

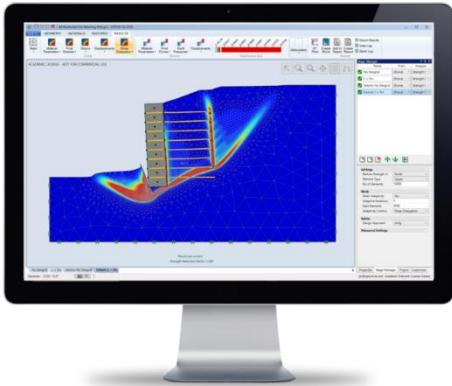
Betonkonstruktioner med minimalt beton- og armeringsindhold

Optum Computational Engineering

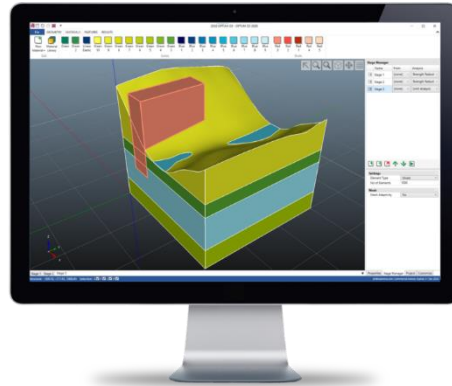
Morten Andersen Herfelt

- + Kort præsentation af Optum
- + Bæredygtigt betonbyggeri – udfordringer og løsninger
- + Nybyg
- + Renovering
- + Løsningsforslag - MiniC02 Etagehus BETON

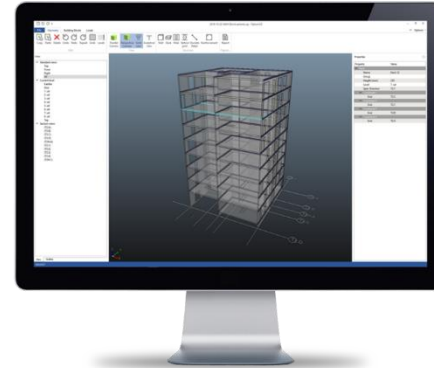
Udvikling og salg af beregningssoftware til **geoteknik** og **betonkonstruktioner**



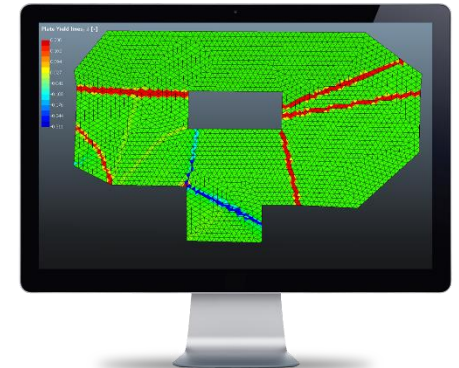
Optum^{G2}



Optum^{G3}



Optum^{CS}



Optum^{MP}



+15.000
brugere



+40 lande



+200
kunder



10
ansatte



US Army Corps
of Engineers®



ATKINS
Member of the SNC-Lavalin Group



Bæredygtigt betonbyggeri

Udfordringer og løsninger

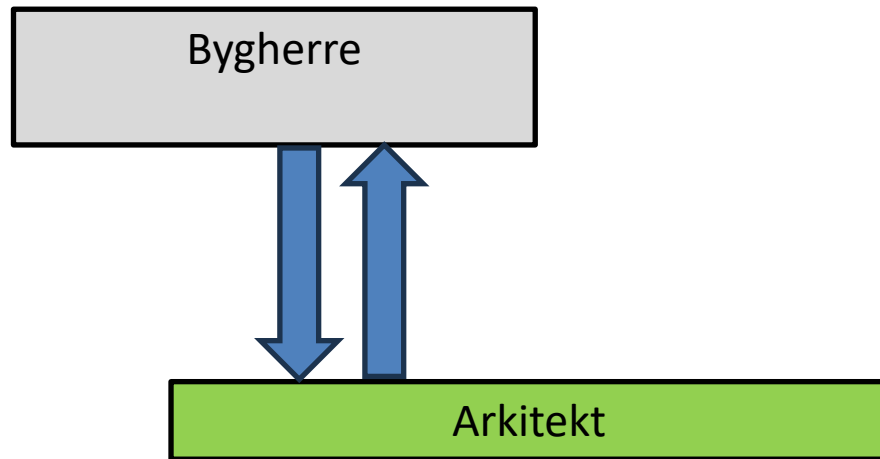
Bæredygtigt betonbyggeri – udfordringer

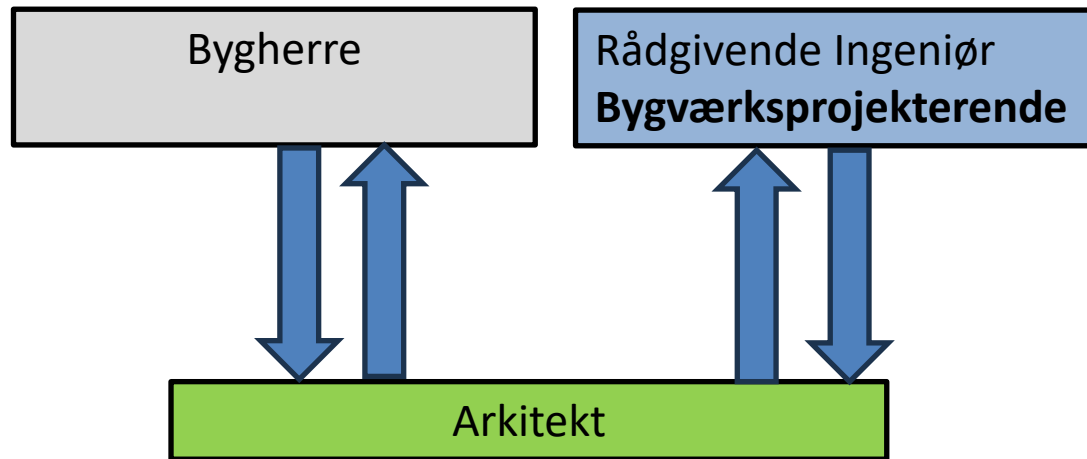
- + **Statiske system og beregninger** – fastlæggelse af konstruktionens statiske system herunder lastnedføring/stabiliserende vægge
- + **Produktionsmetoder** – afformning af betonelementer med langsom styrkeudvikling
- + **Normer og regler** – regler for minimumsarmering, nye cementtyper, CO₂ afgifter mm

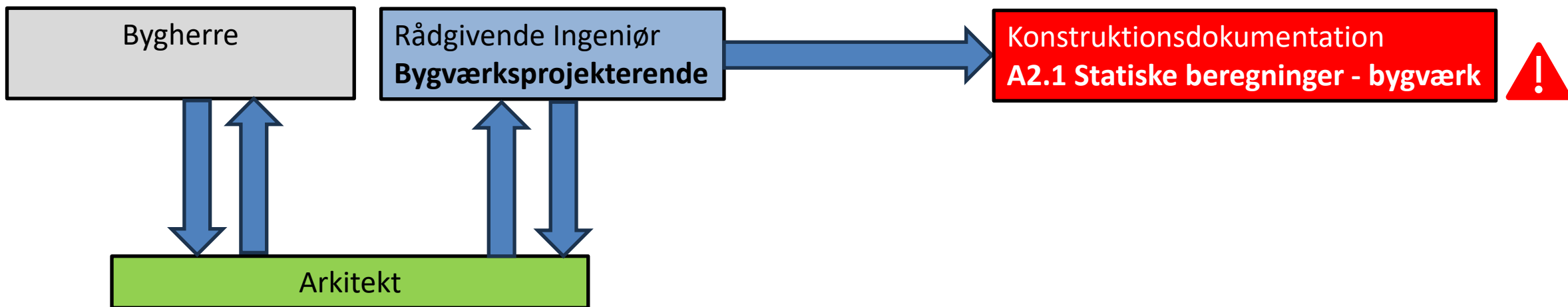
§ 501

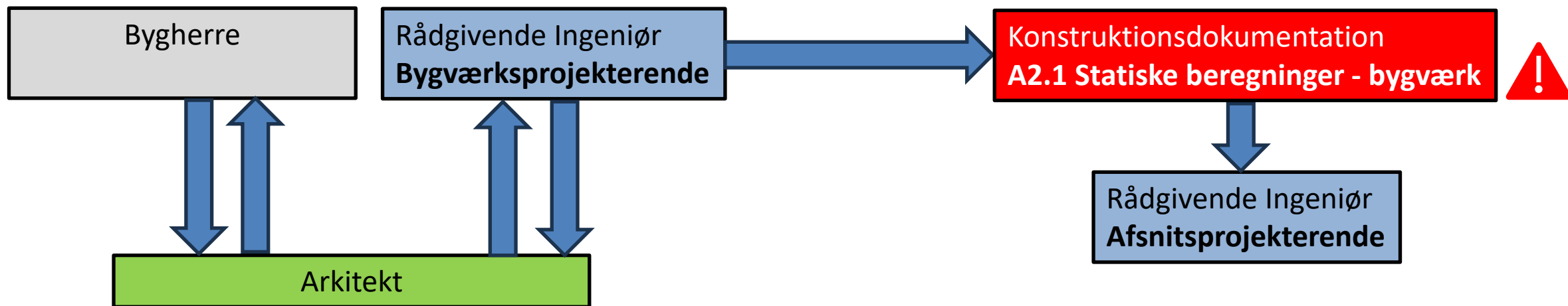
A. Konstruktionsdokumentationen omfatter:

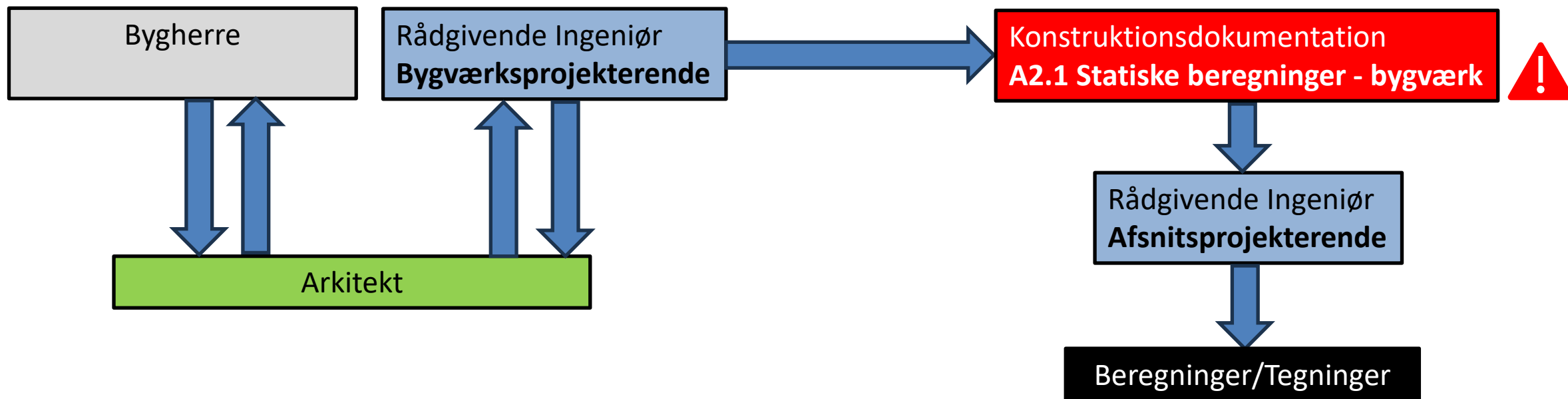
1. A1. Konstruktionsgrundlag, der skal danne et ensartet og konsistent fælles grundlag for projekteringen og en efterfølgende forståelse af de bærende konstruktioner. A1. Konstruktionsgrundlag skal indeholde de nødvendige oplysninger for projekteringen af de bærende konstruktioner i alle funktionelle, tekniske og udførelsesmæssige henseender, herunder f.eks. byggeriets anvendelse og opbygning, funktionskrav, normgrundlag, konsekvensklasser for konstruktionsafsnit, anvendte IT-værktøjer, forundersøgelser, konstruktionens statiske virkemåde, robusthed, brand, laster og anvendte konstruktionsmaterialer.
2. A2. Statiske beregninger omfattende:
 1. A2. 1. Statiske beregninger - bygværk, der danner grundlag for projekteringen af de enkelte konstruktionsafsnit og indeholder dokumentationen for fordelingen af lasterne i de anvendte statiske systemer i form af snitkræfter, reaktioner mm. og almene statiske beregninger, f.eks. robusthed og verifikation af anvendte IKT-værktøjer.
 2. A2. 2. Statiske beregninger - konstruktionsafsnit, der er sammensat af dokumentationen for de enkelte konstruktionsafsnit, der indeholder dokumentationen for, at de enkelte konstruktionsafsnits konstruktionsdele har den fornødne sikkerhed og opfylder stillede funktionskrav.
3. A3. Konstruktionstegninger og modeller, der indeholder den grafiske fremstilling af konstruktionens udformning med angivelse af placering og dimensioner på alle konstruktionsdele. A3. konstruktionstegninger og modeller er sammensat af konstruktionstegninger og modeller for konstruktionen og for de enkelte konstruktionsafsnit, der indgår i byggeriet.
4. A4. Konstruktionsændringer, der indeholder dokumentationen af de ændringer i konstruktionen, der foretages efter, at udarbejdelsen af A1. Konstruktionsgrundlag, jf. nr. 1, og A2. Statiske beregninger, jf. nr. 2, er afsluttet.
5. A5. Konstruktion som udført, der indeholder dokumentation for konstruktionen, som denne er udført.

