



## Hvem er jeg?

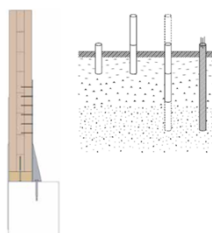


- Sidsel Juhlin
  - Civilingeniør, Bygningskonstruktioner
  - Afdelingsleder i Artelia
- [SJU@arteliagroup.dk](mailto:SJU@arteliagroup.dk)

- 15 års erfaring inden for konstruktioner
- Bred erfaring med både beton, stål og trækonstruktioner
- Senere år mere og mere træbyggeri

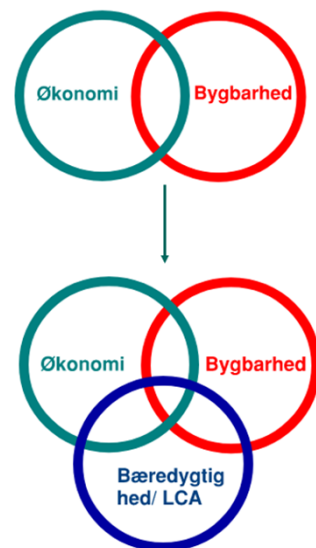
### Projekter

- Living Places – Relokation
- Kirkebjerg Søpark



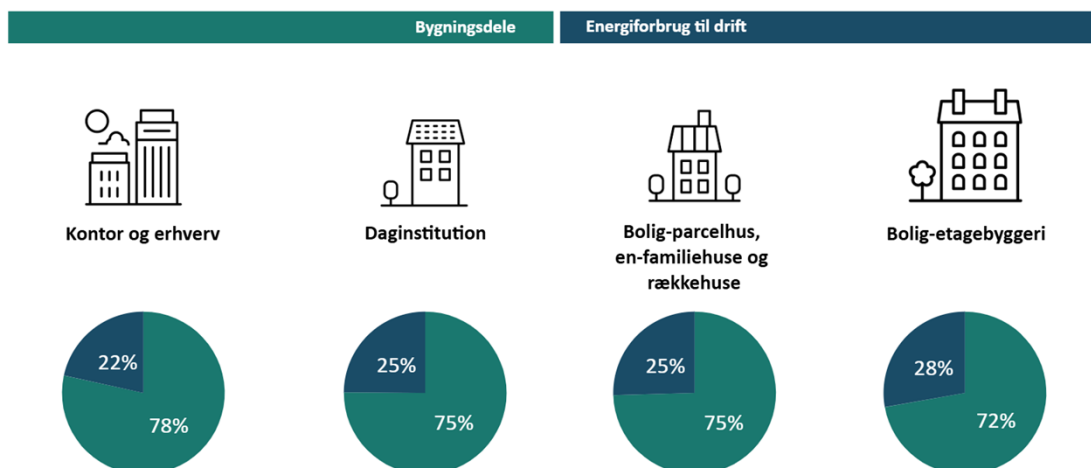
## Dagsorden

- LCA indenfor konstruktioner → Kort indflyvning
- Statiske overvejelser
- Lette terrændæk
  - Selvbærende terrændæk
  - Svømmende terrændæk
  - Særlige opmærksomhedspunkter ved lette terrændæk
  - Eksempler på løsninger og benspænd
- Skruefundamenter
  - Forskellige typer af pæle
  - Forskellige typer skruefundamenter
  - Jordbundsforhold
  - Erfaringer, ansvar og normer
  - Dokumentation



SIDE 3

## CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år fordelt på bygningsdele og energiforbrug til drift



SIDE 4



## Optimering – Hvilke fag er involveret?



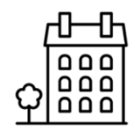
Kontor og erhverv



Daginstitution

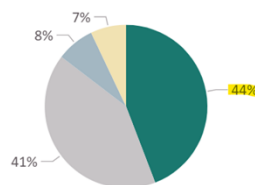
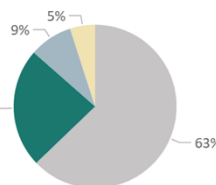
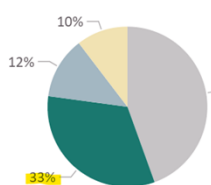
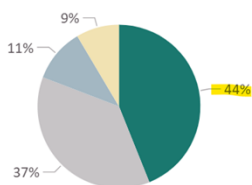


