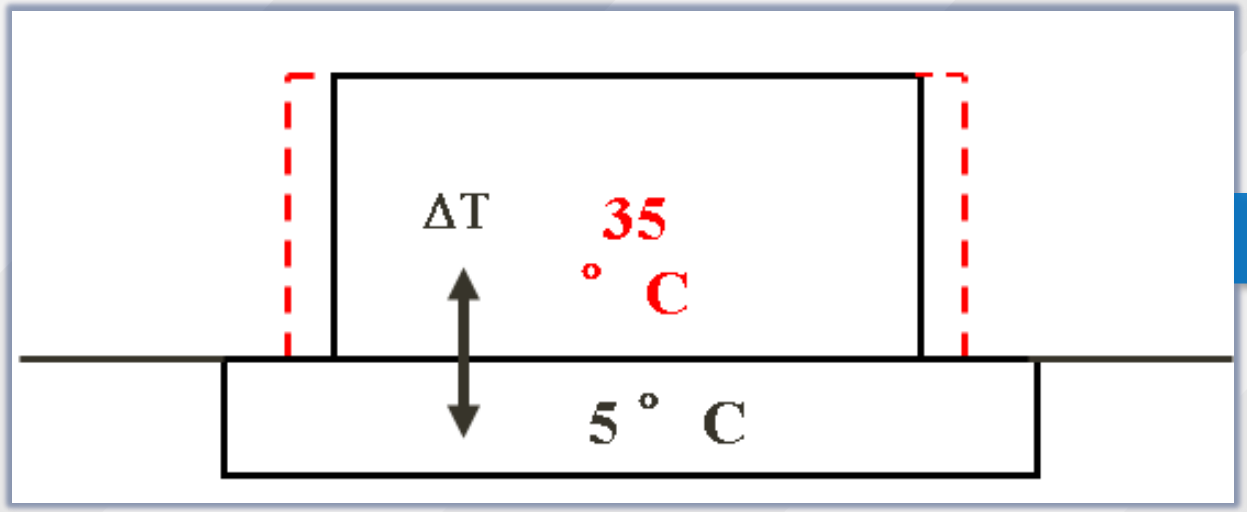


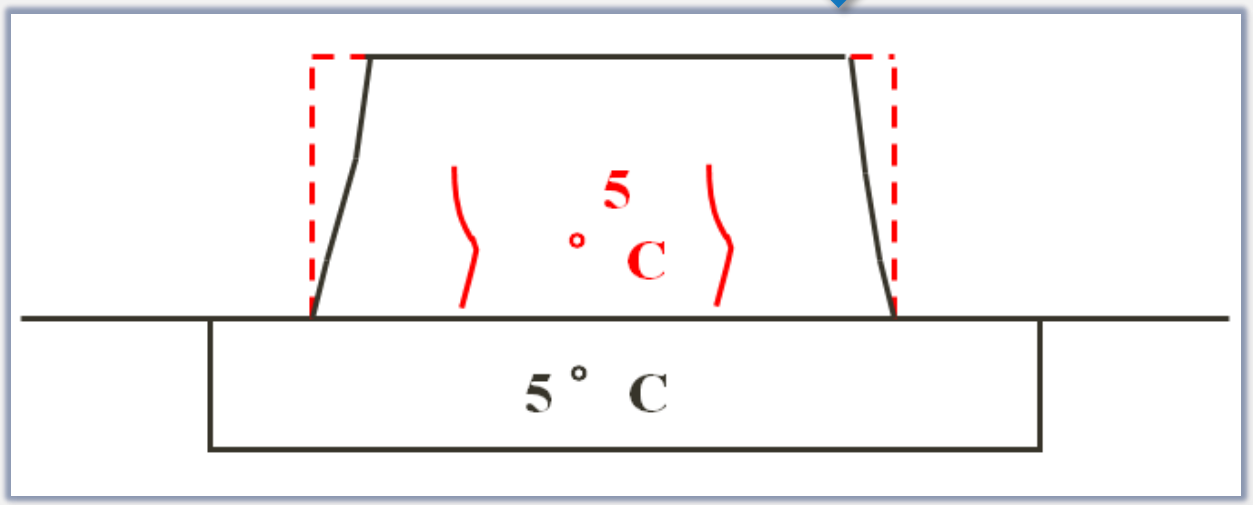
Hejsetårn til løft af færgeklap – Bøjden/Fynshav