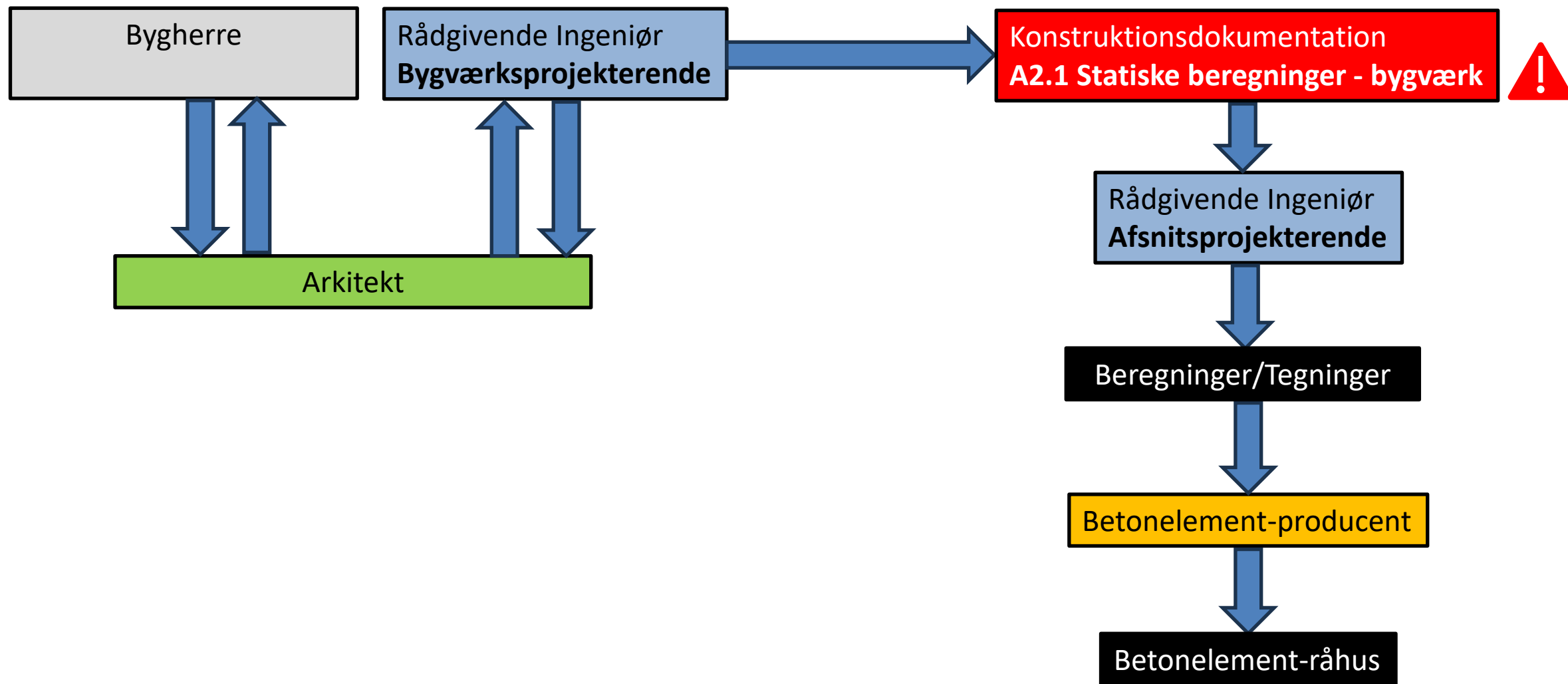


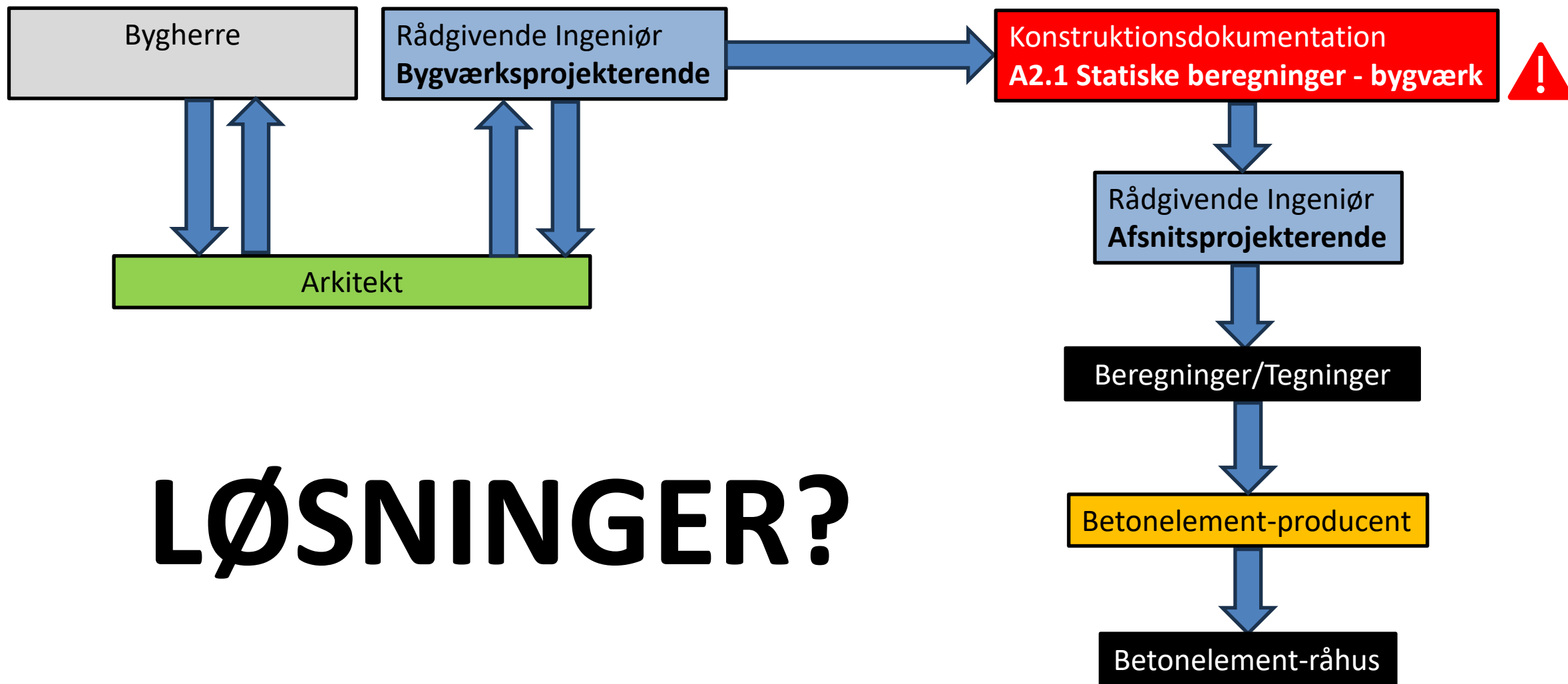




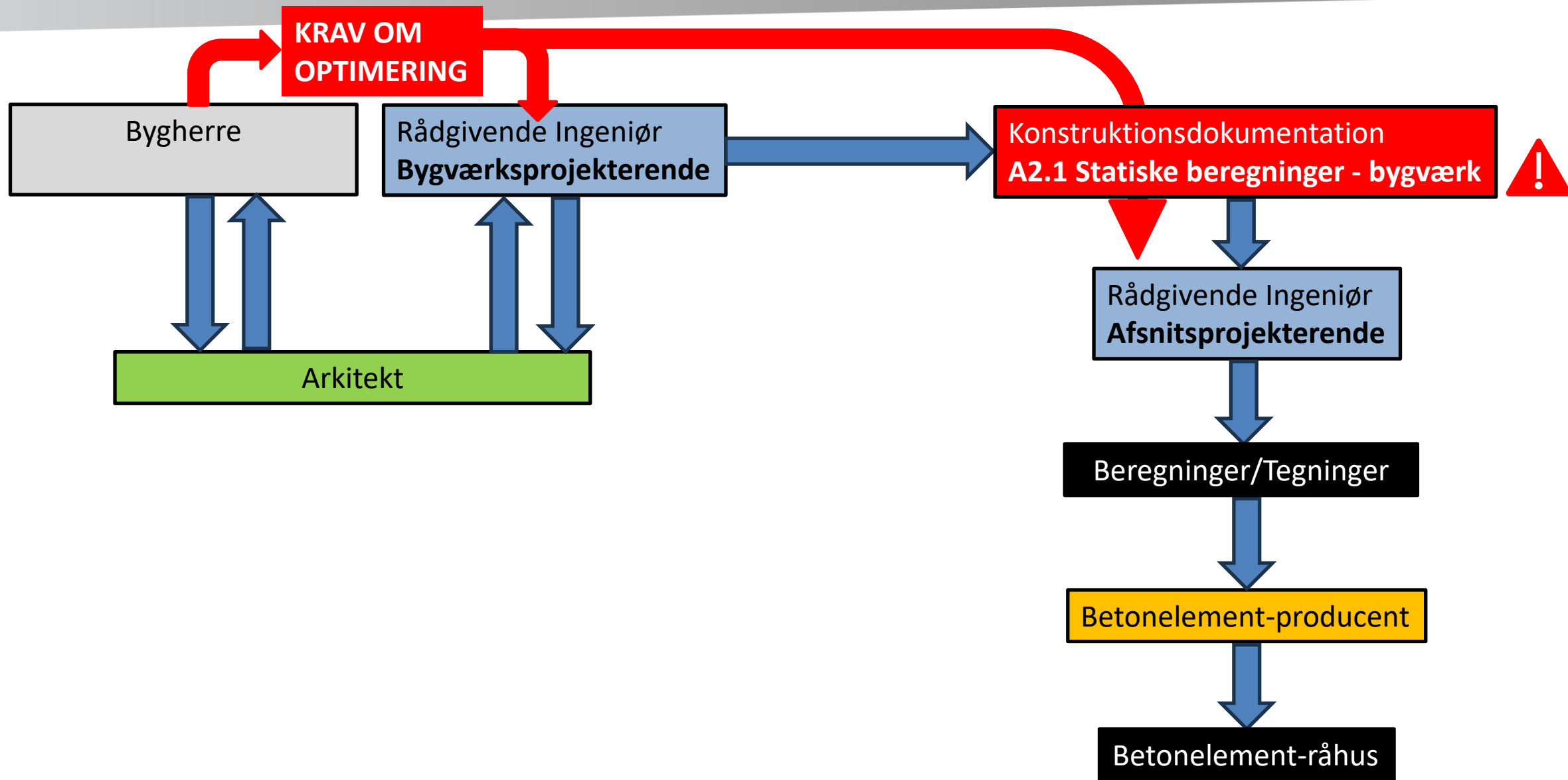


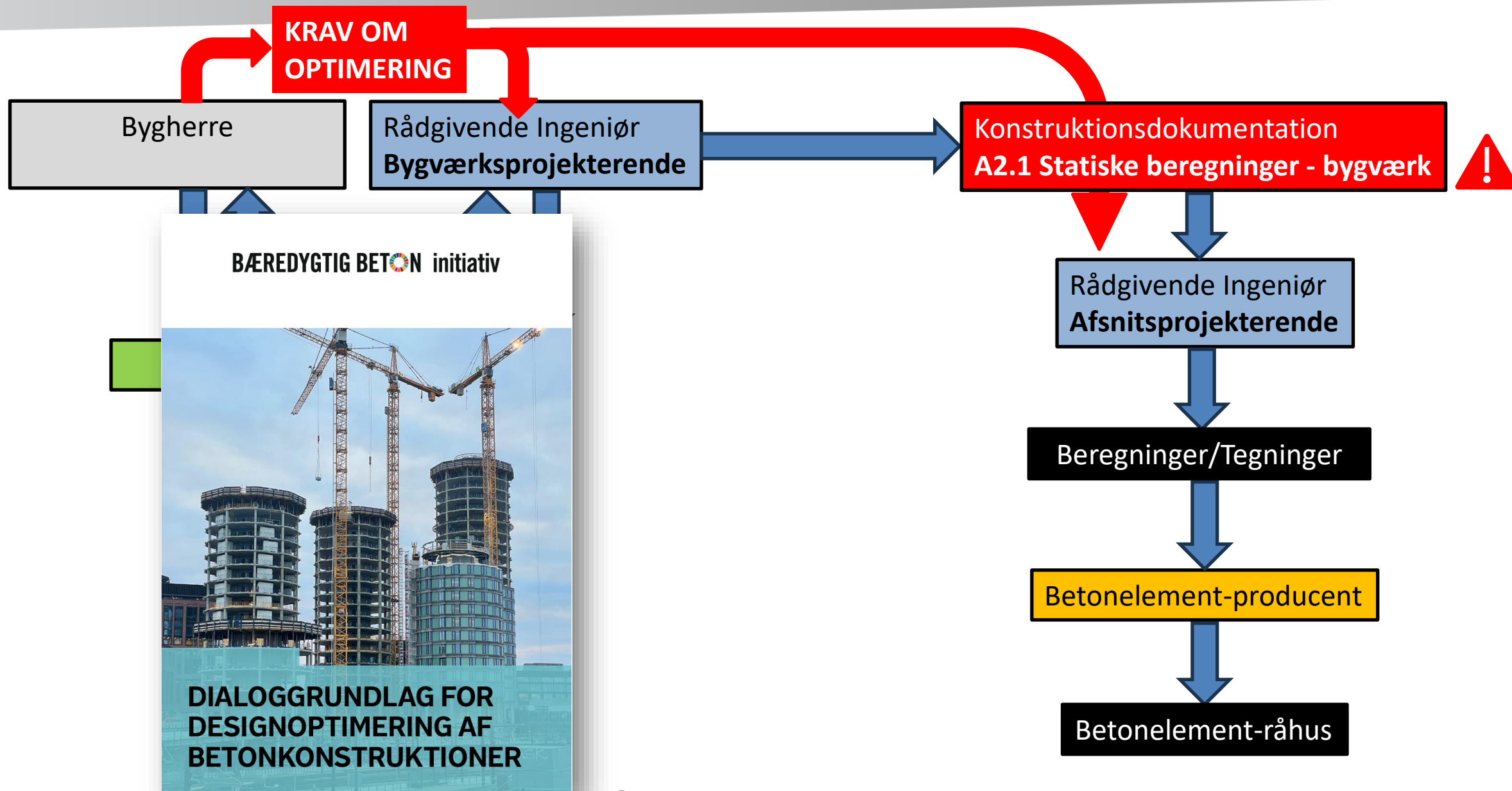


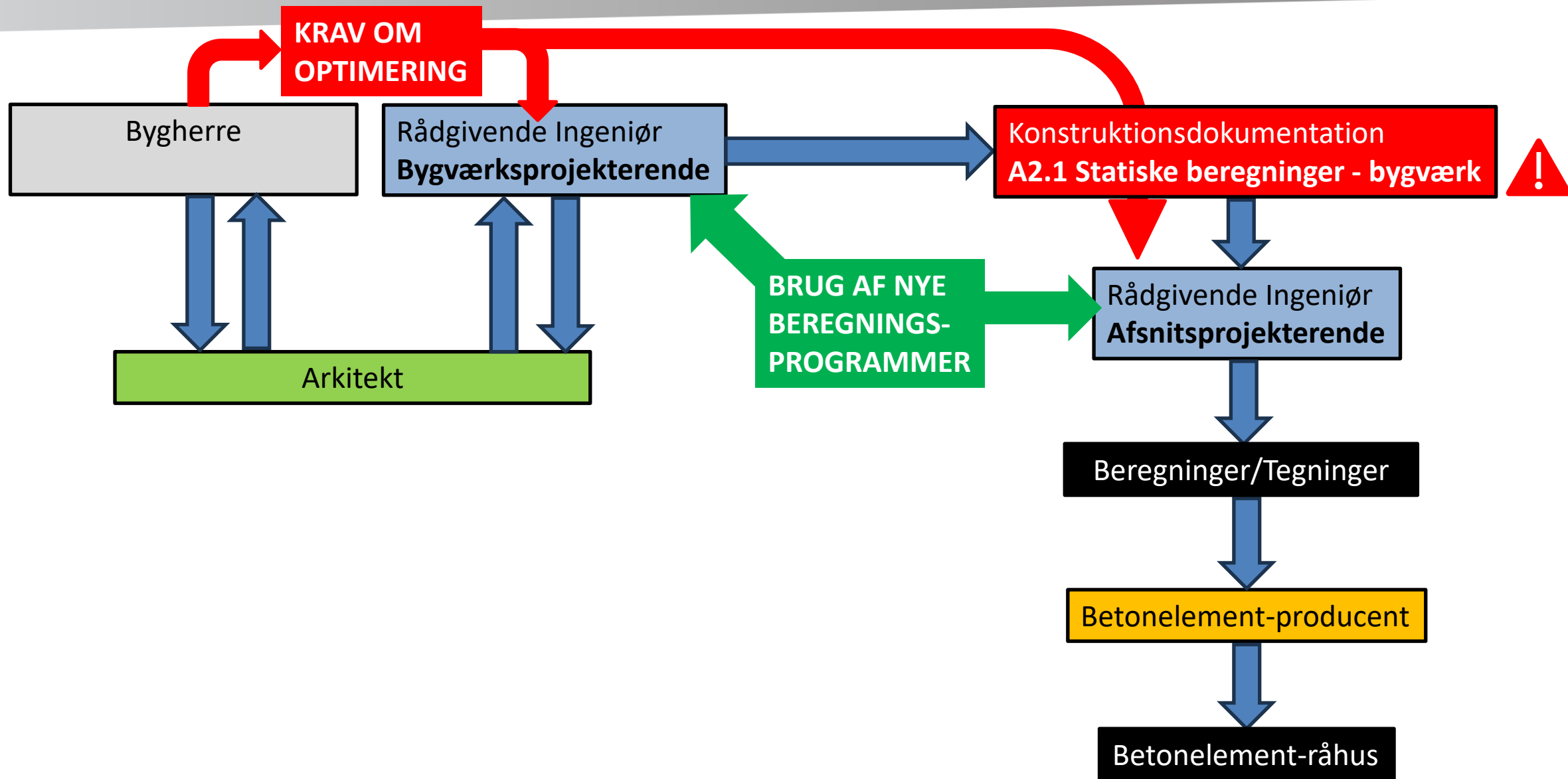




LØSNINGER?







Bæredygtigt betonbyggeri – udfordringer

- + **Statiske system og beregninger** – fastlæggelse af konstruktionens statiske system herunder lastnedføring/stabiliserende vægge
 - Tidlig inddragelse af relevante parter
 - Krav fra bygherre om optimering
 - Brug af nye beregningsprogrammer, der sparer materialer
- + **Produktionsmetoder** – afformning af betonelementer med langsom styrkeudvikling
- + **Normer og regler** – regler for minimumsarmering, nye cementtyper mm

Bæredygtigt betonbyggeri – udfordringer