Bolig-parcelhus,



Bolig-etagebyggeri

- KON
- ARK
- VVS
- EL



SIDE 5

## CO2-ækv./m2/år fordelt på konstruktioner



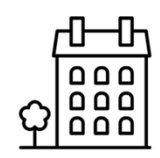
Kontor og erhverv



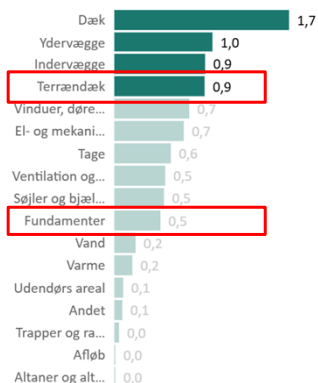
Daginstitution



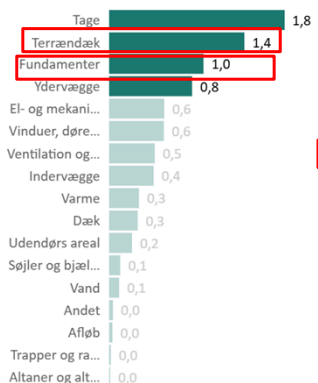
Bolig-parcelhus,



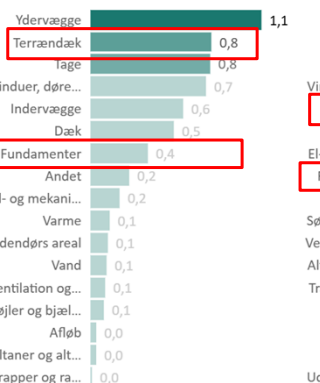
Bolig-etagebyggeri



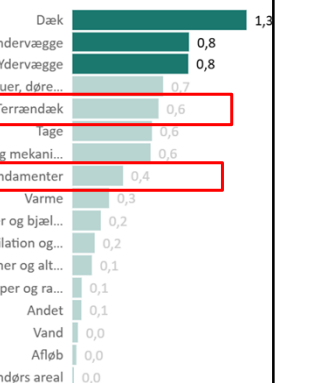
kg CO2-ækv./m2/år



kg CO2-ækv./m2/år



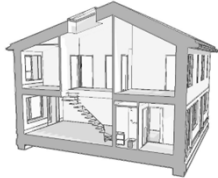
kg CO2-ækv./m2/år



kg CO2-ækv./m2/år

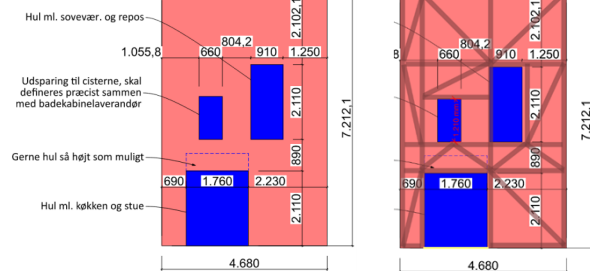
## Variansanalyser – Kirkebjerg Søpark

- Tidlig screening – "lavt hængende frugter"
- Vægttyper
- Terrændækstyper
- Fundamenter



SIDE 7

Mulig udformning af stabiliserende væg



Ejendomselskabet Kirkebjerg Søpark 2 A/S  
c/o AKF Holding A/S  
Blispevej 2  
2400 København NV

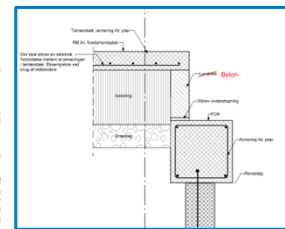
3. maj 2024

### Tillæg til §8 tilladelse, byggefelt A4-A5

Brøndby Kommune meddeler tillæg til tilladelse jf. §8 stk. 2 i jordforureningsloven, lovekatalogtilladelse nr. 202, af den 27.3.2017 til anvendelse af hybrid luftkølle i boliger i byggefelt A4-A5 og ændret tykkelse af betondek, beliggende Kirkebjerg Søpark 2, matr. nr. 22a, Brøndbyvester By, Brøndbyvester.

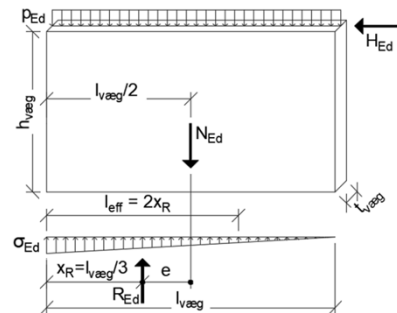
Byggeriet skal ske i henhold til §8 tilladelse meddelt den 12. april 2023 samt oplysninger i sagen i øvrigt.

Bygherre ønsker hybrid luftkølle i de kommende boliger, hvorved luftkølle styres af koncentrationen af CO<sub>2</sub> i indeluften. Således kan der opnås besparelser på strømforbrug og dermed CO<sub>2</sub> udledning ved at luftkølle nedkøles, når der ikke er mennesker i boligerne. For byggefelt A4 (den nordlige halvdel af rækketypen) ønskes tykkelsen af terrændæk reduceret til 100 mm armeret beton, ligeledes for at opnå CO<sub>2</sub>-besparelse. I den sydlige del (A5) vil terrændækket bestå af 120 mm armeret beton, som oprindeligt ansøgt.



