

Mindet 6 - Tårnet

Dansk Betondag

Jens Bagge

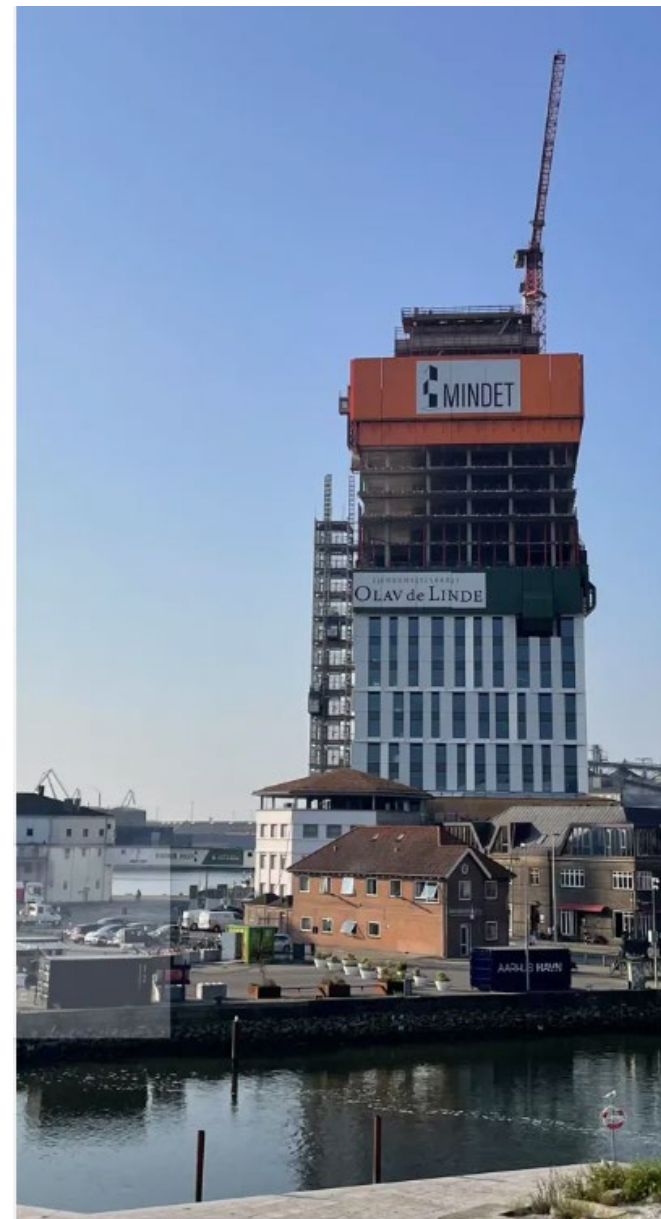
25. September 2025.



Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Indehold

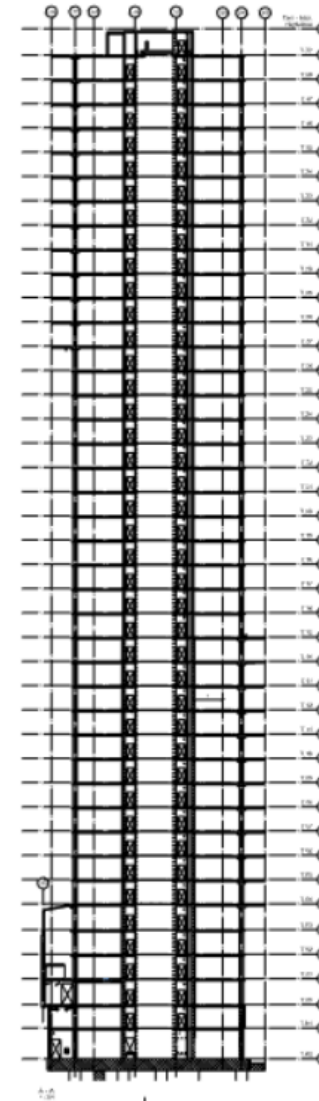
- Hoveddata
- Eksisterende forhold
- Konstruktionsopbygning, herunder
 - Pælefundering
 - Bundplade
 - Vægge
 - Søjler
 - Dæk
 - Stålkonstruktioner.
 - Facader
- Statisk hovedsystem
- Udførelse



Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Hoveddata

- Bygningshøjde 143 meter
- 40 etager over terræn, 2 etager under terræn
- Anvendelse: Kontor
- Samlet etageareal, ca. 40.000 m²
- Bygherre: Olav de Linde A/S
- Totalentreprenør: Aarsleff A/S
- Arkitekt: CF Møller A/S
- Ingeniør: Rambøll A/S
- Byggeperiode, konstruktioner 2023-2026
- Ibrugtagning medio 2027



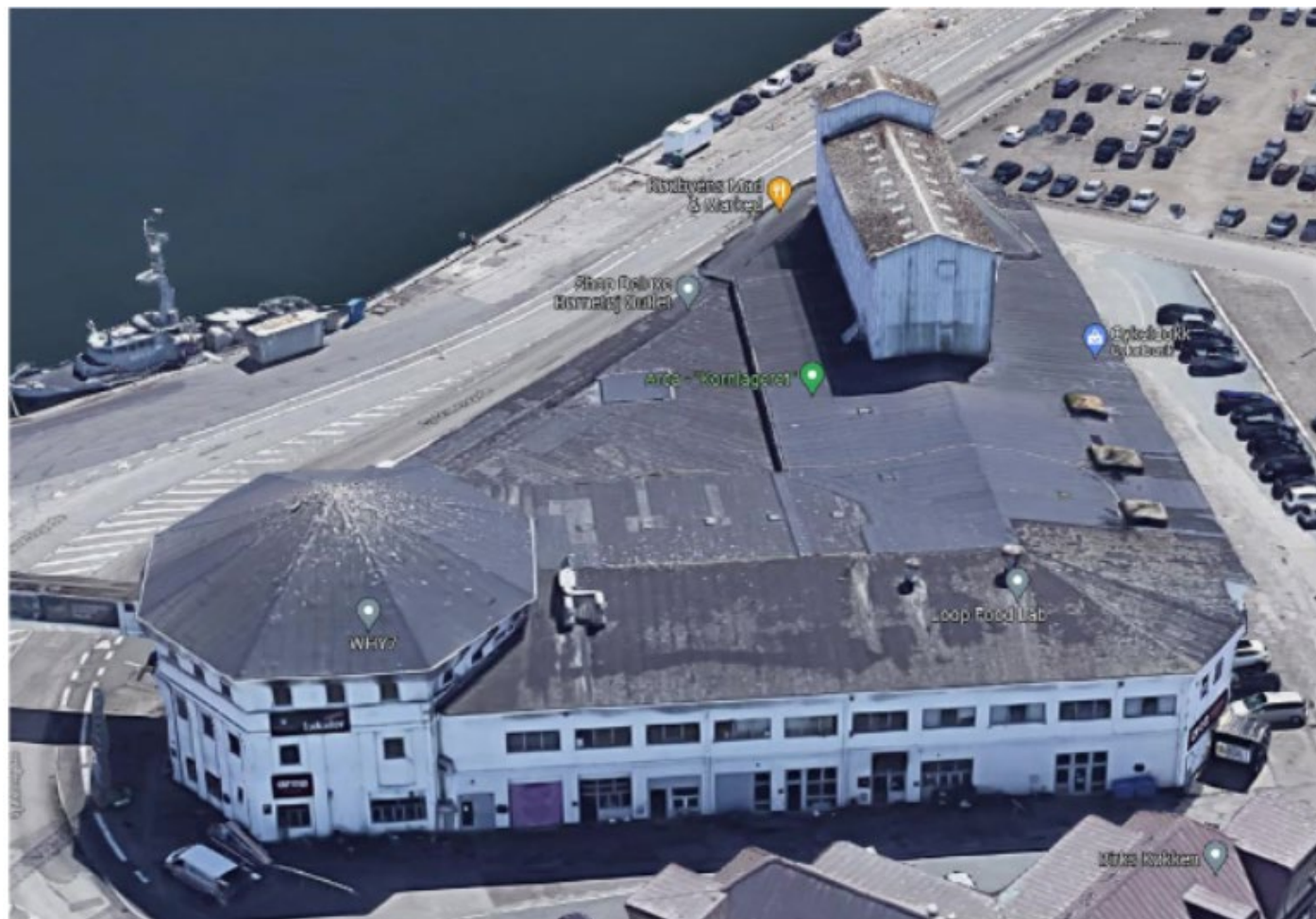
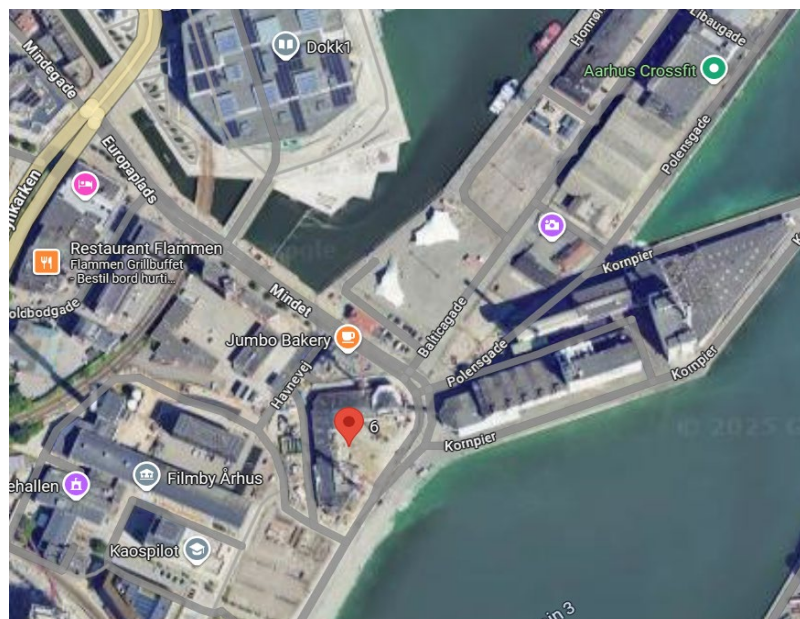
Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Eksisterende forhold