+ **Statiske system og beregninger** – fastlæggelse af konstruktionens statiske system herunder lastnedføring/stabiliserende vægge

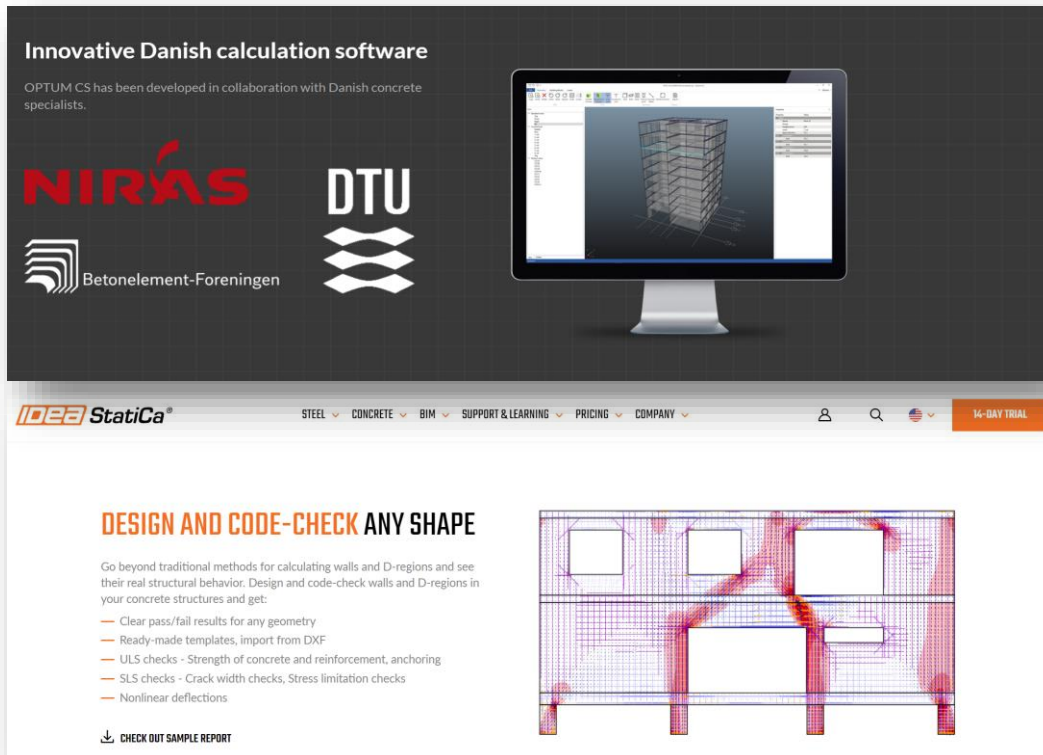
- Tidlig inddragelse af relevante parter
- Krav fra bygherre om optimering
- Brug af nye beregningsprogrammer, der sparer materialer

Eksisterer programmerne?



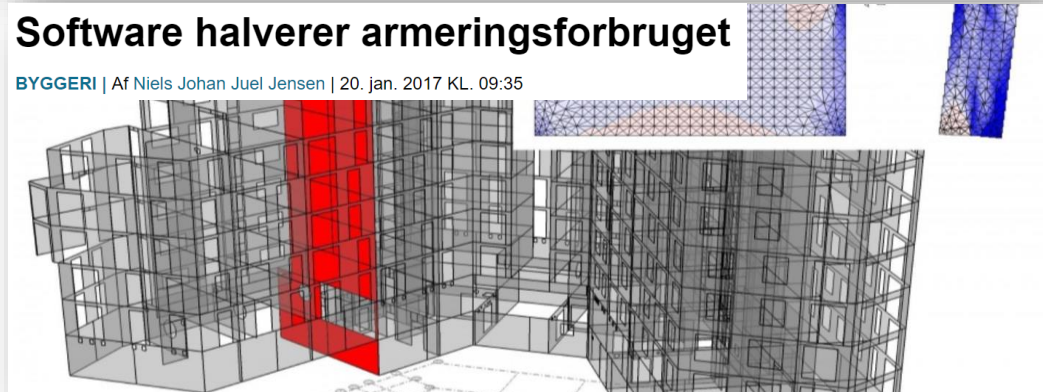
+ **Produktionsmetoder** – afformning af betonelementer med langsom styrkeudvikling

+ **Normer og regler** – regler for minimumsarmering, nye cementtyper mm



OPTUM CS (Optum)

Detail (IDEA Statica)

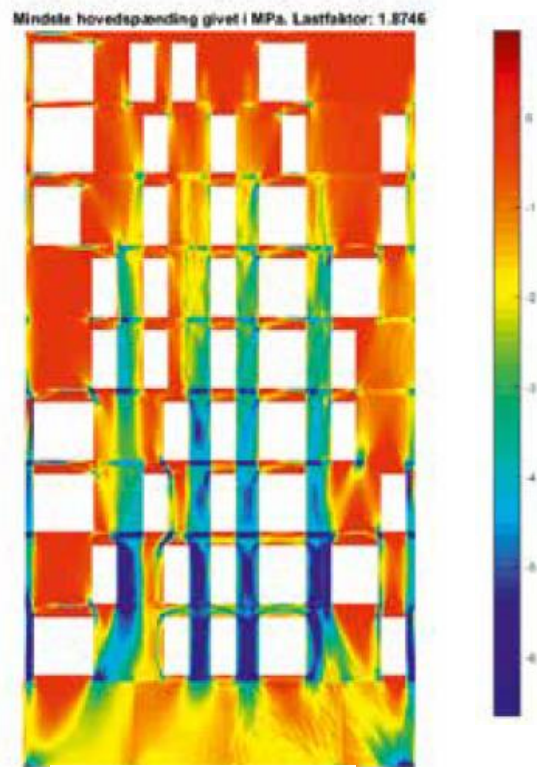


Nucleus (Rambøll)

Nybyg - Eksempler

Skovkvarteret, Ørestad Syd

40% besparelse på armering



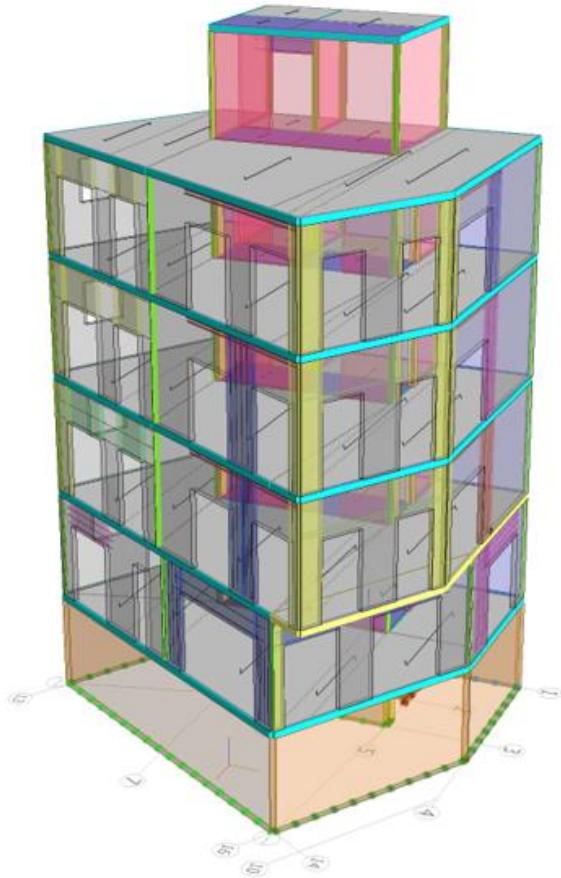
NIRAS

MBE

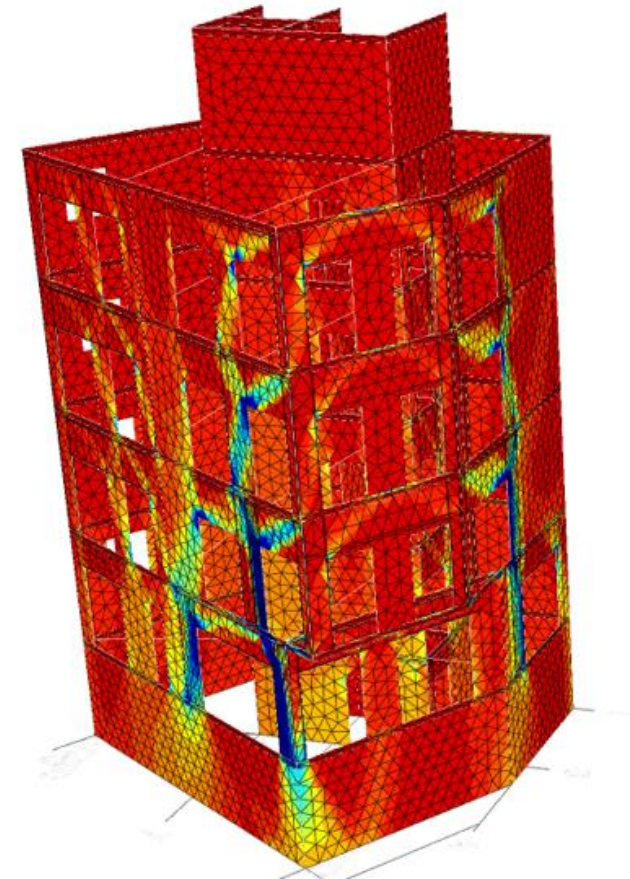
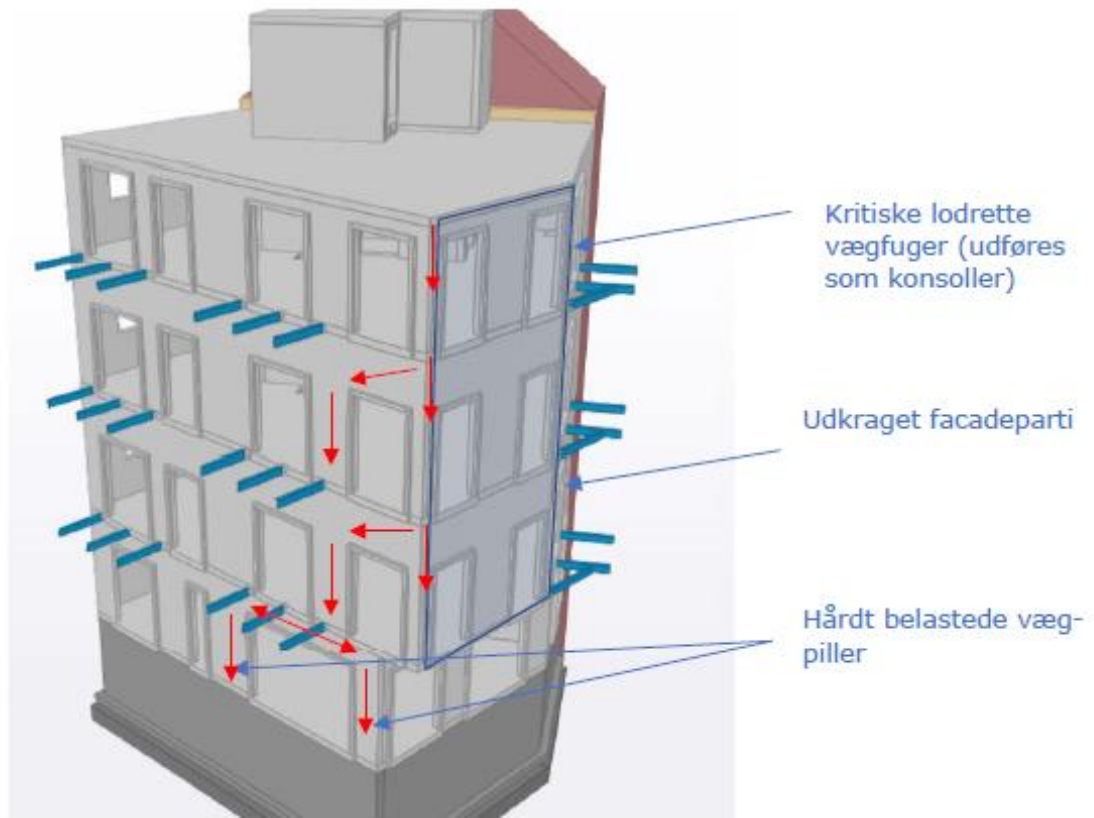
60% besparelse på armering