## Dagsorden

- LCA indenfor konstruktioner → Kort indflyvning
- Statiske overvejelser
- Lette terrændæk
  - Selvbærende terrændæk
  - Svømmende terrændæk
  - Særlige opmærksomhedspunkter ved lette terrændæk
  - Eksempler på løsninger og benspænd
- Skruefundamenter
  - Forskellige typer af pæle
  - Forskellige typer skruefundamenter
  - Jordbundsforhold
  - Erfaringer, ansvar og normer
  - Dokumentation



SIDE 8

## Geometri og statik

- Lodrette- og vandrettelaster
- Byggesystemer
- Spændvidder
- Geometri
- Materialer
- Placering
- Anvendelse



SIDE 9

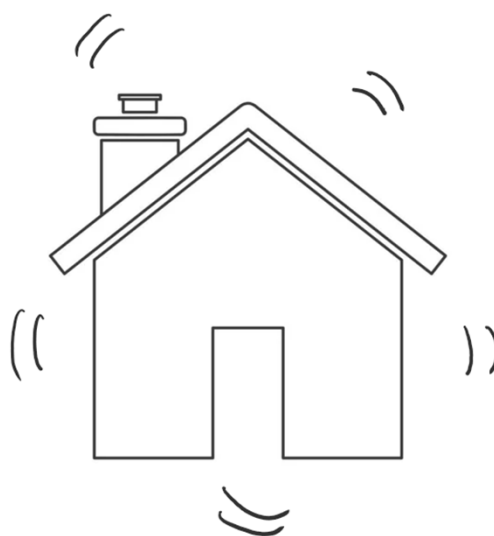
Cobot Hub, Odense



Cobot Hub, Odense

## Laster på bygninger

- Lodrette laster
  - Egenlast
  - Nyttelast
  - Snelast
- Vandrette laster
  - Vindlast
  - Seismisk last
- Geometriske Imperfektioner
- Robusthedslaster
- Vibrationslaster
- Påkørselslaster



SIDE 10

## Lastkombinationer



Tabel A1.1 2-4 Regningsmæssige lastværdier for midlertidige- & vedvarende dimensioneringsstilfælde

Dimensioneringsstilfælde	Permanente laster				Variabel last	
	Ugunstige		Gunstige		Dominerende	Øvrige
Lastkombination	Tyngde af konstruktionsdele	Tyngde af jord og grundvand	Tyngde af konstruktionsdele	Tyngde af jord og grundvand		
<b>EQU og UPL</b>	$K_{FI}Y_{Gj,sup}G_{kj,sup}$		$Y_{Gj,inf}G_{kj,inf}$		$K_{FI}Y_{Q,1}Q_{k,1}$	$K_{FI}Y_{Q,1}\Psi_{0,i}Q_{k,i}$
(formel 6.10)	$K_{FI}Y_{Gj,sup}$		$Y_{Gj,inf}$		$K_{FI}Y_{Q,1}$	$K_{FI}Y_{Q,1}\Psi_{0,i}$
1 (formel 6.10)	$1,1K_{FI}$	$1,1K_{FI}$	0,9	0,9	$1,5K_{FI}$	$1,5\Psi_{0,i}K_{FI}$
2 (formel 6.10b)	$1,0K_{FI}$	$1,05K_{FI}$	1,0	1,0	$1,5K_{FI}$	$1,5\Psi_{0,i}K_{FI}$
<b>STR/ GEO</b>	$K_{FI}Y_{Gj,sup}G_{kj,sup}$		$Y_{Gj,inf}G_{kj,inf}$		$K_{FI}Y_{Q,1}Q_{k,1}$	$K_{FI}Y_{Q,1}\Psi_{0,i}Q_{k,i}$
(formel 6.10a)	$K_{FI}Y_{Gj,sup}G_{kj,sup}$		$Y_{Gj,inf}G_{kj,inf}$		$K_{FI}Y_{Q,1}Q_{k,1}$	$K_{FI}Y_{Q,1}\Psi_{0,i}Q_{k,i}$
(formel 6.10b)	$K_{FI}Y_{Gj,sup}G_{kj,sup}$		$Y_{Gj,inf}G_{kj,inf}$		$K_{FI}Y_{Q,1}Q_{k,1}$	$K_{FI}Y_{Q,1}\Psi_{0,i}Q_{k,i}$
1 (formel 6.10a)	$1,2K_{FI}$	1,0	1,0	1,0	-	-
2 (formel 6.10b)	$1,0K_{FI}$	1,0	0,9	1,0	$1,5K_{FI}$	$1,5\Psi_{0,i}K_{FI}$
3 (formel 6.10a)	1,2	1,0	1,0	1,0	-	-
4 (formel 6.10b)	1,0	1,0	0,9	1,0	1,5	$1,5\Psi_{0,i}$
5 (formel 6.10a)	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-
Konsekvensklasse CC3: $K_{FI} = 1,1$						
Konsekvensklasse CC2: $K_{FI} = 1,0$						
Konsekvensklasse CC1: $K_{FI} = 0,9$ .						
CC1 anvendes ikke for geotekniske konstruktioner						