Formtryk



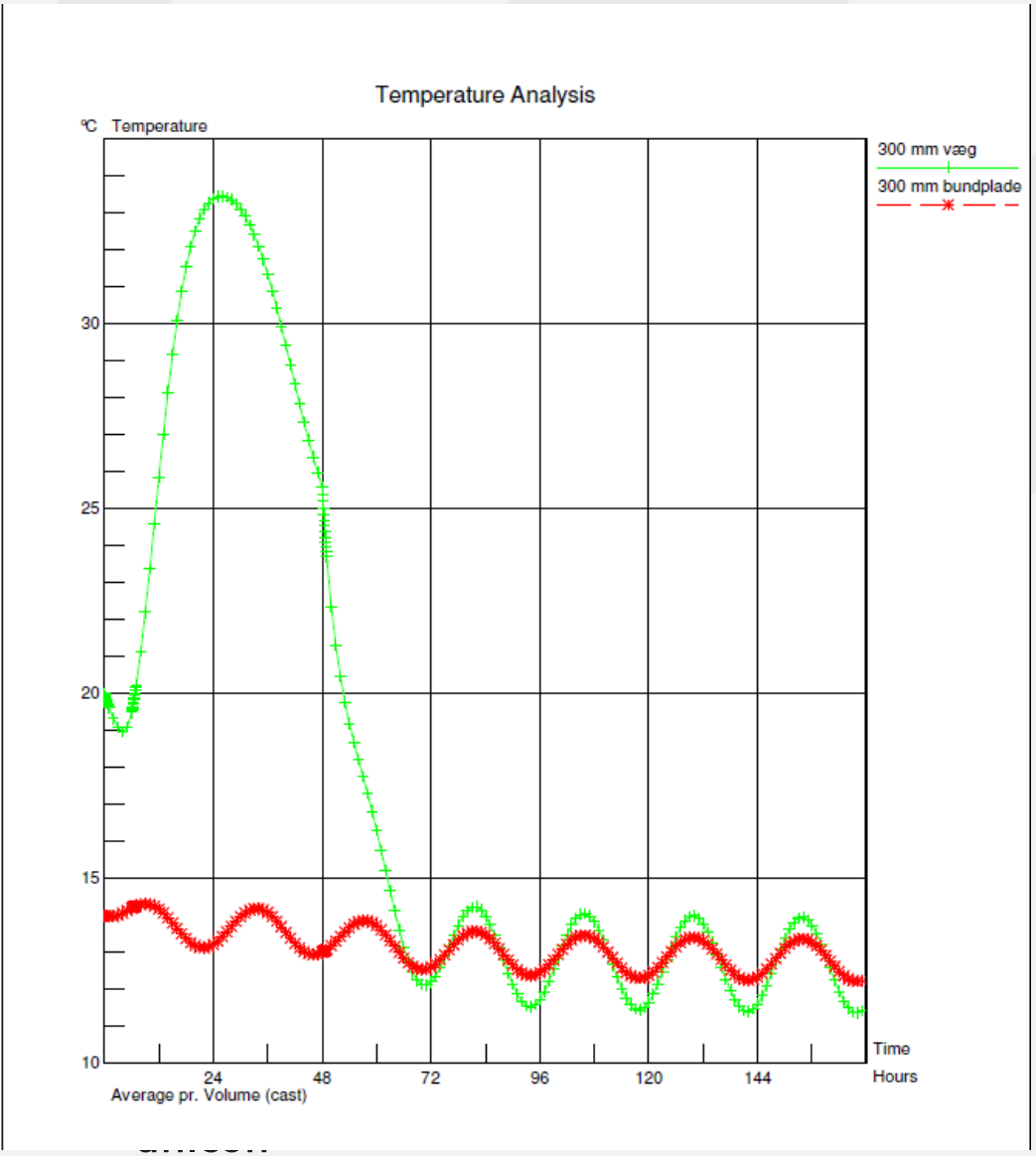
Termo-revner





- Beton i væg trækker sig sammen ved nedkøling.
- Væg og plade er ”vokset sammen” ingen bevægelse i støbeskel.
- Der vil opstå revner vinkelret på støbeskel