Pakhus fra 1928 i havnen i Aarhus

Pakhuset 2 etager, ottekanten dog i 3 etager

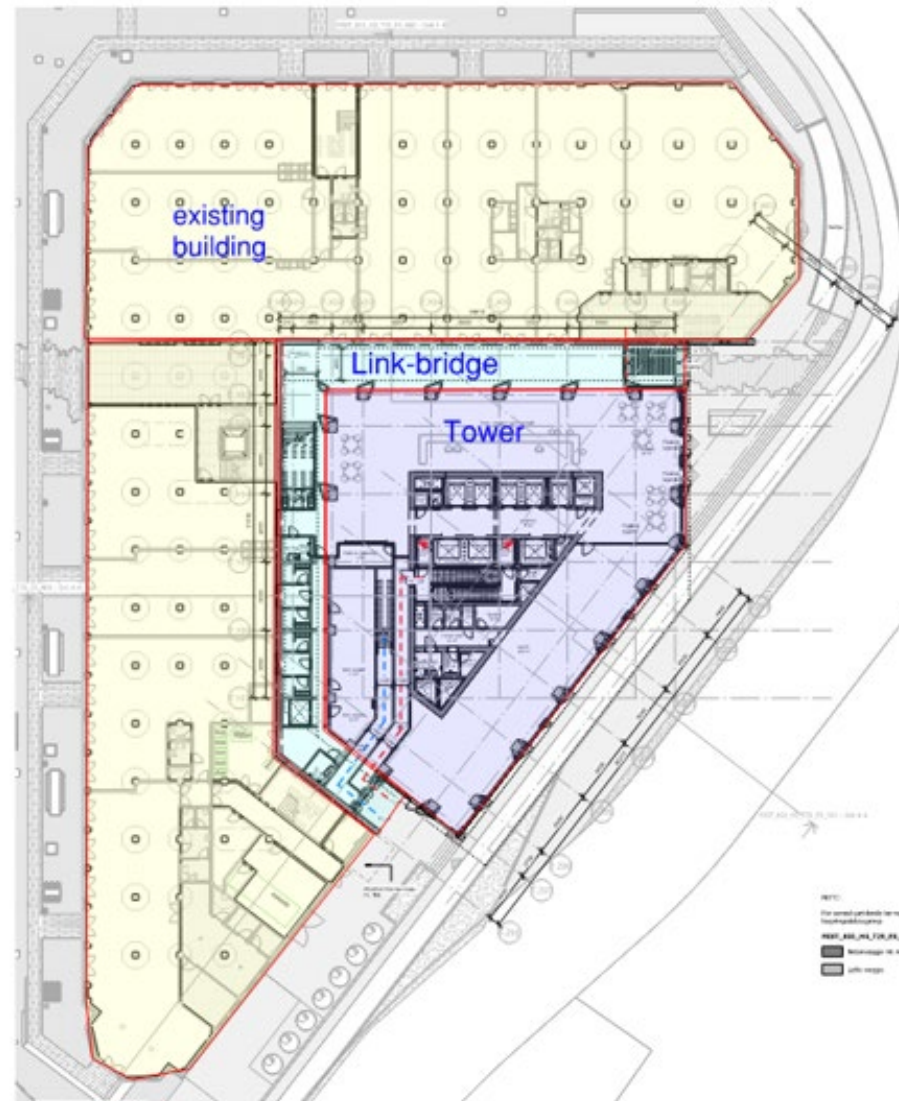
Direkte funderet på bundplade



Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Hovedgreb eksisterende bygning i relation til tårnet

- Fuld nedrivning af dele af pakhuset
- Interimsafstivninger af eksisterende bygning
- Etablering af sekantpælevæg som byggegrube for tårnet
- Ny væg i nedbrydnings-linjen til understøtning af eksisterende bygning,. Væggen understøttes på sekantpælene



Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Hovedkonstruktion

Tårnet er opdelt i fire "stakke" oven på hinanden:

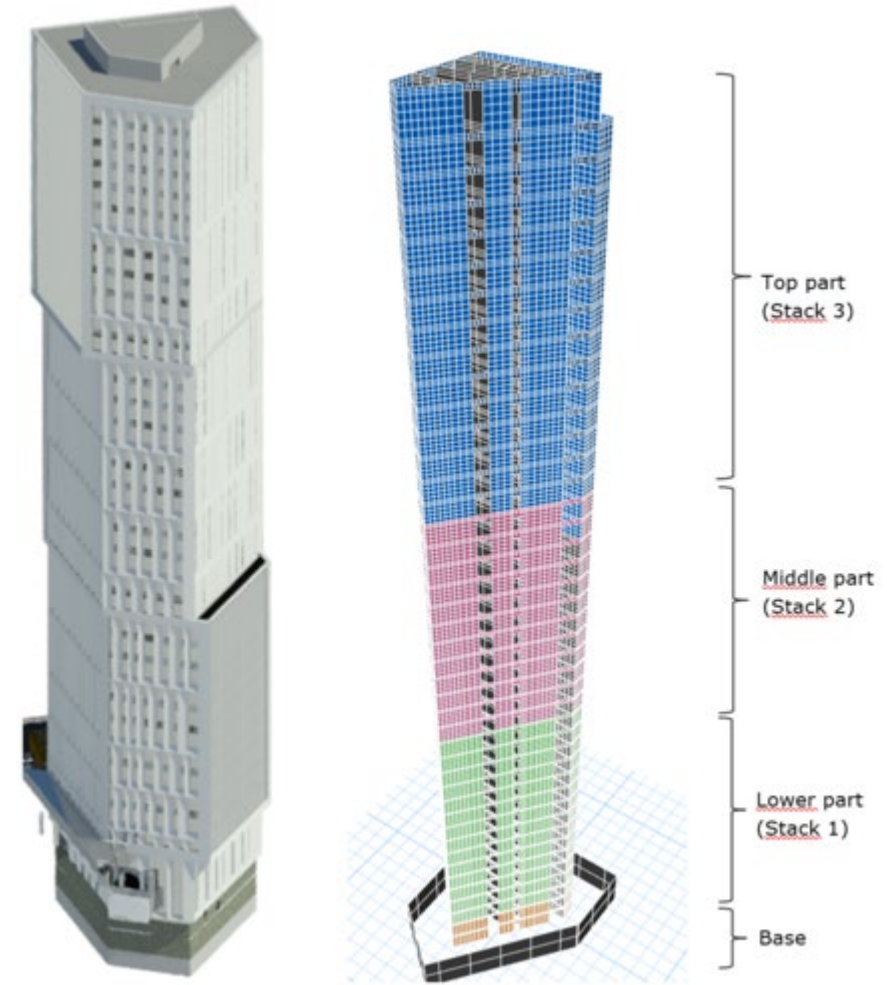
Basis: T.K2 – T.03

Nederste del: Stak 1, T.04 – T.14

Midterste del: Stak 2, T.15 – T.26

Øverste del: Stak 3, T.27 - T.38, T.T2

Hver af de tre øverste skakke har en side med en udkragning på ca. 3,0 meter



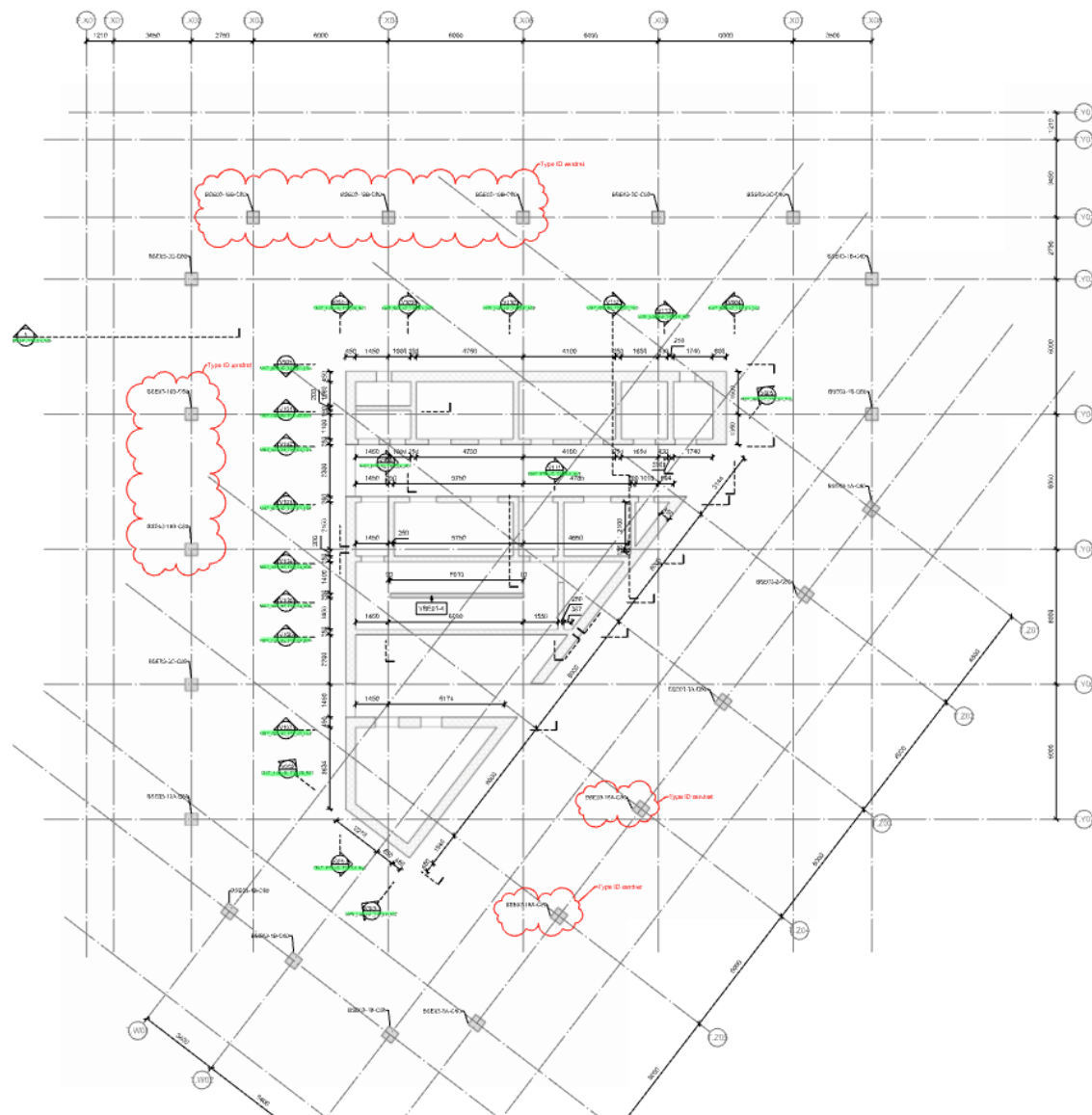
Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Hovedkonstruktion

- Den bærende konstruktion består af en betonkerne, der indeholder trapper, installationer og elevatorer i midten af tårnet og betonsøjler langs facaden.
- Etagedæk er er slapt armeret i den nederste stak og efterspændt i de overliggende stakke. Facaden er understøttet på disse.
- Kernen og kældervæggene er understøttet pælefunderet bundplade

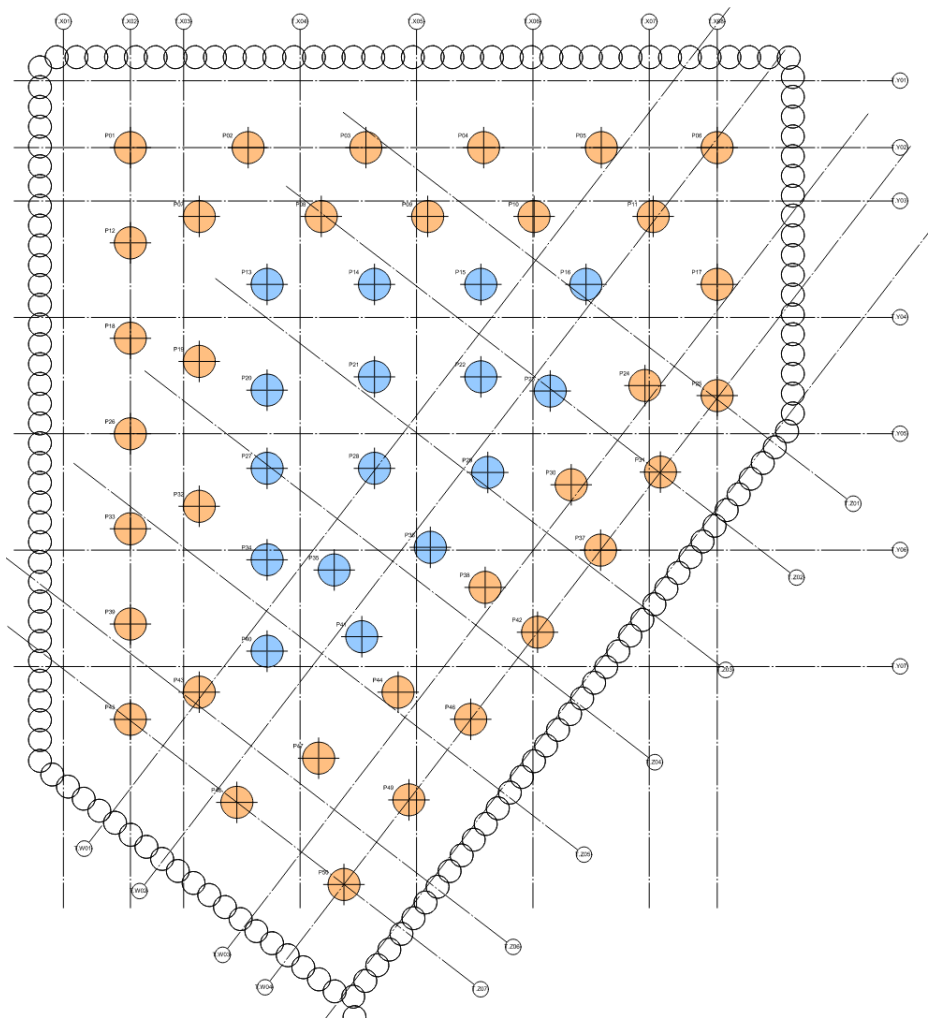
Materialer:

- Højhuset er udført af in-situ støbt armeret beton.
- Dette inkluderer kældervægge, udvendige kernevægge, indvendige kernevægge på alle etage.
- Facadesøjler samt væggen i trappekerne er dog ikke in-situ, men præfabrikerede.
- Endelig er der enkelte stålkonstruktioner, primært i det panoptiske rum samt i taghus.