SIDE 11

### Last typer

- Permanente laster
- Variable laster
- Ulykkeslaster

## Byggesystemer



Skivebyggeri = linjelaster



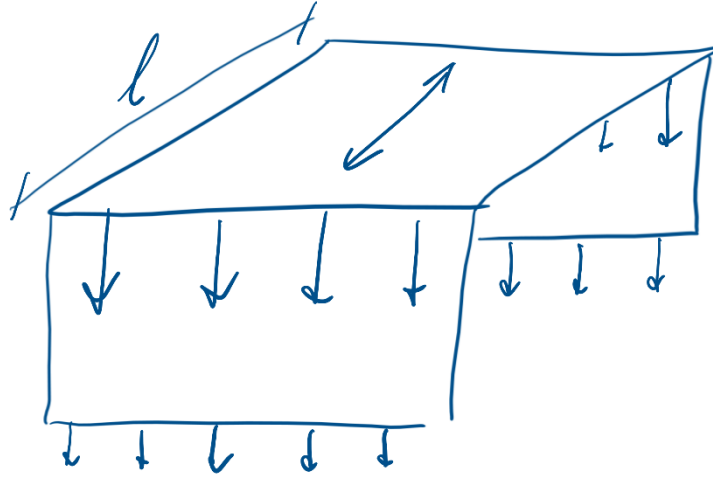
Knudsrækkerne, Århus Ø



Knudsrækkerne, Århus Ø

SIDE 12

## Skivebyggerier – Lodret last på skiver



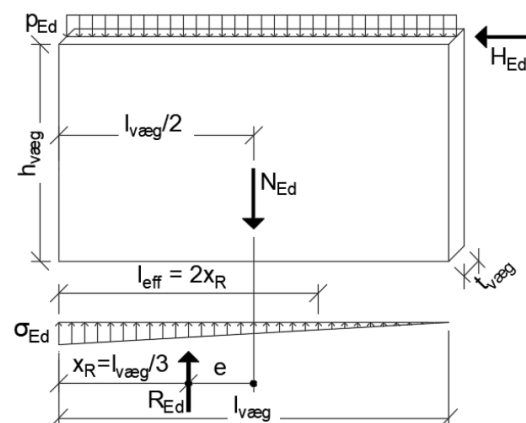
SIDE 13

## Skivebyggerier – Vandret last på vægskiver



Trykzone under væg

- Øget last i enden af vægge
- Øget last lokalt til fundament



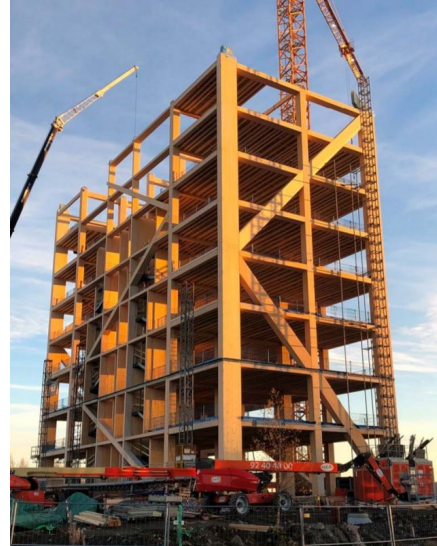
SIDE 14

## Byggesystemer

Søjle/bjælkesystem = Punktlaster



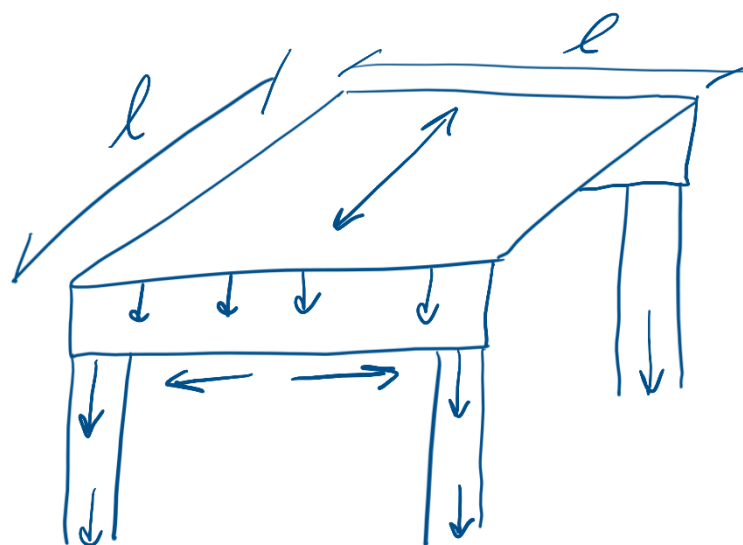
Cobot Hub, Odense



Mjøstårnet – Norge (moelven.com)