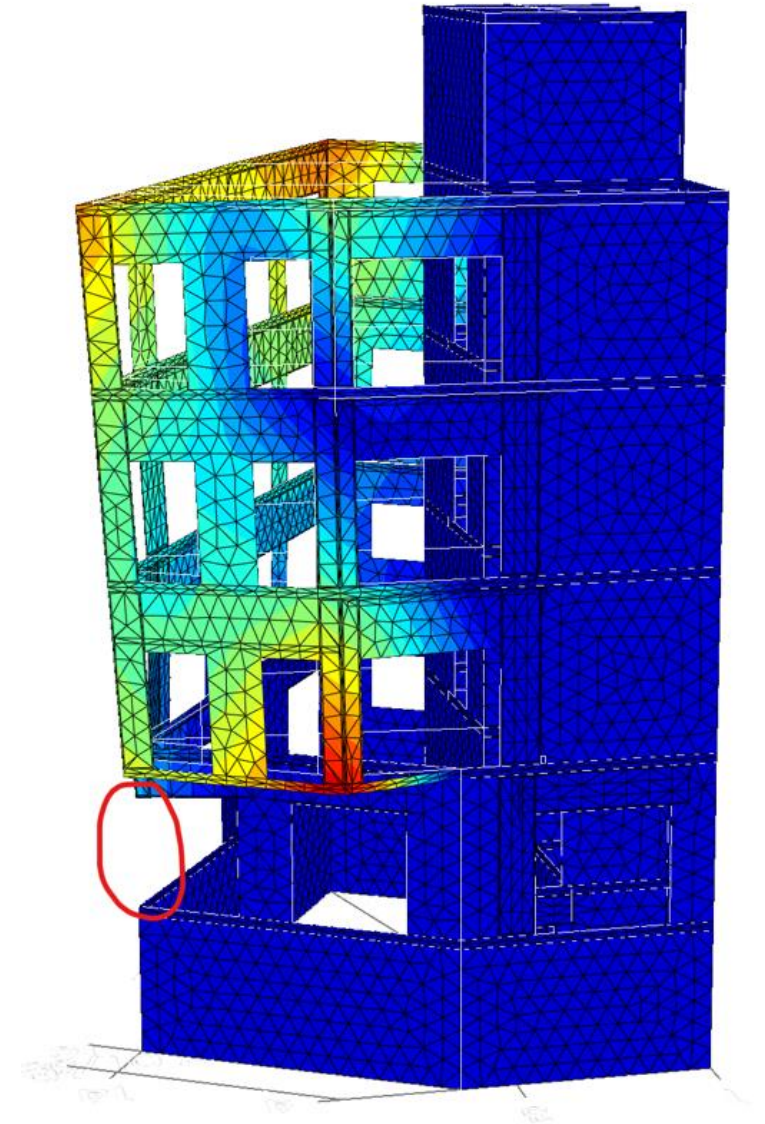
MBE



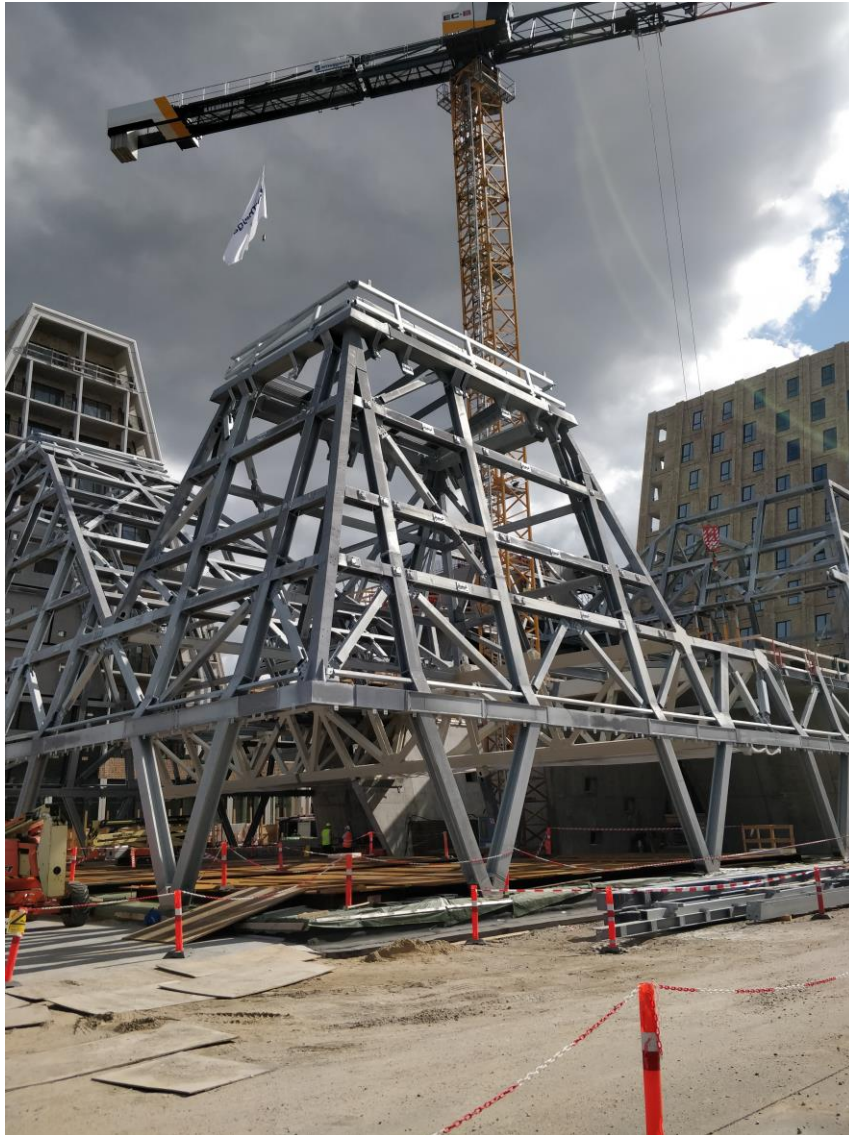
- 150 mm tykke vægge med minimumsarmering
- Søjle- og bjælkearmering, hvor det er nødvendigt
- Filigrandæk
- 60 min. brand
- Uarmerede fundamenter
- Udkraget façade med selvbærende elementer



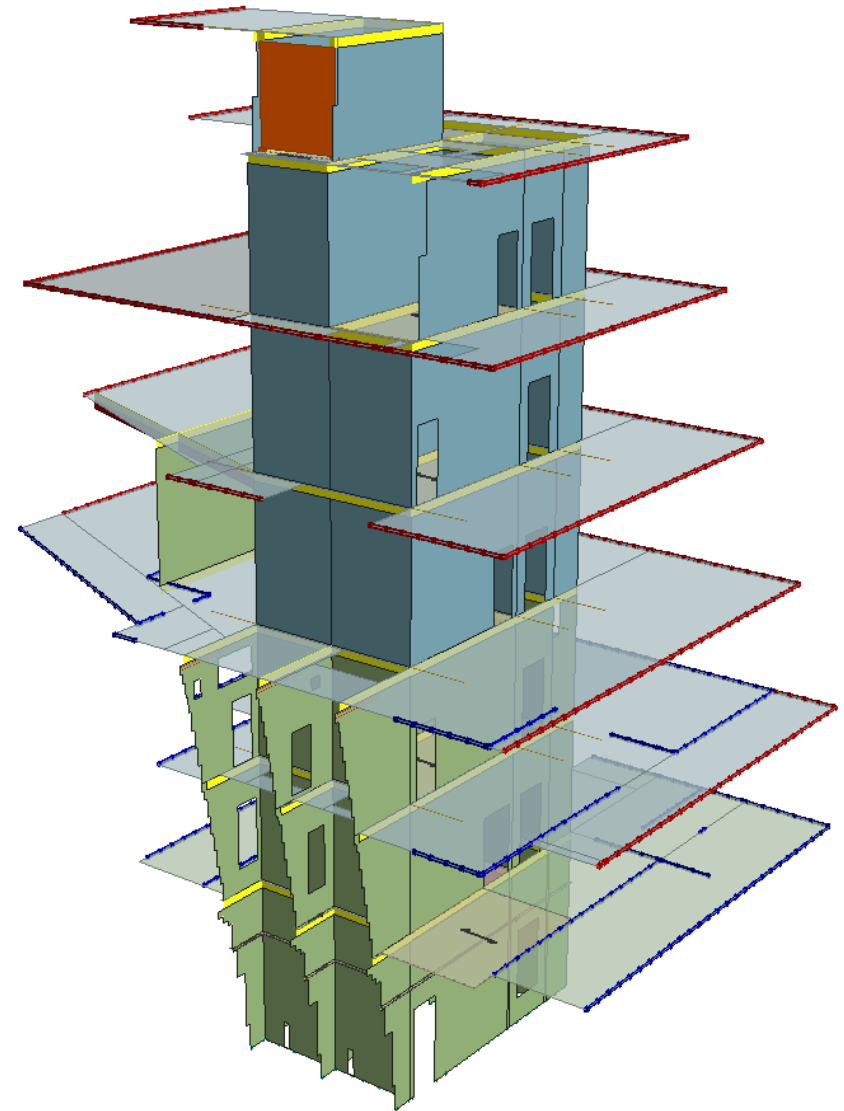
- Påkørsel var en udfordring for konstruktionen
- Bortfald af elementer
- Store deformationer, men bygningen blev stående!
- Kun en lille smule ekstra armering var nødvendig

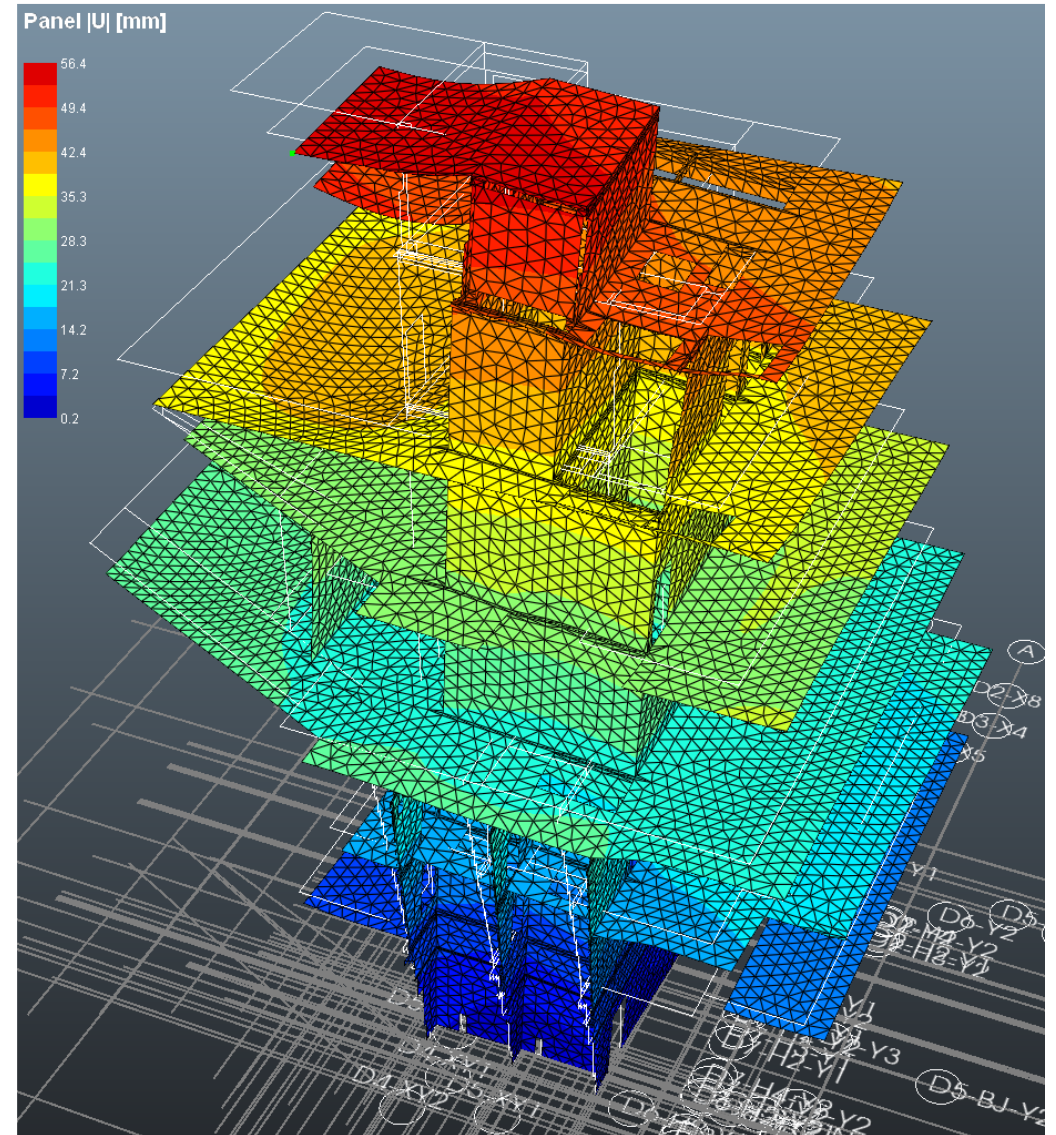
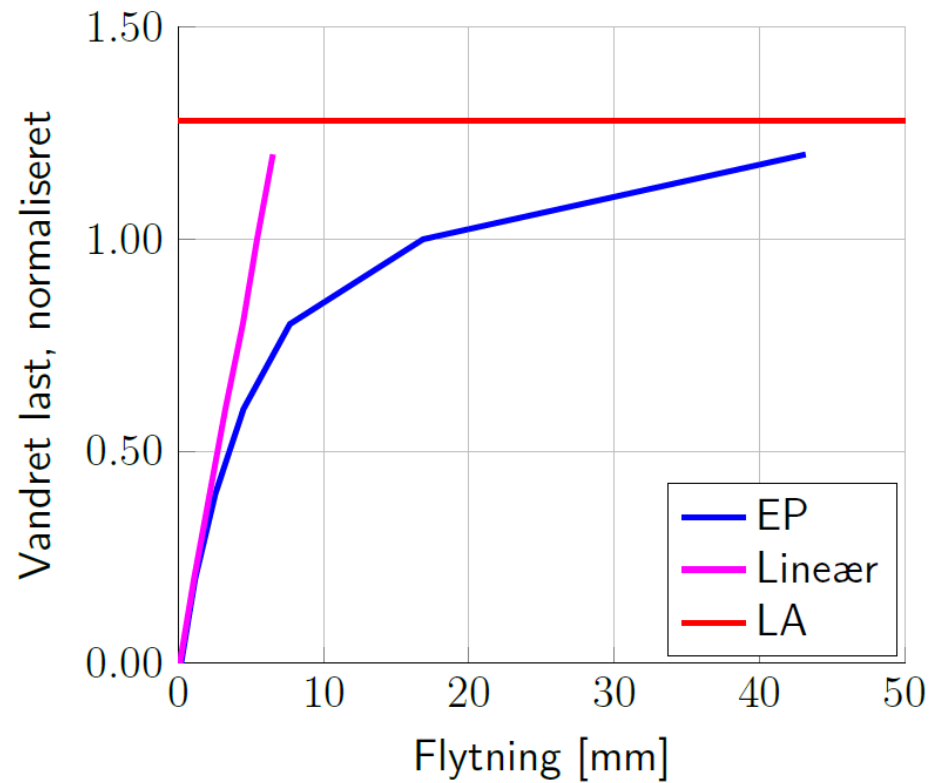






- Stabiliserende system:
 - Stålgitter
 - Betonkerne
- Stivheden af betonkernen er vigtig:
 - Betonkernens stivhed afhænger af den vandrette last
 - Hvor meget vandret last betonkernen modtager fra stålgitteret afhænger af betonkernens stivhed!