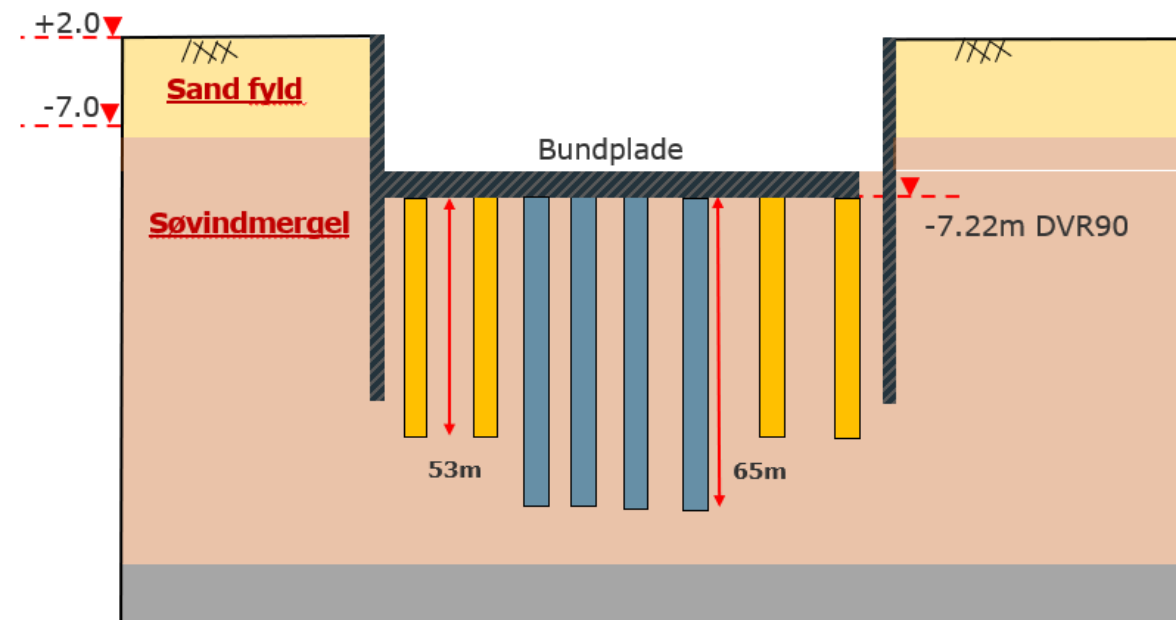


Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Pælefundering



Kote m DVR90



Antal af borede pæle (n)= 50 (34+16)

Bundpladetykkelse = 1,75 m

Nominel diameter (OD)= 1650mm

Længde (L) = ~ 53m-65m under bundplade

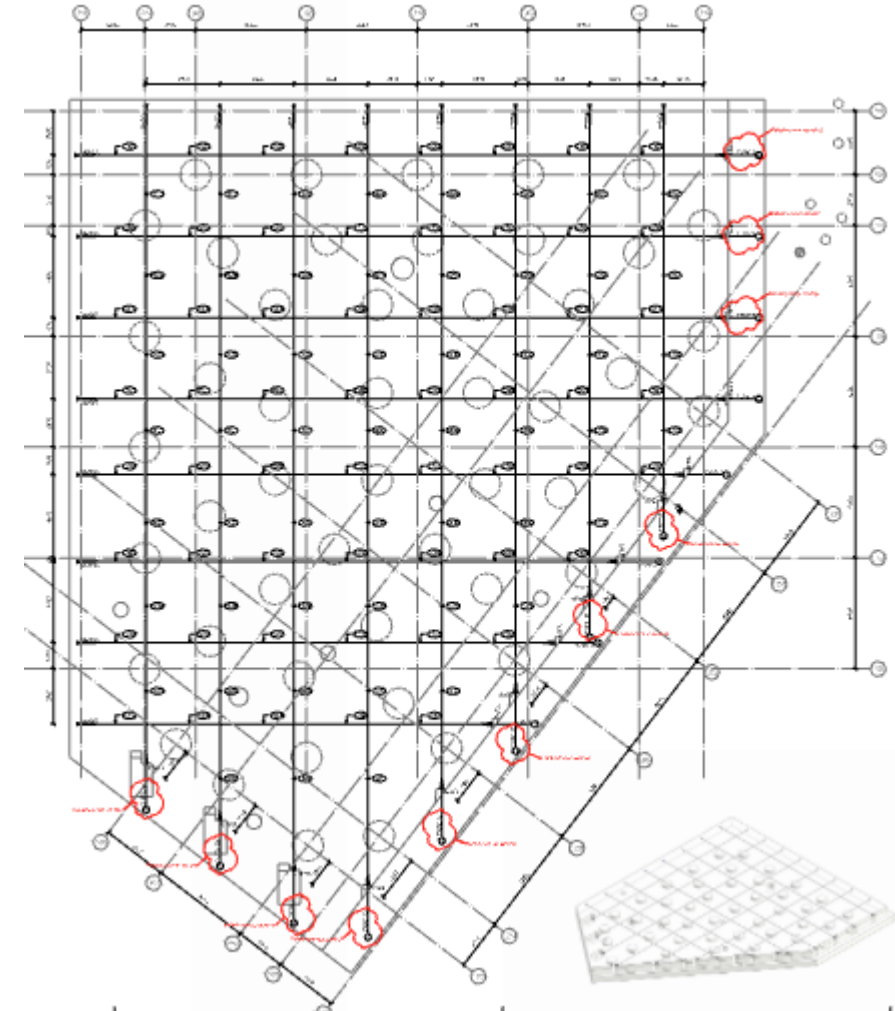
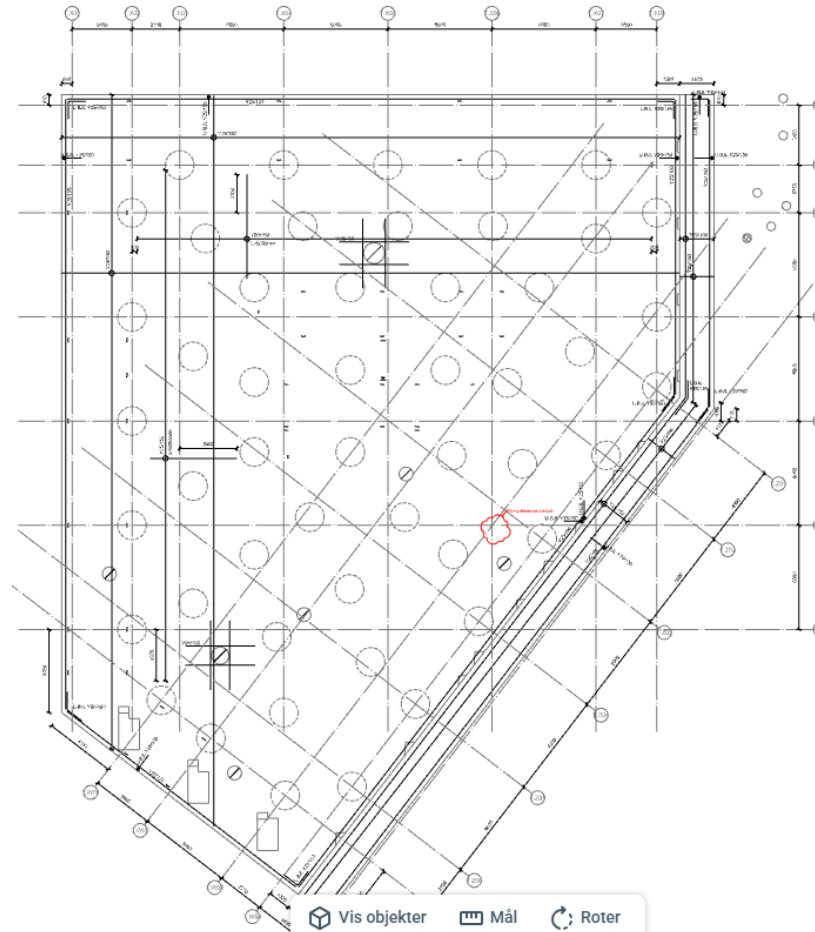
Spidsniveau (m DVR90)= ca. -72,3m DVR90