SIDE 15

Søjle/bjælkesystem – Lodret last på bjælke/søjle-system



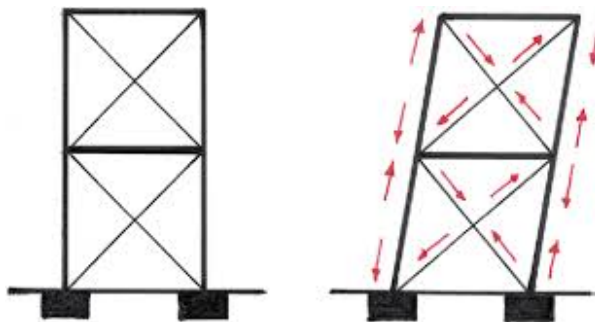
SIDE 16

## Søjle/bjælkesystem – Vandret last på bjælke/søjle-system



Lastkoncentration i knuder

- Øget tryk i søjlefod i tryksiden
- Løft i søjlefod i træksiden



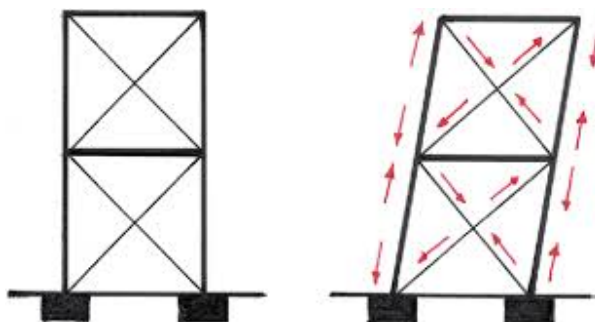
SIDE 17

## Søjle/bjælkesystem – Vandret last på bjælke/søjle-system



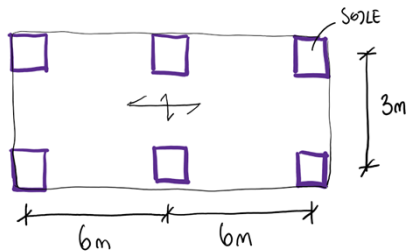
Lastkoncentration i knuder

- Øget tryk i søjlefod i tryksiden
- Løft i søjlefod i træksiden



SIDE 18

## Byggesystemer - Paddehattedæk



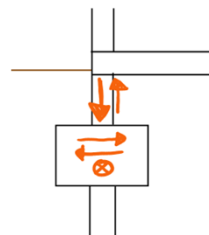
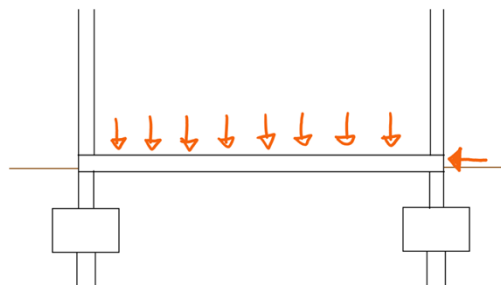
WoodHub, Lerchesgade

SIDE 19

## Opsummering - Laster



- Laster på terrændæk
  - Lodretlast – egenvægt og nyttelast
  - Vandretlast – vind
    - Jordtryk ved forskellig jordoverflade
  
- Laster på fundamenter
  - Lodretlast – egenvægt, nyttelast, snelast, vindlast
  - Vandretlast – vind
    - Jordtryk ved forskellig jordoverflade

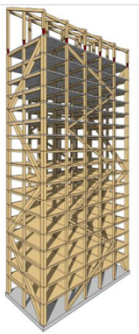


SIDE 20

## Antal etager?

Afhænger af mange ting bl.a.:

- Jordens beskaffenhed
- Typen af fundering
- Valget af byggesystem
- Geometrien af bygningen



SIDE 21



## Dagsorden

- LCA indenfor konstruktioner → Kort indflyvning
- Statiske overvejelser
- Lette terrændæk
  - Selvbærende terrændæk
  - Svømmende terrændæk
  - Særlige opmærksomhedspunkter ved lette terrændæk
  - Eksempler på løsninger og benspænd
- Skruefundamenter
  - Forskellige typer af pæle
  - Forskellige typer skruefundamenter
  - Jordbundsforhold
  - Erfaringer, ansvar og normer
  - Dokumentation