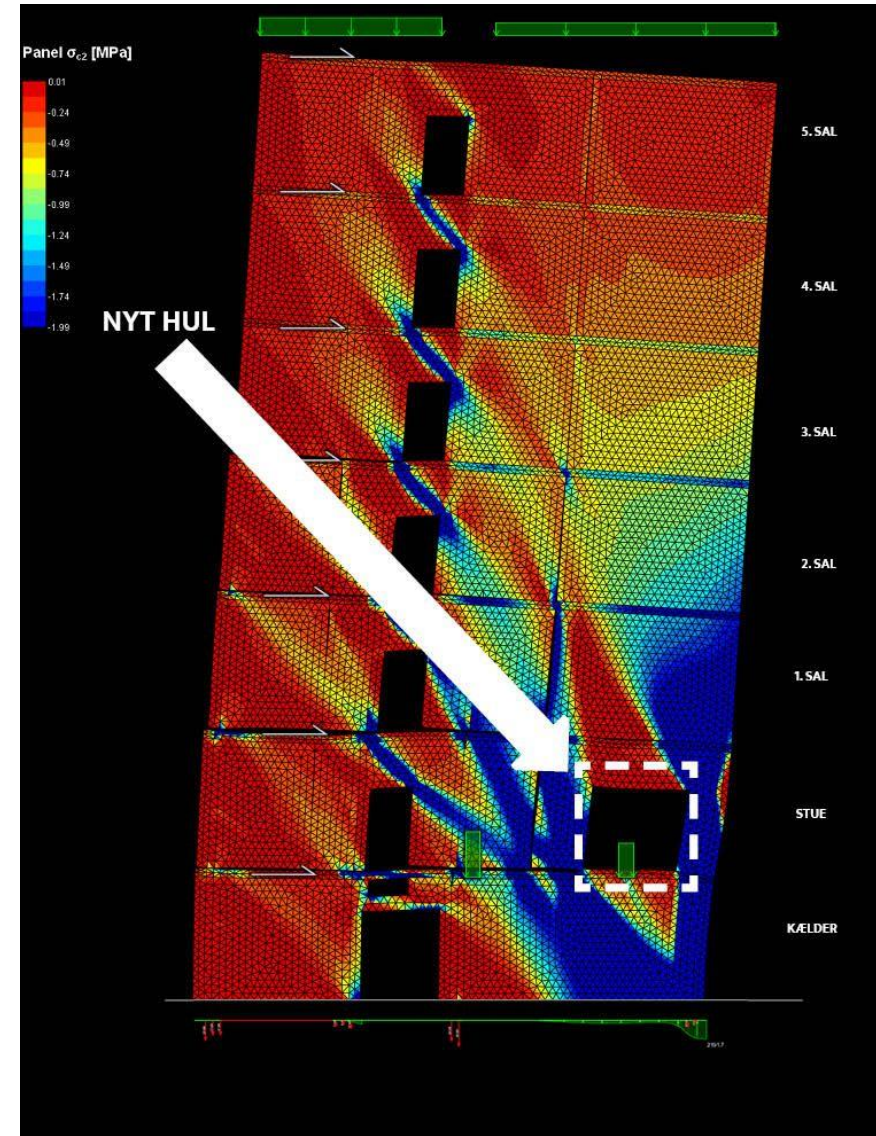
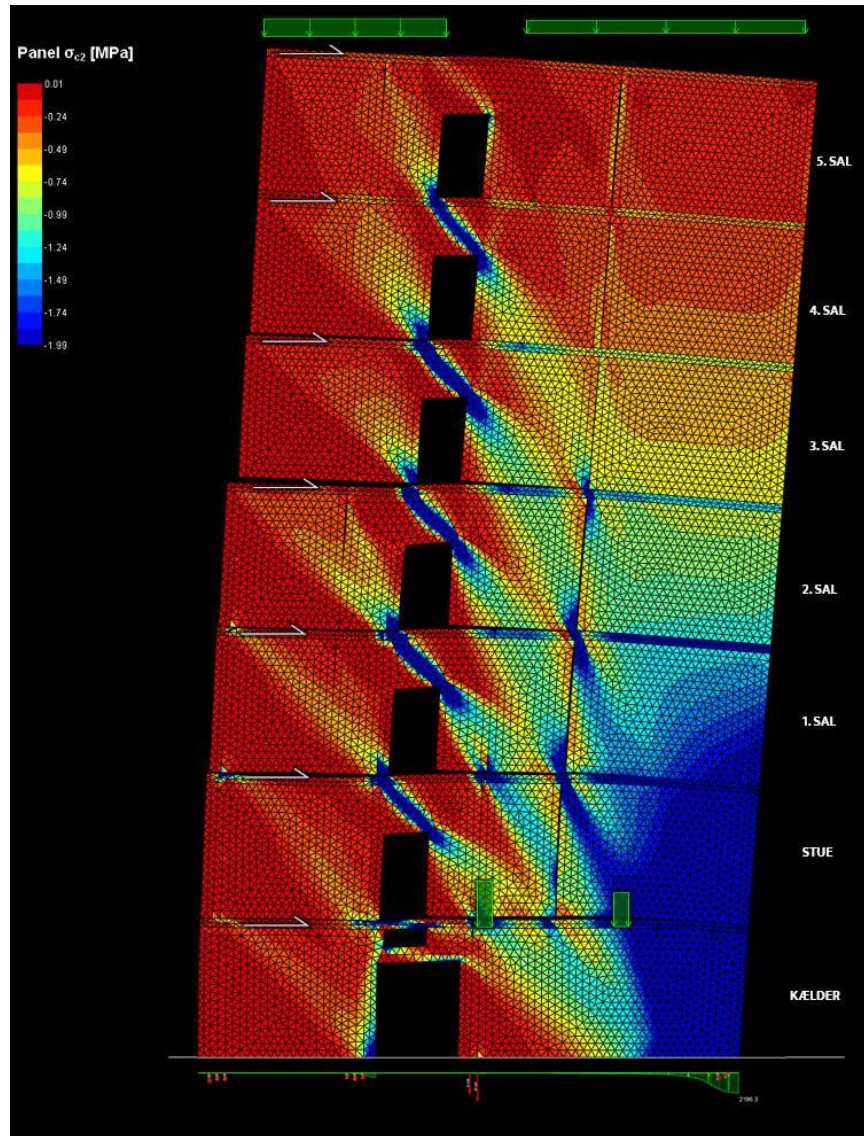




Renovering - Eksempler

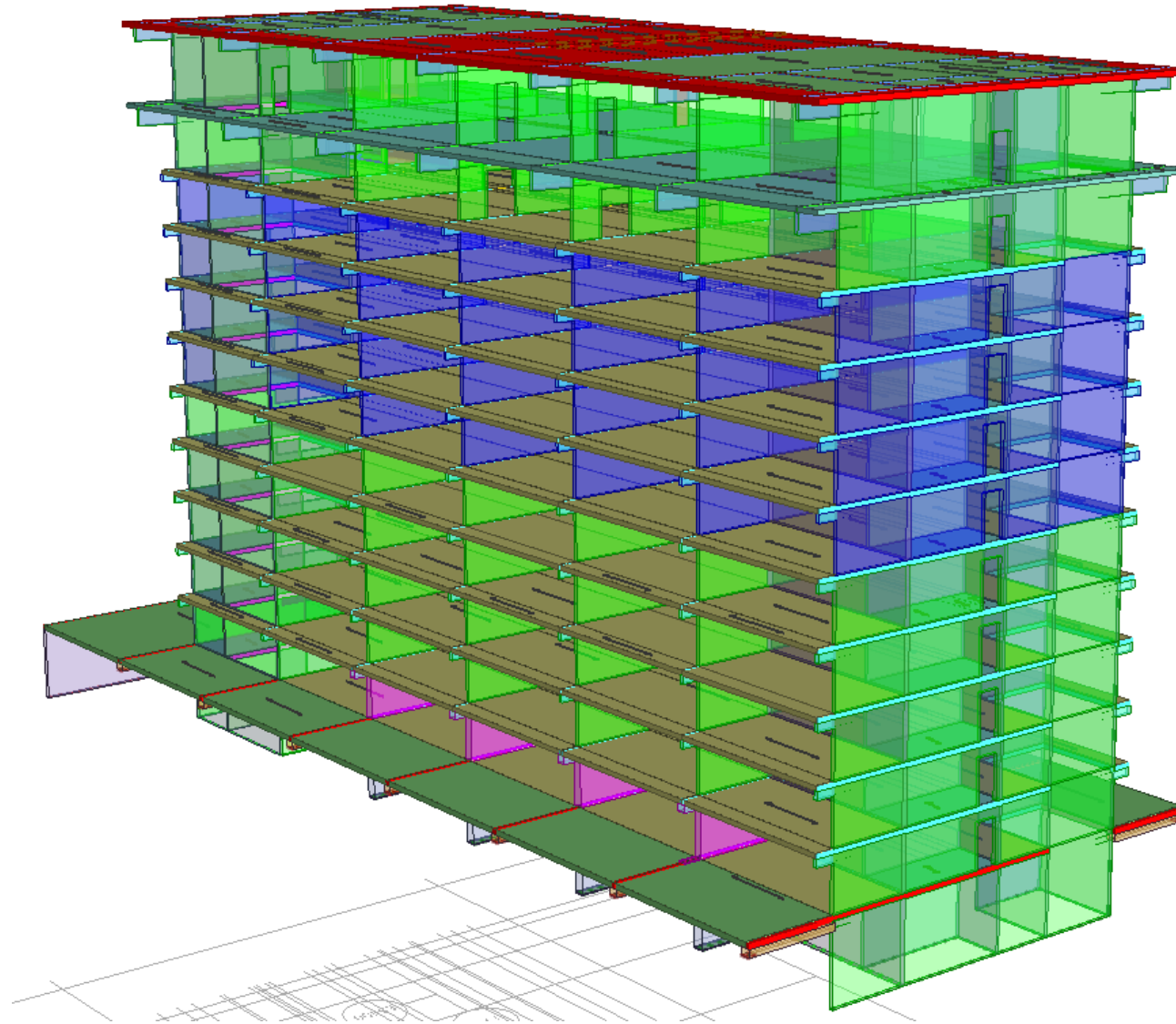
Etablering af kantine i stueetagen krævede et stort hul i en stabiliserende væg



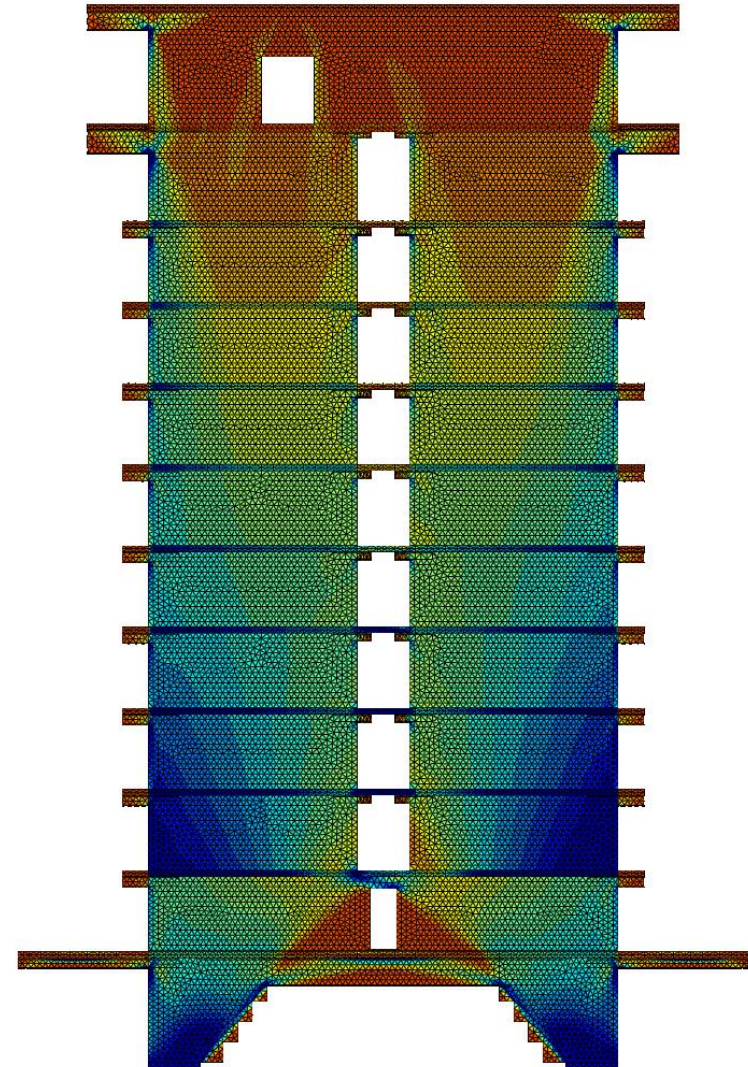








- Ny facade og lejligheder bliver til hotel
- Eftervisning efter gældende normer
- Nye huller i udvalgte etager
- Uarmerede vægge håndteres indenfor gældende normer
- Lokale forstærkninger



Løsningsforslag - MiniC02 Etagehus BETON

MiniCO2 Etagehus BETON

[Introduktion](#) [Projektfakta](#) [Billeder](#) [Relaterede projekter](#)

Etagehuset i beton er det tredje udviklingsbyggeri, som Realdania By & Byg opfører under navnet 'Mini CO2 etagehusene'. Projektet sætter fokus på, hvordan man kan bygge i beton med så lavt CO2-aftryk som muligt - uden at gå på kompromis med kvalitet og oplevet værdi. Mini-CO2 etagehusene understøtter foreningen Realdanias mål om at fremme et effektivt, sundt og bæredygtigt byggeri.