300 mm væg støbt på kold bundplade

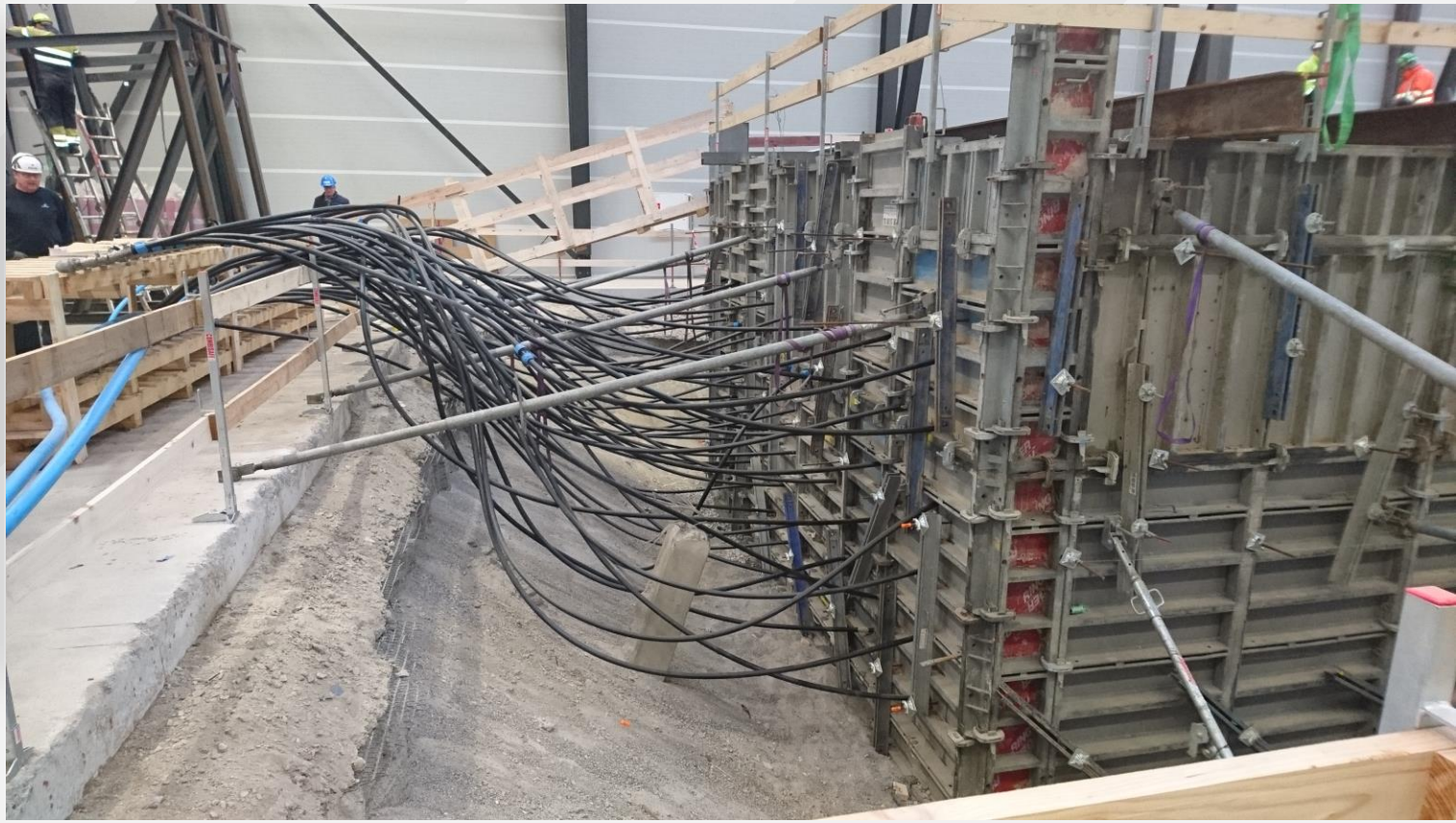




Sætter standarden.

Termo-revner kantbjælke & fundament





- Hvis middeltemperaturforskellen mellem kantbjælke og brodæk er større end 15 °C, er der risiko for revner i kantbjælken
- Kantbjælke kan køles med koldt vand under hærdeprocessen

Det var det ...