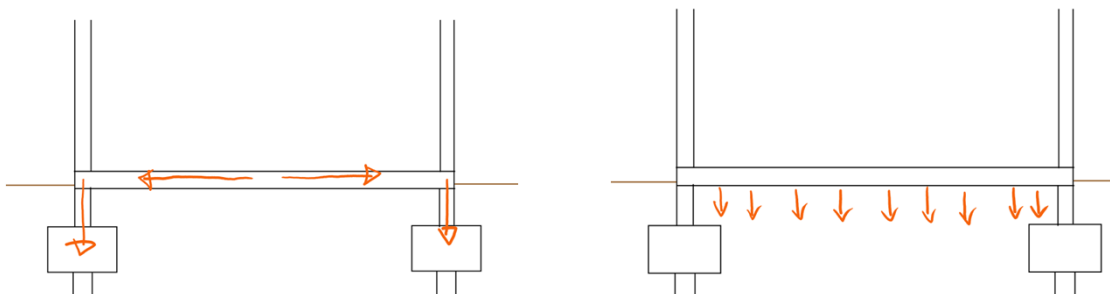
SIDE 22

## Svømmende terrændæk vs. Selvbærende terrændæk



- Selvbærende

- Svømmende

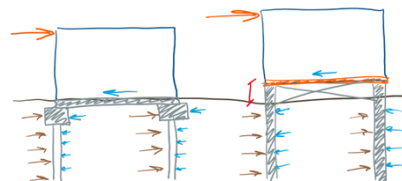
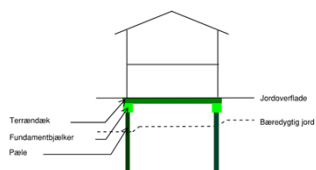


SIDE 23

## Selvbærende terrændæk



- Bjælkelag
- Fungerer som kassetter eller træskelet
- Skivevirkning via plader eller kryds
- Vandrette laster til jord hvis hævet, evt. Indfør kryds

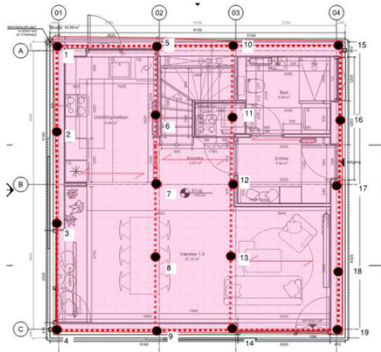


SIDE 24

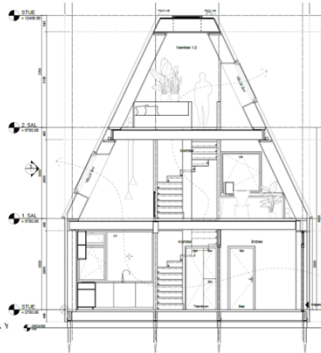
## Living Places – Jernbanebyen

ARTELIA

- Let selvbærende terrændæk
  - Bærende limtræsbjælker
  - Krydsfiner til skivevirkning
  - Samlinger med gennemgående bolte



SIDE 25

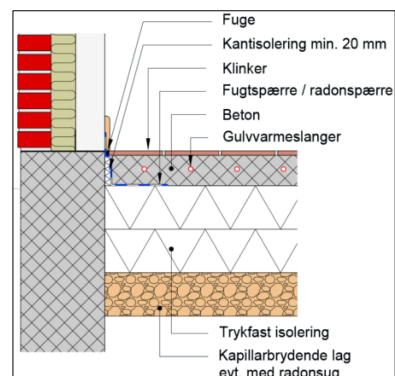
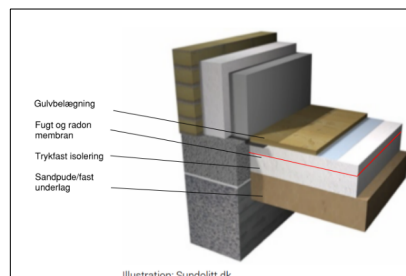


**TERRÆNDÆK KASSETTER**  
 Gulve + Underlag  
 22 mm Gulvspånplade, vandfast  
 50x70 mm lægte C18 - c/c 400 mm  
 0.2 mm dampspærre/dampbremse  
 45x295 mm konstruktionstræ C18 - c/c 800 mm  
 375 mm papiruldisolering, kl. 37 -granulat, brandkasse B-s2, d0  
 .., 8 mm hård vindspærre, kl. 1 windstopper extreme