Verdens byer vokser, og hver dag skyder nye etagebyggerier i beton op. Beton er det mest anvendte byggemateriale, både globalt og i Danmark. Det er stærkt, billigt og effektivt at arbejde med.

Beton er samtidig et CO2-tungt materiale, som står for en stor del af den samlede udledning fra byggeriet. Derfor ligger der en stor opgave i at undersøge, hvordan man kan nedbringe CO2-udledning fra betonbyggeri.

Mini-CO2 etagehus BETON er sat i verden for at belyse, hvordan man kan bygge i beton med lavt klimaaftryk og uden at gå på kompromis med kvalitet og komfort. Det skal ske ved at reducere mængder, undgå spild og maksimere design for adskillelse og genanvendelse. Dertil er der fokus på selve typen af beton i forhold til mængden af udledt CO2 i produktionsfasen.

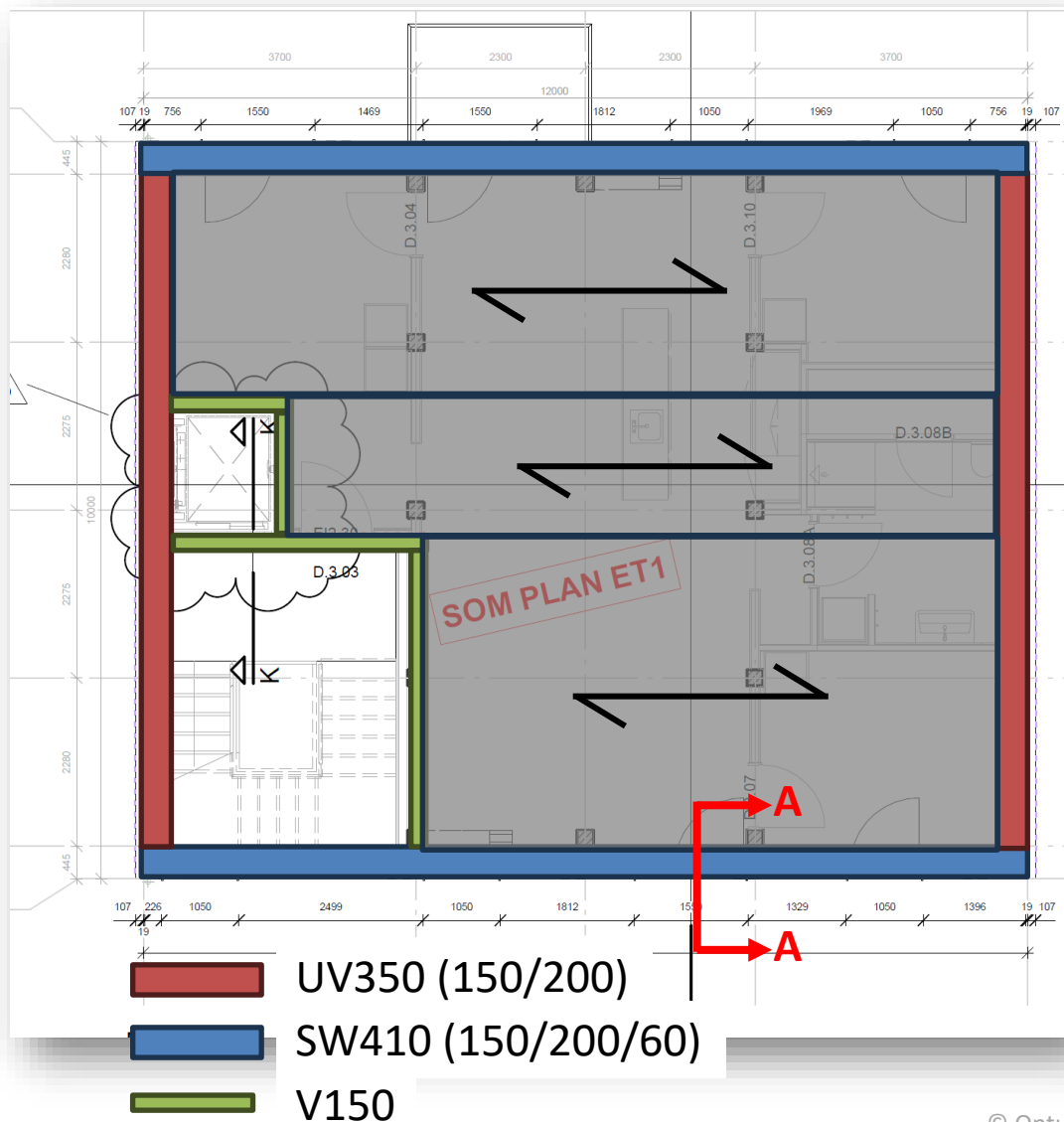
Det er ambitionen, at betonhusets CO2 udledning skal under 5 kg CO2 eq/m2/år for materialer, svarende til ca. 7,3 kg CO2 eq/m2/år når drift inkluderes. Kravet ligger markant under Bygningsreglementets krav på 12 kg og væsentligt under det gennemsnitlige niveau for nye etageboliger på omtrent 9,6 kg.

Byggeriet forventes opført i 2024.

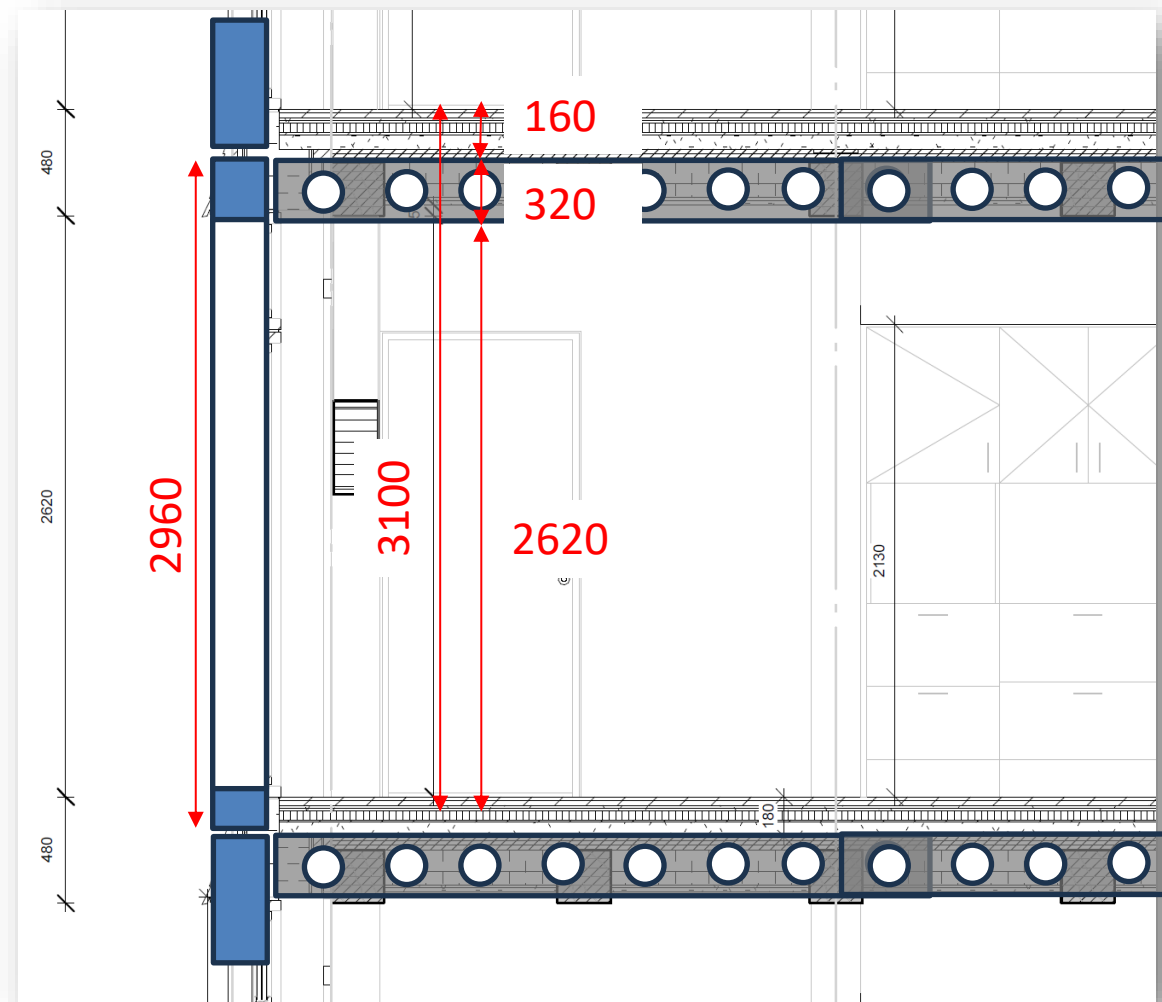
Det er ambitionen, at betonhusets CO2 udledning skal under 5 kg CO2 eq/m2/år for materialer, svarende til ca. 7,3 kg CO2 eq/m2/år når drift inkluderes. Kravet ligger markant under Bygningsreglementets krav på 12 kg og væsentligt under det gennemsnitlige niveau for nye etageboliger på omtrent 9,6 kg.



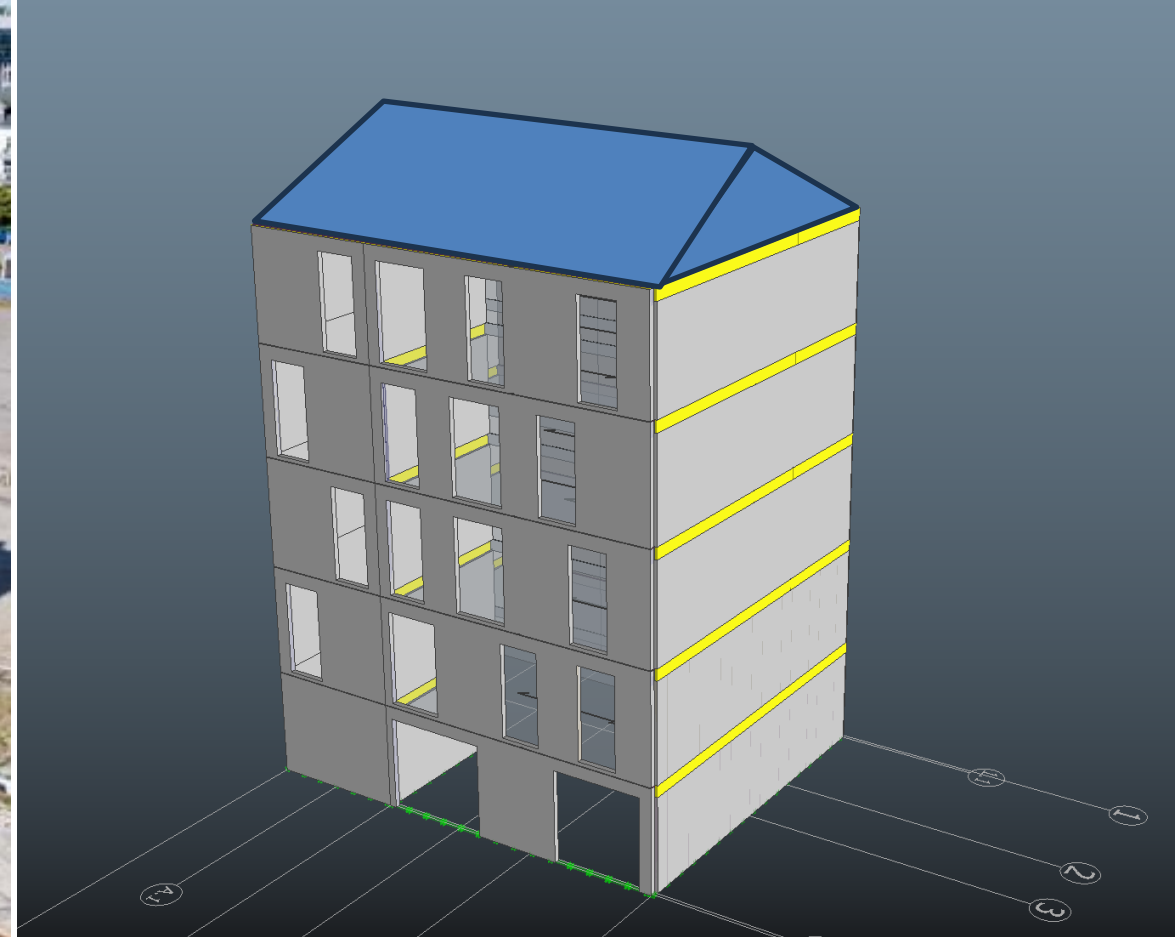
- 5 etager
- 12.5m fra terræn til øverste etage
- 120 min. brand
- Fuld vindlast på gavle