## Svømmende terrændæk

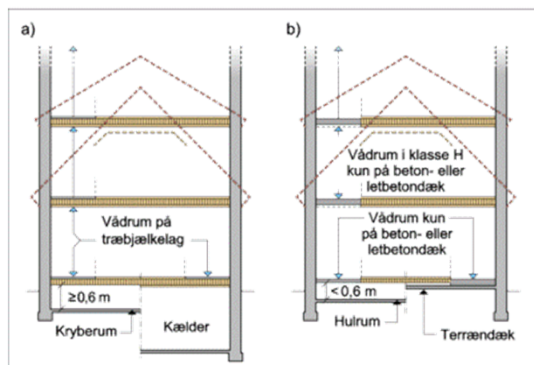
ARTELIA

- Bæres direkte på bæredygtigt jord



SIDE 26

## OBS på placering af vådrum



a) På træbjælkelag må du kun lave vådrum, hvis underliggende rum – herunder kældre og kryberum – er tilgængelige og har en fri højde på mindst 0,6 m.

b) På terrændæk og over utilgængelige rum – herunder rum med en fri højde under 0,6 m, fx lave kryberum – skal du lave vådrum på beton- eller letbetondæk. Gulvene skal laves uden træ og træplader. Vådrum i klasse H skal i alle tilfælde laves på beton- eller letbetondæk.

SIDE 27

## Hævede bygninger



Fordele:

- Biogene materialer i terrændæk
- Fremtidssikring ift. vand
- Radonsikring

Udfordringer:

- Vandret stabilitet
- Niveaufri adgang
- Installationer
- Øget Isolering under



SIDE 28

## Dagsorden

- LCA indenfor konstruktioner → Kort indflyvning
- Statiske overvejelser
- Lette terrændæk
  - Selvbærende terrændæk
  - Svømmende terrændæk
  - Særlige opmærksomhedspunkter ved lette terrændæk
  - Eksempler på løsninger og benspænd
- Skruefundamenter
  - Forskellige typer af pæle
  - Forskellige typer skruefundamenter
  - Jordbundsforhold
  - Erfaringer, ansvar og normer
  - Dokumentation



SIDE 29

## Skruefundamenter - Forskellige typer af pæle

- **Betonpæle**

Høj bæreevne lodret og vandret, piloteres(larm og rystelser)

Tolerancer, pæle knækker og kan ikke tages op

- **Borede brøndfundamenter**

Høj bæreevne, nem at udfører med alm. udstyr

- **Udstøbte stålørspæle**

mindre dimensioner og mindre bæreevner,

Gode til renovering stål og beton kan ikke

Genanvendes.

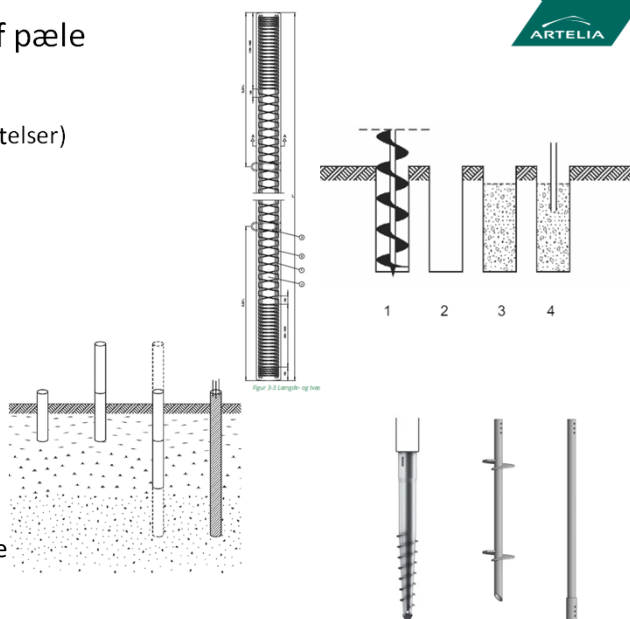
- **Skruepæle**

Kræver prøvning, kræver præcision i udførsel

Har lille vandret bæreevne, skråpæle er tit nødvendige

Kan ikke udføres i omrørt jord, Store krav til udførslen

Svær at dokumenterer



SIDE 30

## Skruefundamenter - Forskellige typer skruefundamenter



- Der findes forskellige typer af skruefundamenter på markedet
  - Helisk-pæle med påsvejsede, spiralformede bærende skiver til bæreevne i dybden
  - Jordskruer, med en bredere skrueform for hurtig installation og lavere belastning



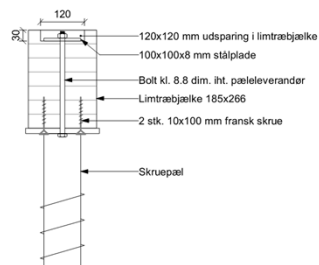
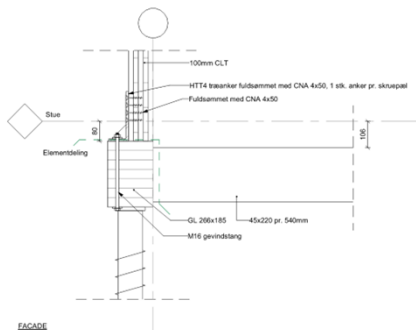
SIDE 31



## Skruefundamenter – Jordbundsforhold



- Altid koordiner med geotekniker fra start til slut
- Sørg for at laster kan føres ned til pæle → Statisk system
- Mulighed for genanvendelse af skruepæle



SIDE 32

## Skruefundamenter – Erfaringer, ansvar, normer og Krav



- Levetid, hvordan sikres levetid
- Geotekniske forhold
- Korrekt installation – Undgå at løsne omgivende jord
- Korrosionsbeskyttelse
- Type af skruepæle
- Ansvarsfordeling og grænseflader
- Forsikringsforhold / Normdækning
- Dokumenteres vha. prøvning – Antal test skruer



SIDE 33

## Skruepæle - Dokumentation



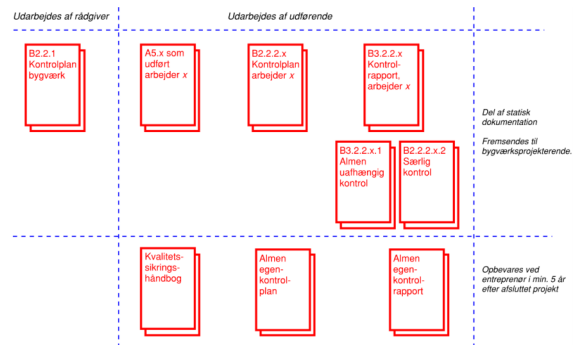
Bygværksprojekterende		Afsnitsprojekterende		Udførende		Tredjepartskontrollant	
<b>A Konstruktionsdokumentation</b>							
A1	A1.1	Konstruktionsgrundlag Bygværk	A1.2.x	Konstruktionsgrundlag Konstruktionsafsnit			
A2	A2.1	Statiske Beregninger Bygværk	A2.2.x	Statiske Beregninger Konstruktionsafsnit			
A3	A3.1	Konstruktionstegninger & Modeller Bygværk	A3.2.x	Konstruktionstegninger & Modeller Konstruktionsafsnit			
A4	A4.1	Konstruktionsændringer Bygværk	A4.2.x	Konstruktionsændringer Konstruktionsafsnit			
A5					A5.y	Konstruktion som udført Arbejde	
<b>B Projektdokumentation</b>							
B1	B1.1	Statisk Projektredagelse Bygværk	B1.2.x	Statisk Projektredagelse Konstruktionsafsnit			
B2.1	B2.1.1	Statisk Kontrolplan - Projektering Bygværk	B2.1.2.x	Statisk Kontrolplan - Projektering Konstruktionsafsnit			B2.1.3 Statisk Kontrolplan - Projektering Tredjepart
B2.2	B2.2.1	Statisk Kontrolplan - Udførelse Bygværk			B2.2.2.y	Statisk Kontrolplan - Udførelse Arbejde	B2.2.3 Statisk Kontrolplan - Udførelse Tredjepart
B3.1	B3.1.1	Statisk Kontrolrapport - Projektering Bygværk	B3.1.2.x	Statisk Kontrolrapport - Projektering Konstruktionsafsnit			B3.1.3 Statisk Kontrolrapport - Projektering Tredjepart
B3.2					B3.2.2.y	Statisk Kontrolrapport - Udførelse Arbejde	B3.2.3 Statisk Kontrolrapport - Udførelse Tredjepart

SIDE 34

## Skruepæle – Dokumentation → Sluterklæring / Ibrugtagning



- Statisk dokumentation - Afsnits projekterende jf. SBI 271
  - A1.2.X - Konstruktionsgrundlag- Skrupepæle
  - A2.2.X – Statiske beregninger - Skrupepæle
  - A3.2.X - Konstruktionstegninger og modeller – Skrupepæle
  - A4.2.X – Konstruktionsændringer – Skrupepæle
  - B1.2.X – Statisk projektredegørelse – Skrupepæle
  - B2.1.2.X – Statisk kontrolplan, Projektering - Skrupepæle
  - B3.2.3.X – Statisk kontrolrapport, Projektering - Skrupepæle
- Udførelsesdokumentation DS1140
  - B2.2.2.X – Statisk kontrolplan, udførelse
  - B2.2.3.X – Statisk kontrolrapport, udførelse
  - A5.X Konstruktioner so, udført



Dokumentation fra udførende, samt hvordan den skal opbevares

SIDE 35

## Spørgsmål ?



SIDE 36