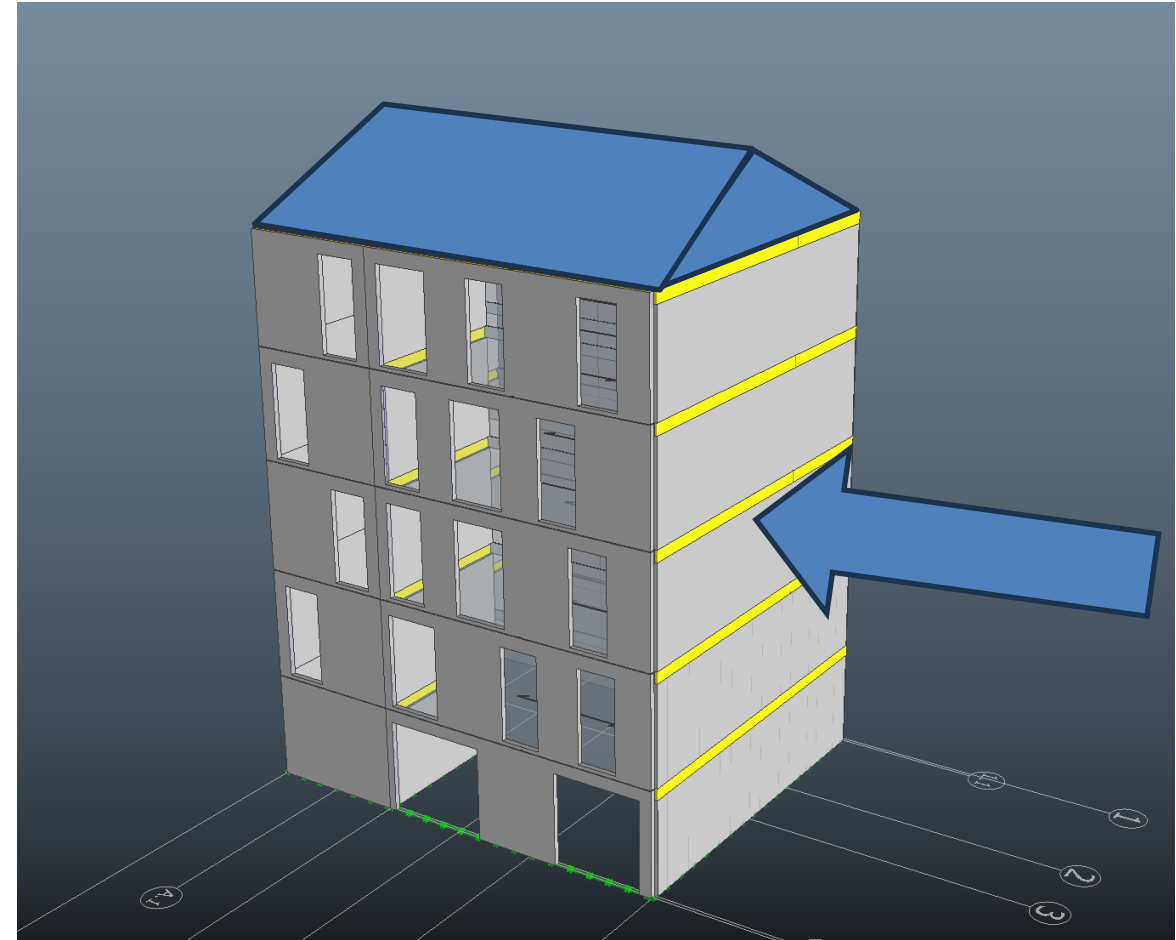
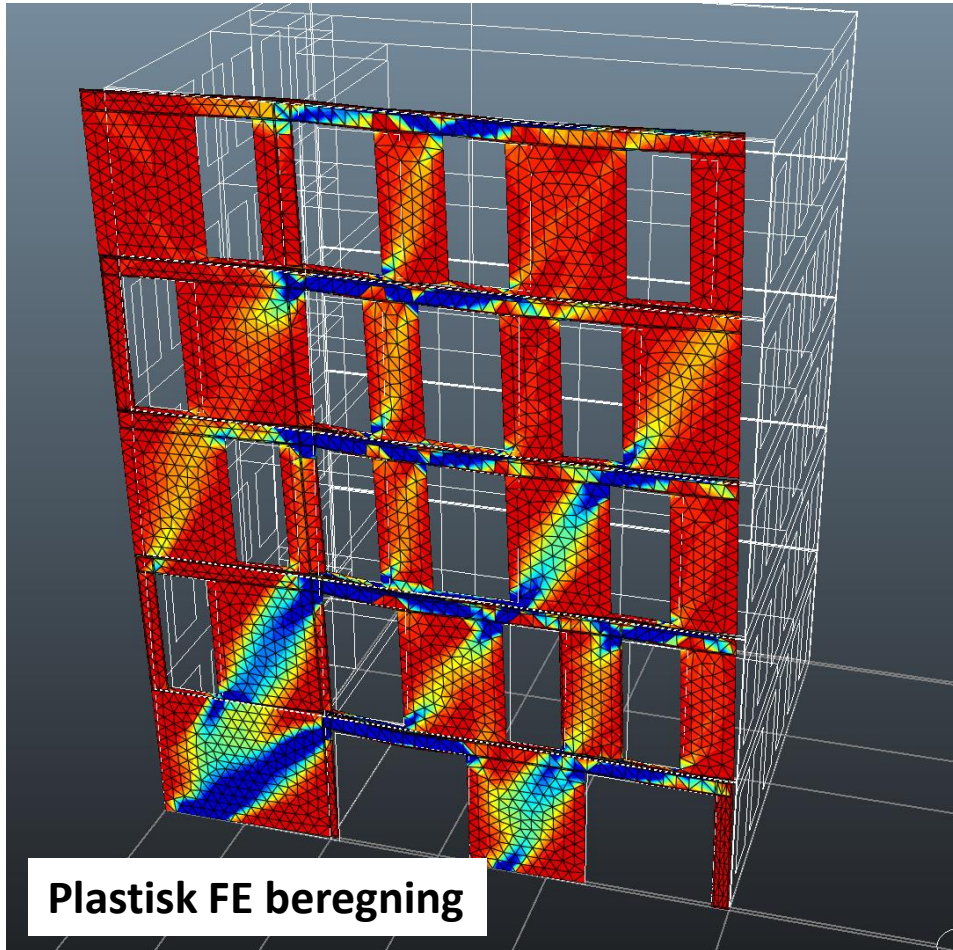
Lodret snit A-A gennem facade:



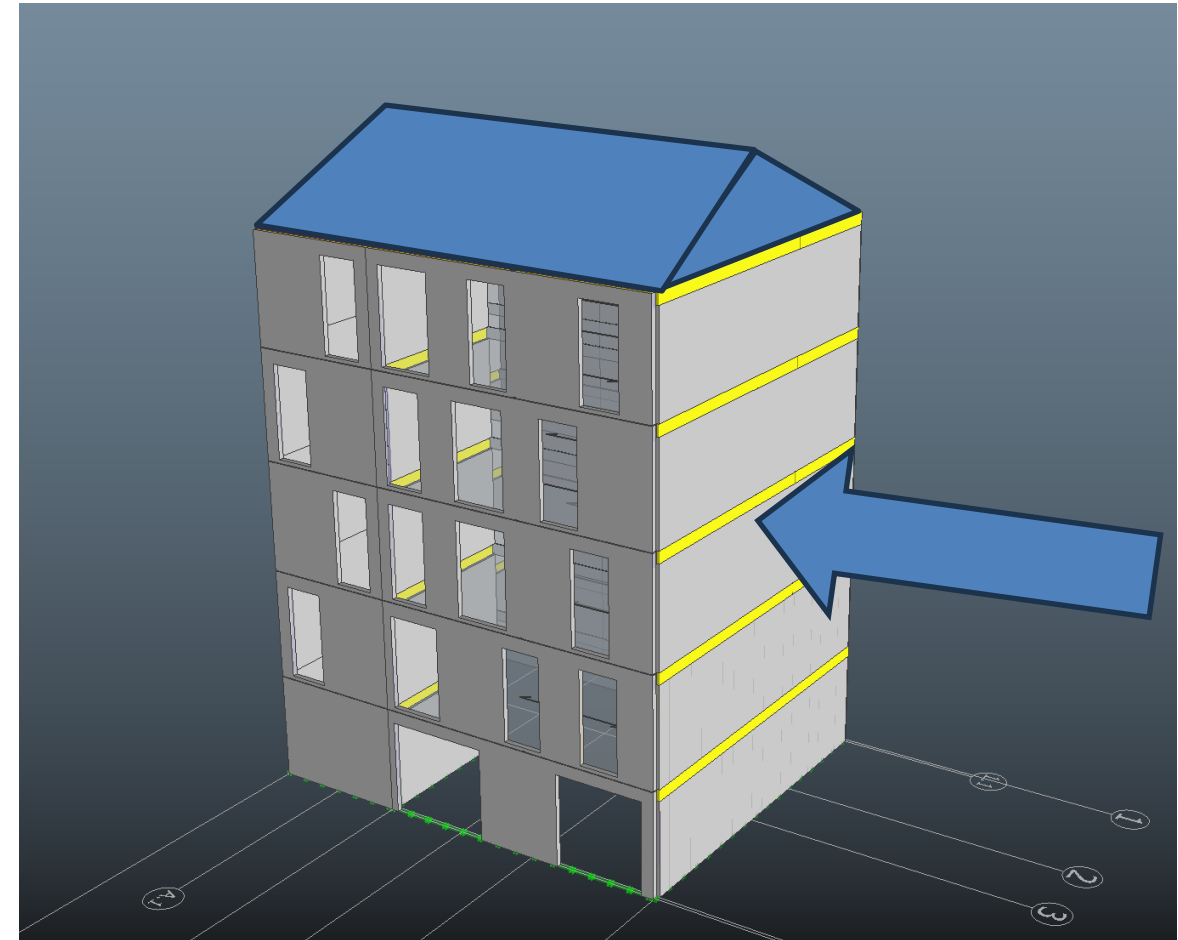
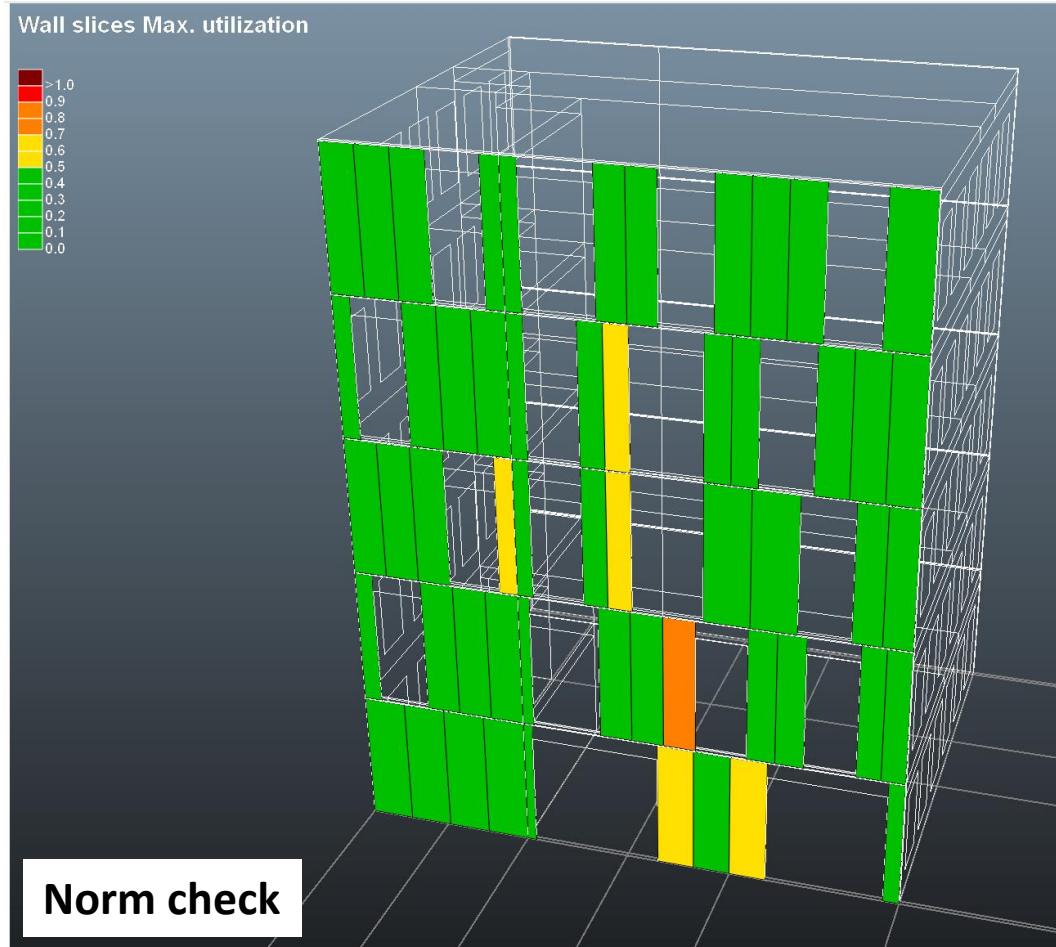
OPTUM CS beregningsmodel:



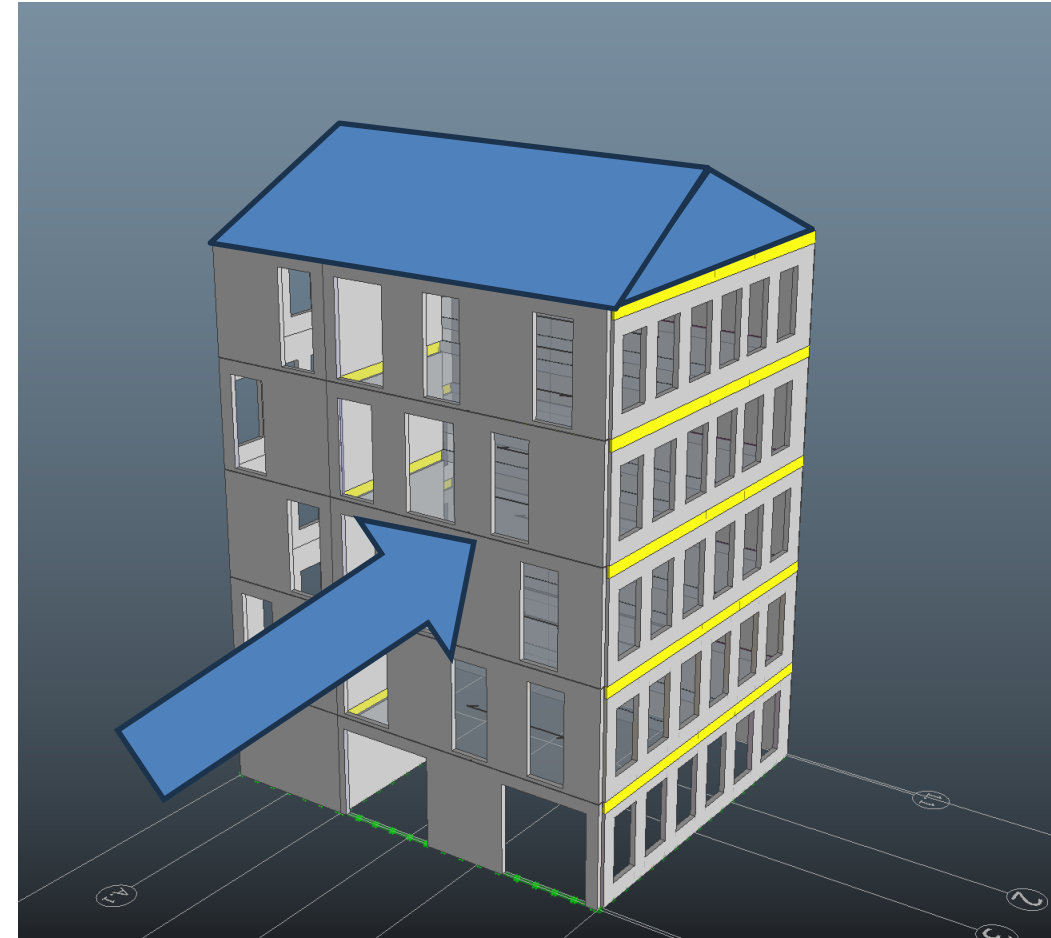
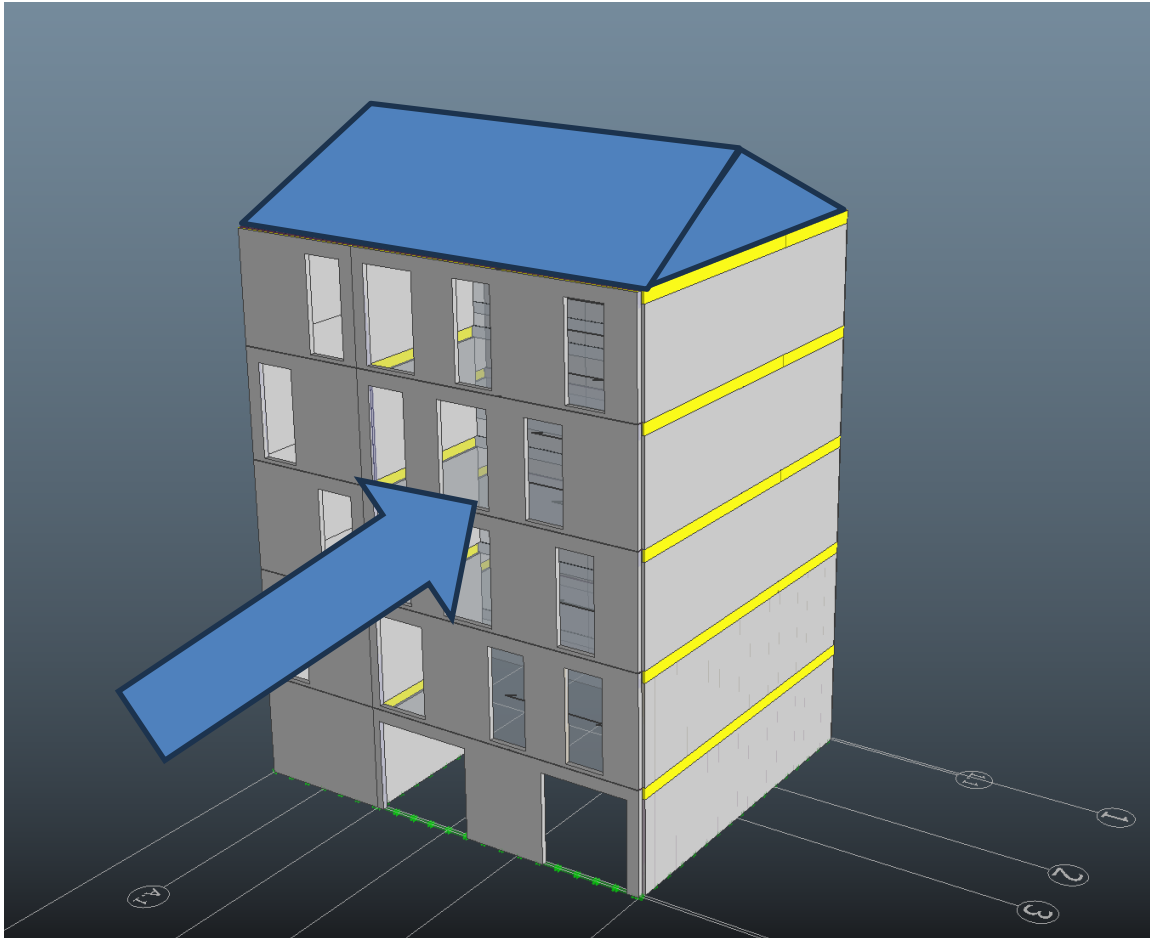
6.10b: VIND FRA VEST



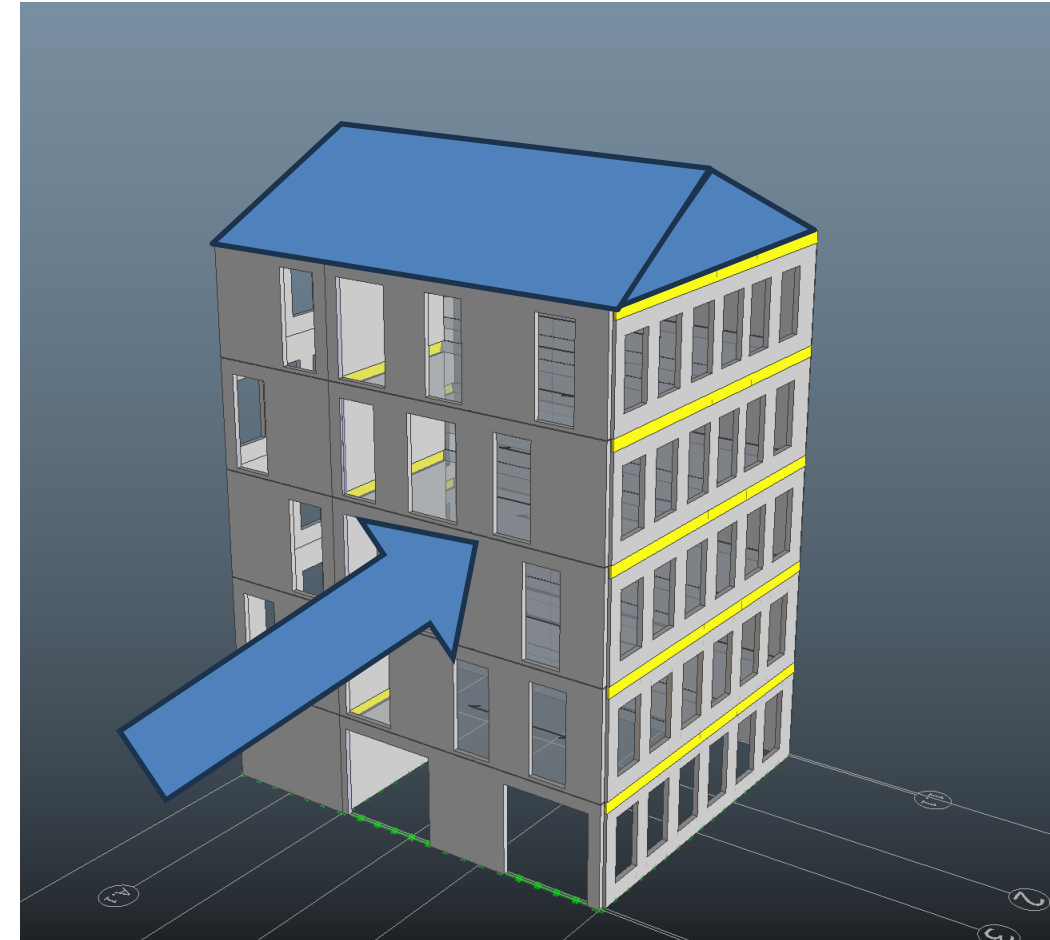
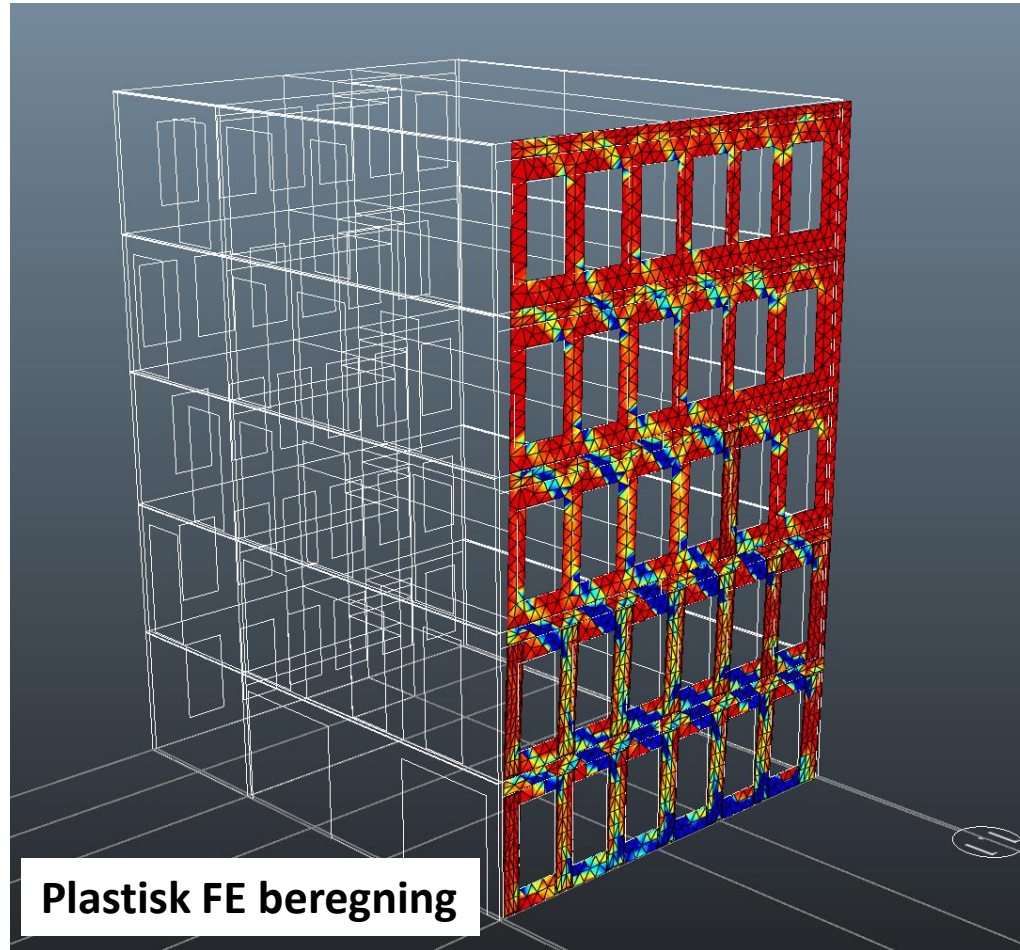
6.10b: VIND FRA VEST



6.10b: VIND FRA NORD



6.10b: VIND FRA NORD



LCA beregning - overslag

Aref									
L	B	etager	L	b1	b2	Apas	Aref	GWP	
m	m	stk	m	m	m		m2	kg CO2	kg CO2/m2/år
12	10	5	10	1.4	2.8	21	579	85425.3	2.95
Gavle (150 mm bagmur, 200 mm PIR)									
tmur	tiso	Bhul	Hhulk	N	Ahul*2	H	B	Agavl*2	Anet
m	cm	m	m	stk	m2	m	m	m2	m2
0.15	20	1	1.85	30	110.8	15.4	10	308	197.2
Facader inkl. Vinduer (150 mm bagmur, 200 mm PIR, 60 mm forplade + Rationel auraplus vinduer)									
tbagmur	tiso	tfor	rm_bagmu	Arm_forp	H	B	Atot		
m	cm	m	kg/m2	kg/m2	m	m	m2		
0.15	20	0.06	6	2	15.4	12	369.6		
Passage i stue (150 mm bagmur, 200 mm PIR, 60 mm forplade + Rationel auraplus vinduer)									
tbagmur	tiso	tfor	rm_bagmu	Arm_forp	H	L	Atot		
m	cm	m	kg/m2	kg/m2	m	m	m2		
0.15	20	0.06	6	2	2.65	20	106		
Indvendige betonvægge (150 mm)									
tvæg	rm_bagmu	L	H	Avæg	Ahul	Antal	Ahul_tot		
m	kg/m2	m	m	m2	m2	stk	m2		
0.15	6	12.1	15.4	186	2	10	20		
Randfundament (0.9*0.6 C12)									
L	h	b	V	Stål					
m	m	m	m3	kg/m3					
56.4	0.7	0.9	35.5	60					
Terrændæk (10 cm C12, 35 cm EPS isolering)									
L	B	tbeton	tiso	A	Stål				
m	m	m	m	m2	kg/m3				
10	12	0.1	0.35	120	60				
Etagedæk (320 mm hulddæk)									
L1	B1	L2	B2	L3	B3	A	Etager	Ator	
m	m	m	m	m	m	m2	stk	m2	
12	3.3	10.2	2	8.3	4.6	98.18	4	392.72	
Tag (220 mm hulddæk, 50 cm EPS, tagpap)									
L1	B1	h	d	tiso	A				
m	m	m	m	m	m2				
12	10	1.5	5.22	0.5	125.3				

Samlet C02-aftryk: **2.95 kg C02/m2/år**

Ikke medtaget:

- Trapper og reposer
- Lette skillevægge
- Gulvopbygning
- Altaner

Beton C20		Stål		PIR isolering		Total	
GWP	GWP_wall	GWP	GWP_arm	GWP	GWP_arm	GWP_be	GWP_be
kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/kg	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2
160	24.0	0.435	2.61	7	14	40.6	9561

Beton C20		Stål		PIR isolering		Beton C30		Total	
GWP	GWP_arm	GWP	GWP_wall	GWP	GWP_arm	GWP_be	GWP_be		
kg CO2/10cnkg	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2		
7	14	210	12.6	54.1	19988				

PIR isolering		Beton C30		Total	
GWP	GWP_arm	GWP	GWP_wall	GWP_be	GWP_be
kg CO2/10cnkg	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2
7	14	210	12.6	54.1	5732

Total		Total	
GWP_be	GWP_be	GWP_be	GWP_be
kg CO2/m2	kg CO2	kg CO2/m2	kg CO2
26.6	4426		

Total	
GWP_be	GWP_be
kg CO2/m2	kg CO2
	5547

Stål		Total					
GWP	GWP_arm	GWP_be	GWP_be				
kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2				
130	13.0	47	16.45	0.435	2.6	32.1	3847

D320		Total	
GWP	GWP_arm	GWP_be	GWP_be
kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2
68			26705

D220		Sundlitt		Tagpap		Total	
GWP	GWP_arm	GWP	GWP_arm	GWP	GWP_arm	GWP_be	GWP_be
kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2/m2	kg CO2
49.8	47	23.5	3.48	76.8	9619		

Samlet CO₂-aftryk: **2.95 kg CO₂/m²/år**

Ikke medtaget:

- Trapper og reposer
- Lette skillevægge
- Gulvopbygning
- Altaner

- + Nye beregningsprogrammer sparer materialer og muliggør nye løsninger
- + Programmerne er tilgængelige
- + Det skal tænkes ind fra starten af
- + Hovedstatikken er nøglen til designoptimering
- + Bygherre skal stille krav og derved sikre materialebesparelser/økonomi
- + Betonbyggerier med klimaaftryk <5 kg CO₂/m²/år muligt

Spørgsmål?