Spidsniveau (m DVR90)= ca. -60,3m DVR90

Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Bundplade

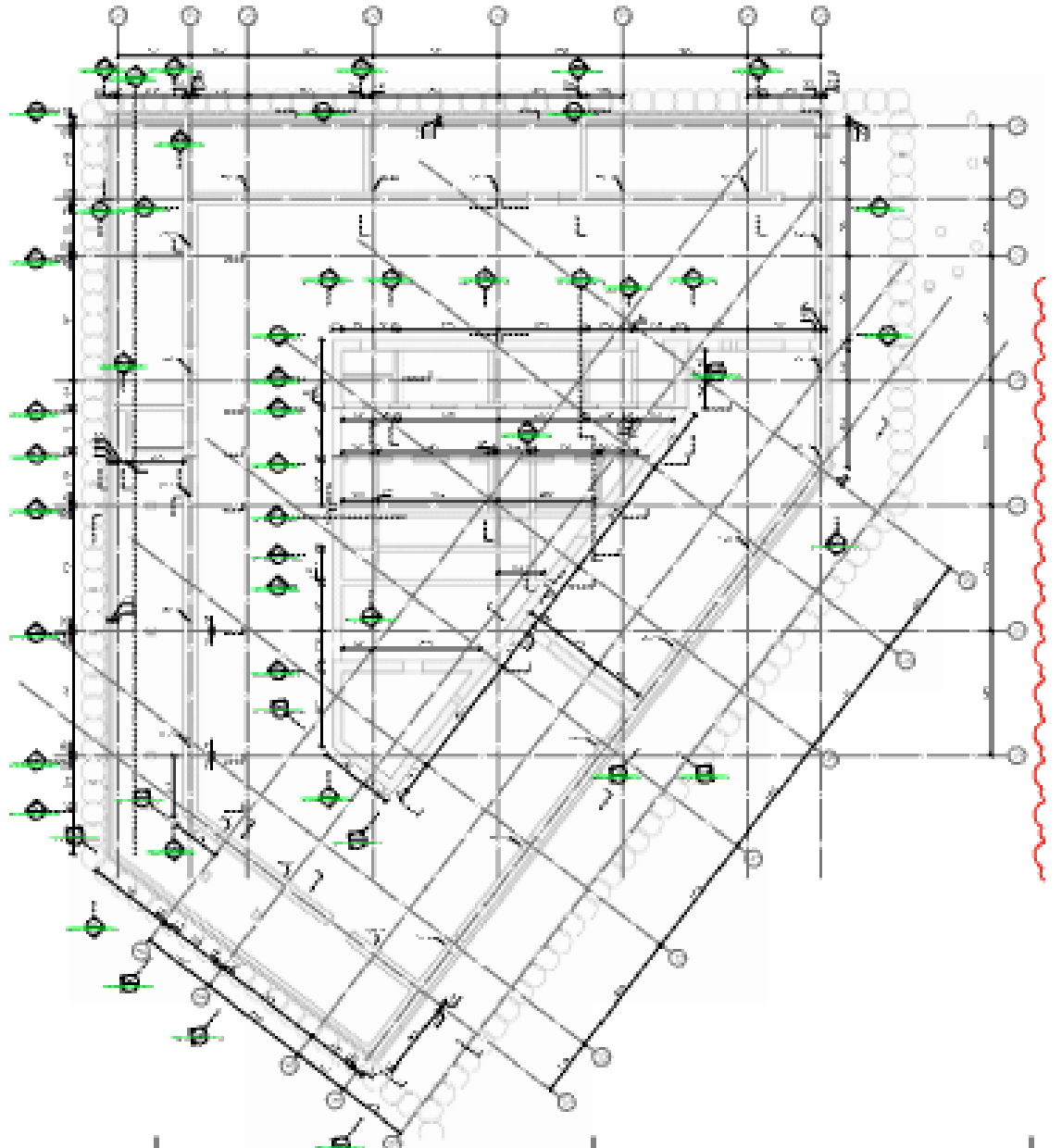
- T=1750 mm
- Efterspændt i 2 niveauer
- Beton C40/50
- Ca. 2100 m³ beton
- Støbt i en omgang



Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Kældervægge

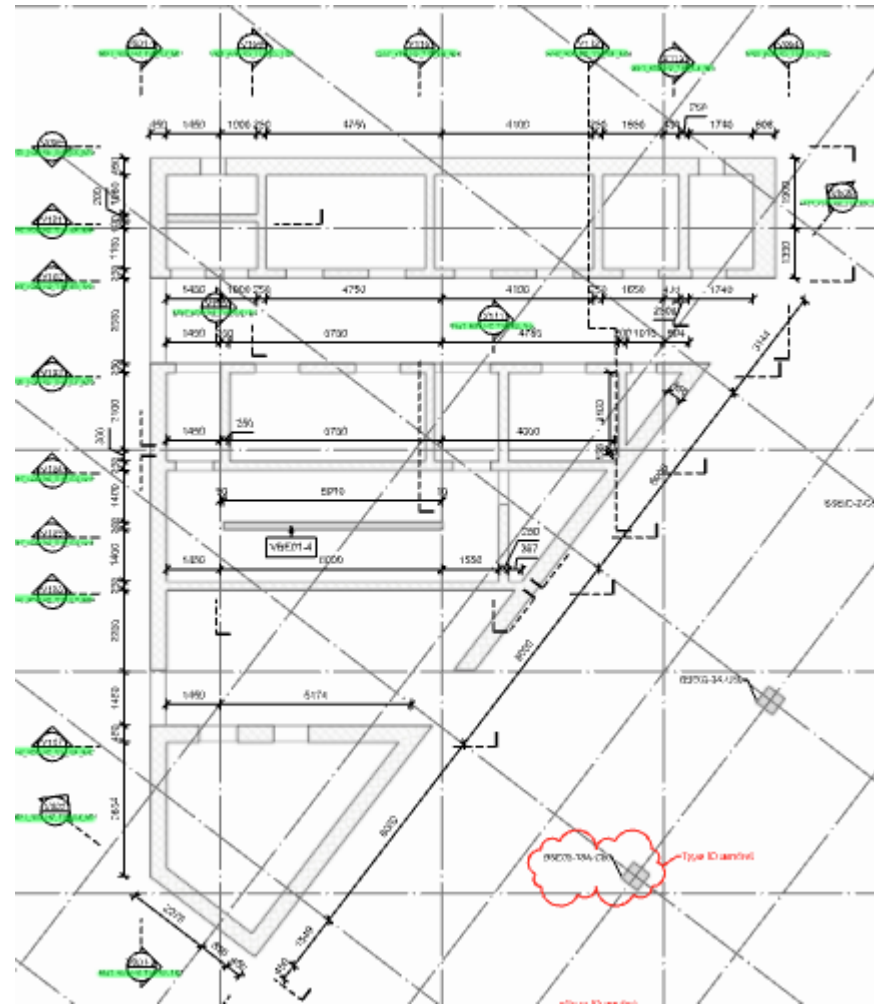
- Alle vægge er slapt armeret
- Ydre kernevægge $t=500$ mm
- Indre kerne vægge $t=250$ mm
- Boksvægge $t=600$ mm
- Beton C60/75



Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Kernevægge i etager over terræn

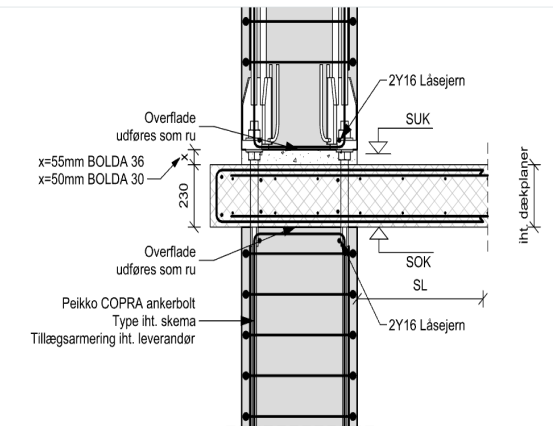
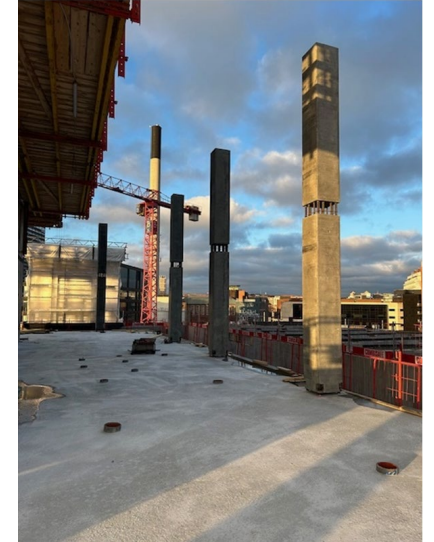
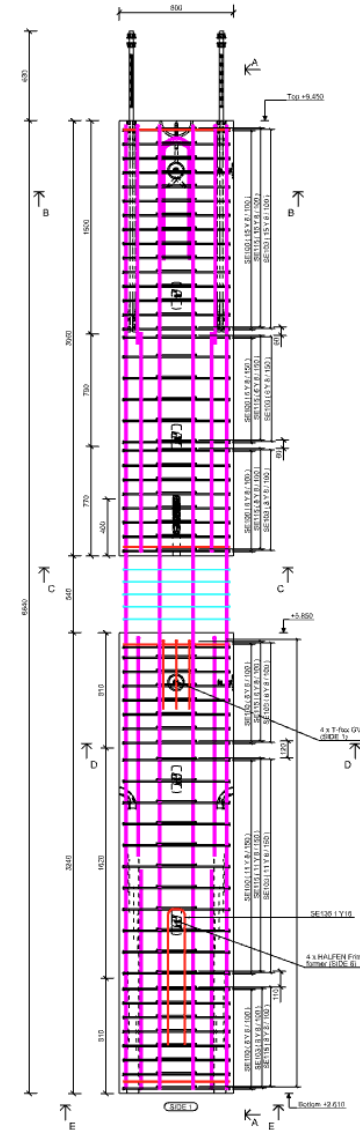
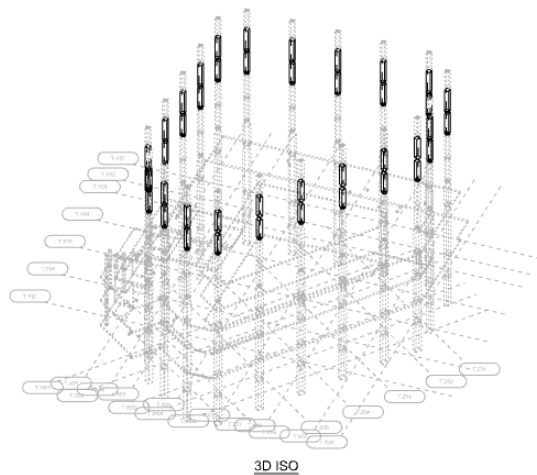
- Alle vægge er slapt armeret
- Ydre kernevægge $t=500-250$ mm
- Indre kernevægge $t=250$ mm
- Beton C60/75 – C40/50



Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Søjler

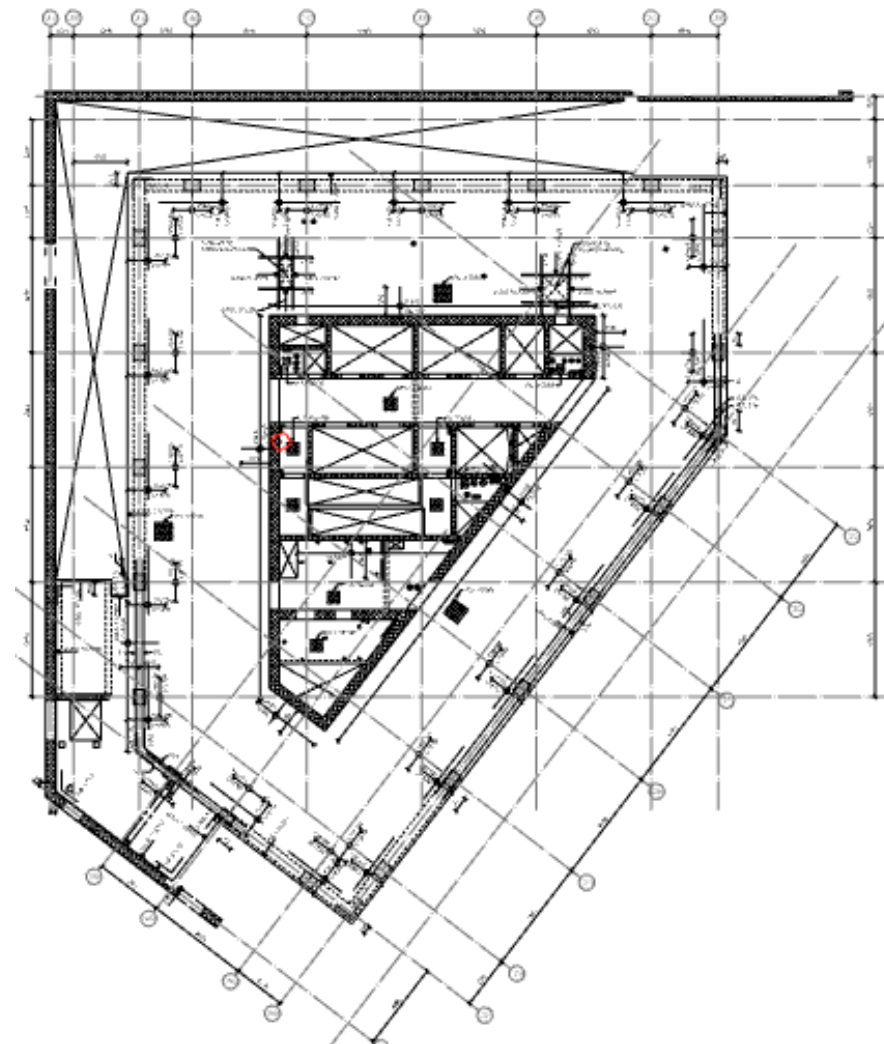
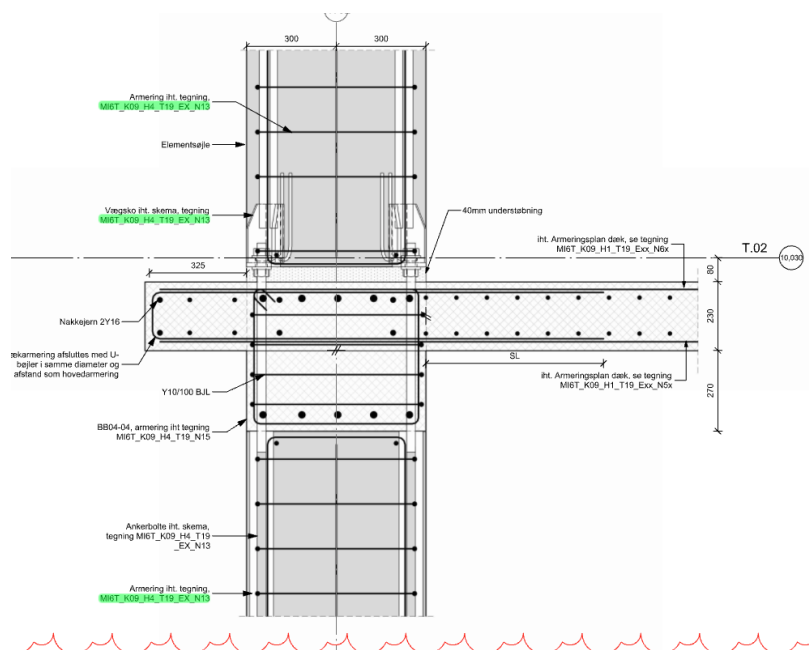
- Søjler generelt leveret dobbelthøje
- Søjler i basen: 800x600 mm, beton C60/75
- Søjler i stak 1: 550x550 mm, beton C80/95, C70/85, C60/75
- Søjler i stak 2: 550x550 mm, beton C50/60
- Søjler i stak 3: 450x450 mm, beton C50/60
- Søjlesko + ankerbolte, Peikko Copra + Bolda



Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Etagedæk, slap armeret:

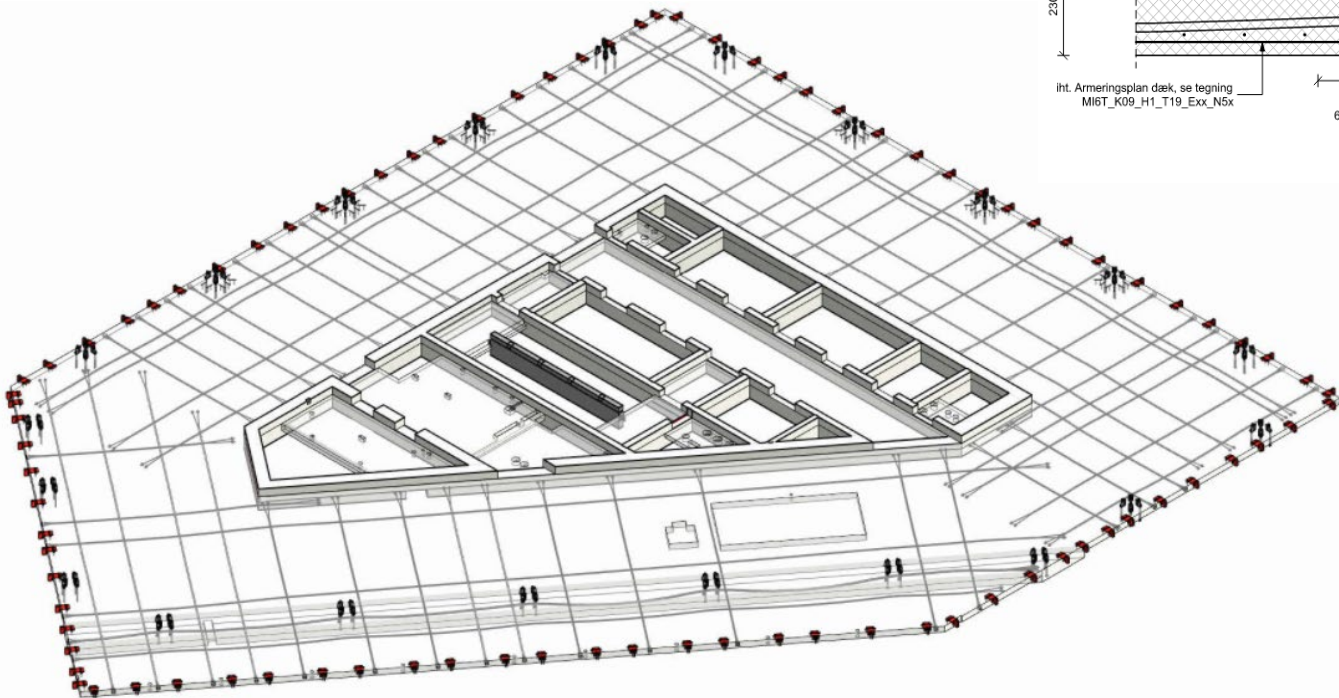
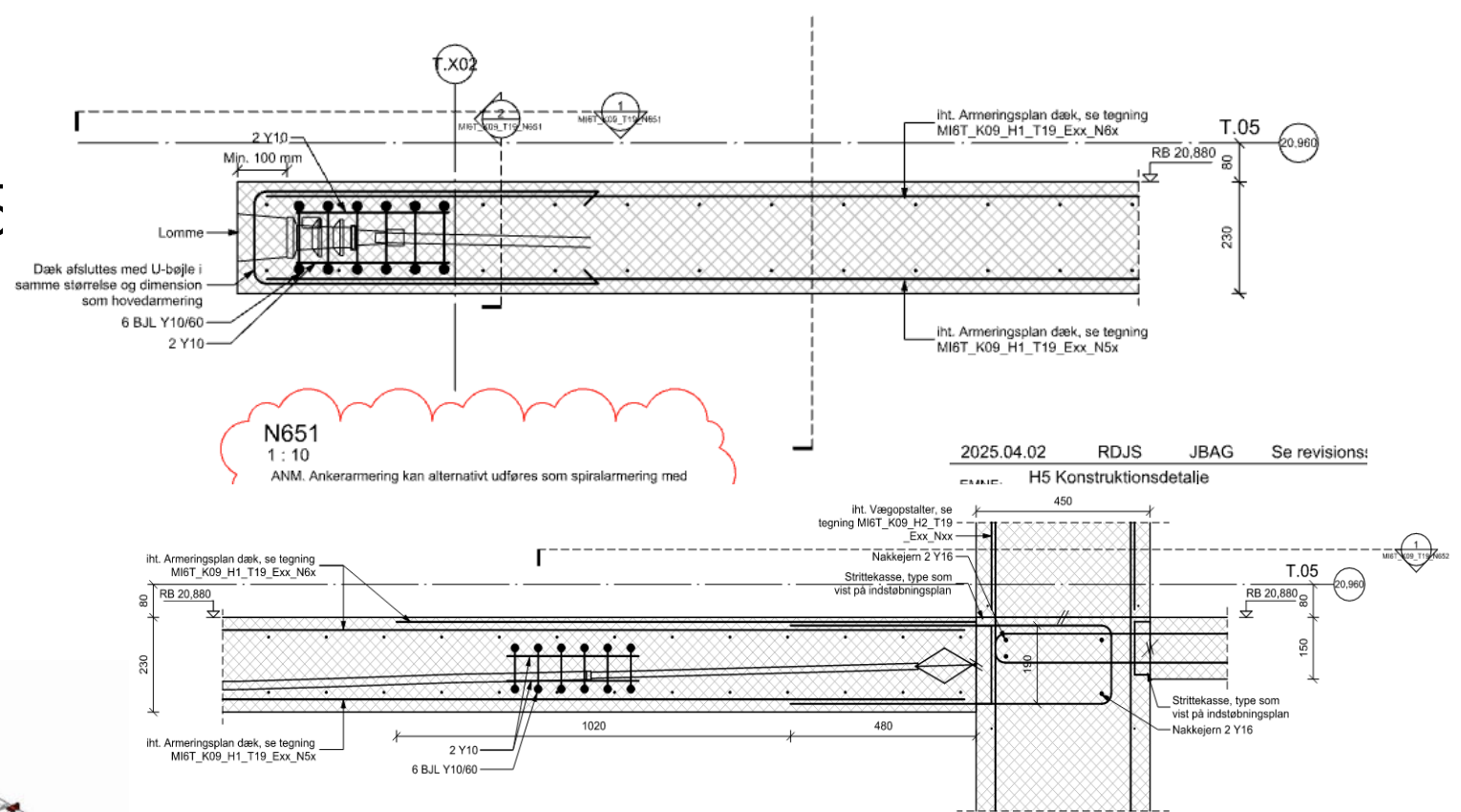
- Dæktykkelse generelt 230 mm
- Nedstiksbjælker langs kanter i nødvendigt omfang
- Beton C45/55



Mindet 6 – Dansk Betondag 2025

Etagedæk med spændarmering:

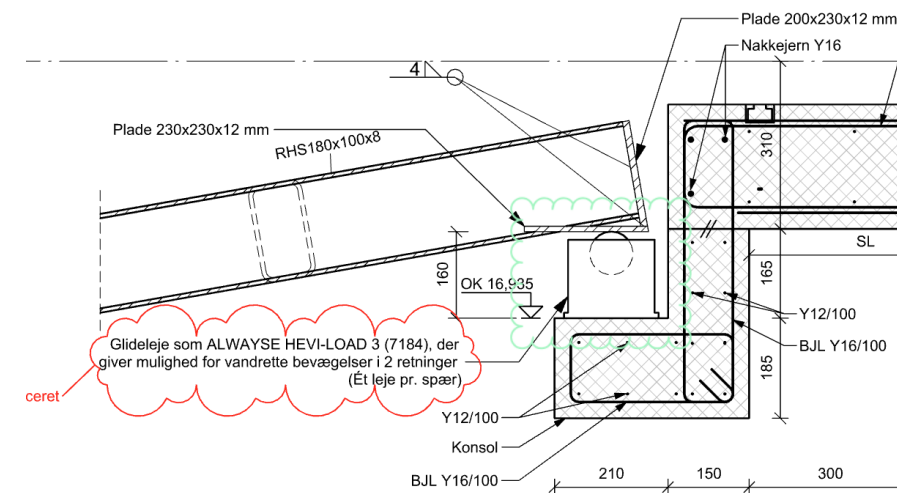
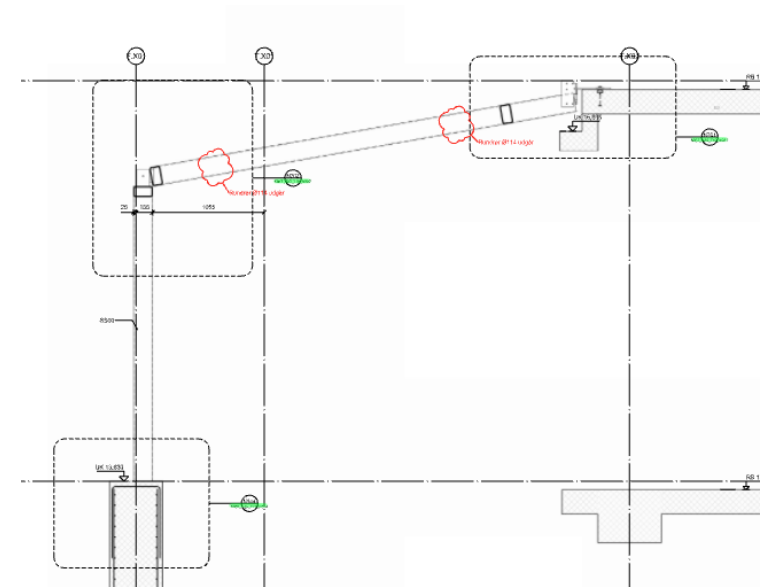
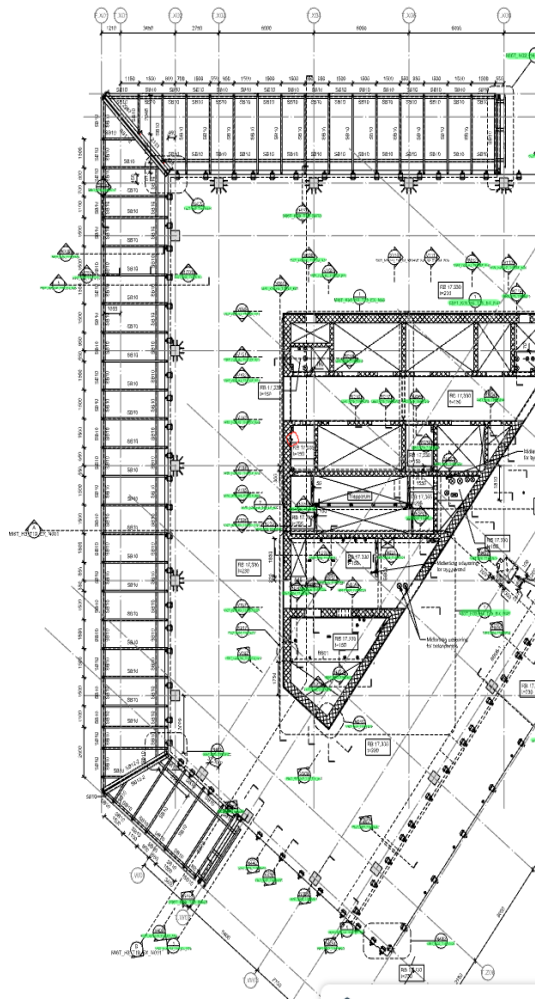
- Efterspændt i 2 niveauer
- Dæktykkelse 230 mm
- Beton C55/67



Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Stålkonstruktioner, panoptisk rum:

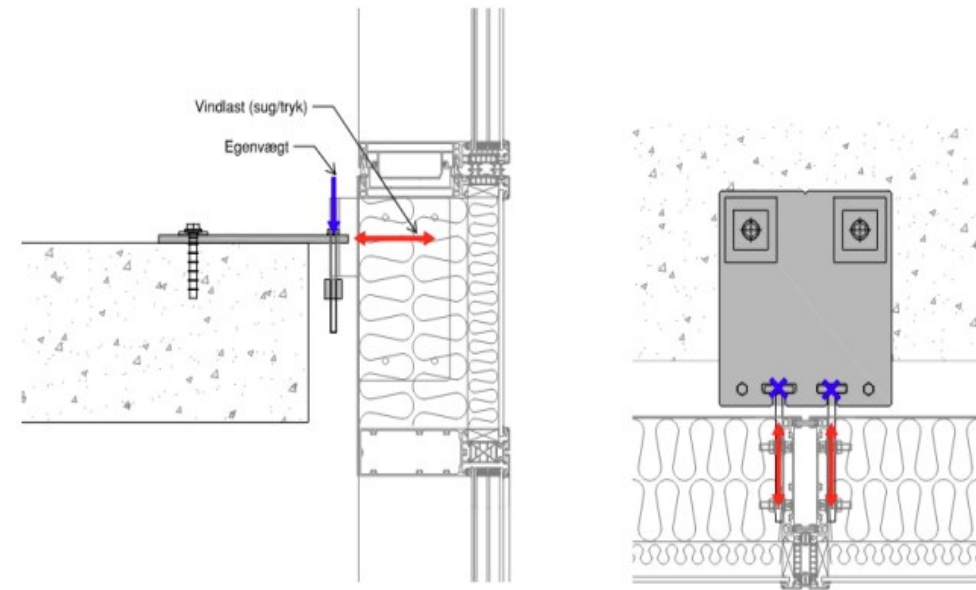
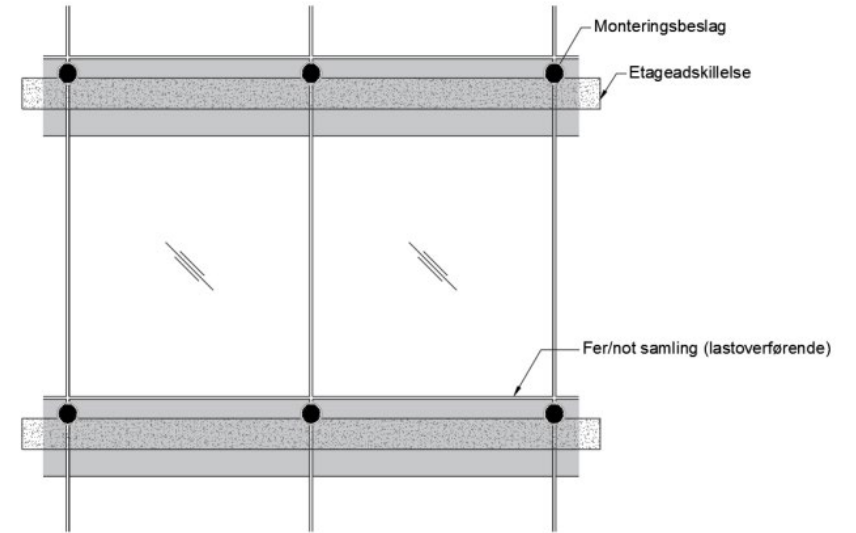
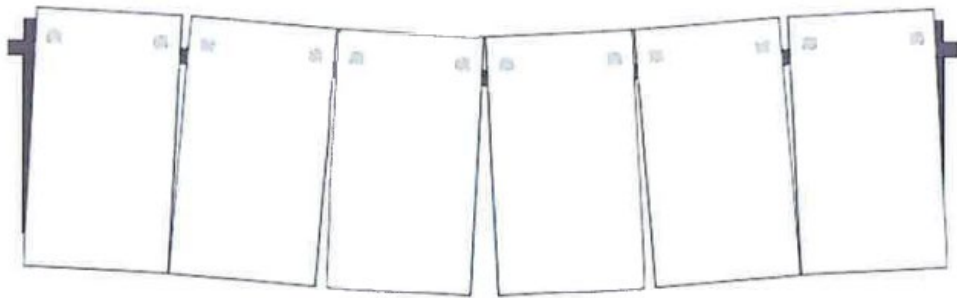
- Stålrammer af RHS-profiler
- Understøttet på TGW samt tårnet
- Bevægelser optages på glidelejer i tårnet.



Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Facader:

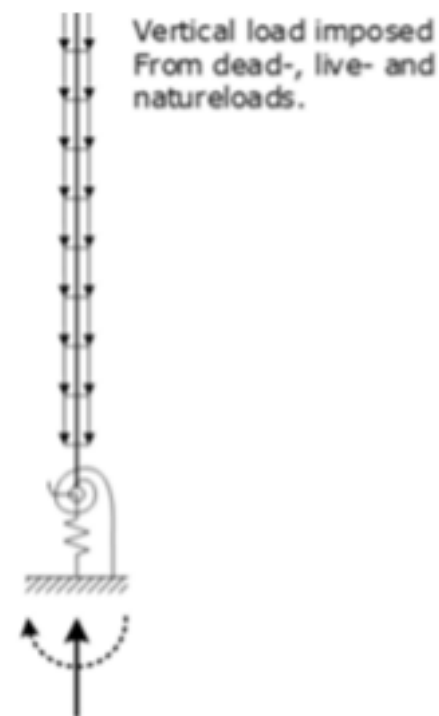
- Ophængt facade.
- Hansen UnitAl facadelementsysteem
- Facadesystemet skal kunne optage en bevægelse på +/- 15mm



Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Statisk hovedsystem – lodret lastnedføring

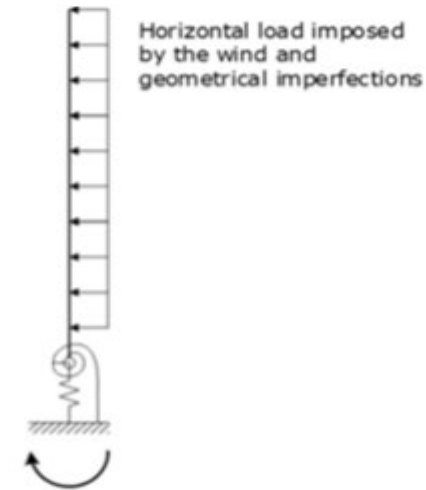
- Lodrette laster, der virker på etagedæk og trapper, føres direkte til kernevægge og facadesøjler.
- Fra kerne- og facadesøjlerne via boksvæggene overføres den lodrette last direkte til bundpladen og derfra videre til pælene.



Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Statisk hovedsystem – vandret lastnedføring

- Vandrette laster fra vindlast og geometriske imperfektioner overføres via skivevirkning til kernevæggene.
- Fra kernevæggen overføres det ved bøjning og forskydning til fundamentet, dvs. bjælken, og videre til pælene ved forskydning.
- Fra kerne- og facadesøjlerne via boksvæggene overføres den lodrette last direkte til bundpladen og derfra videre til pælene.
- Sammenfattende fungerer hele systemet som en udkraget bjælke understøttet af en fjederstøtte, som illustreret på figuren. Den vandrette kraft på fundamentet vil blive optaget i niveau med bundplade og pæle, som overføres til jorden.



b) Horizontal load-resisting system

Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Beregningsværktøjer mv.

- Vandrette laster fra vind, beregnet via vindtunnelforsøg fra Svend Ole Hansen
- Vandrette og lodrette laster med tilhørende spændingsplot beregnes vha. ETABS-model
- Design af vægge udføres vha. RamCON.
- Efterspændte vægge beregnes vha. RAMConcept
- Pæle beregnes vha. Plaxis.

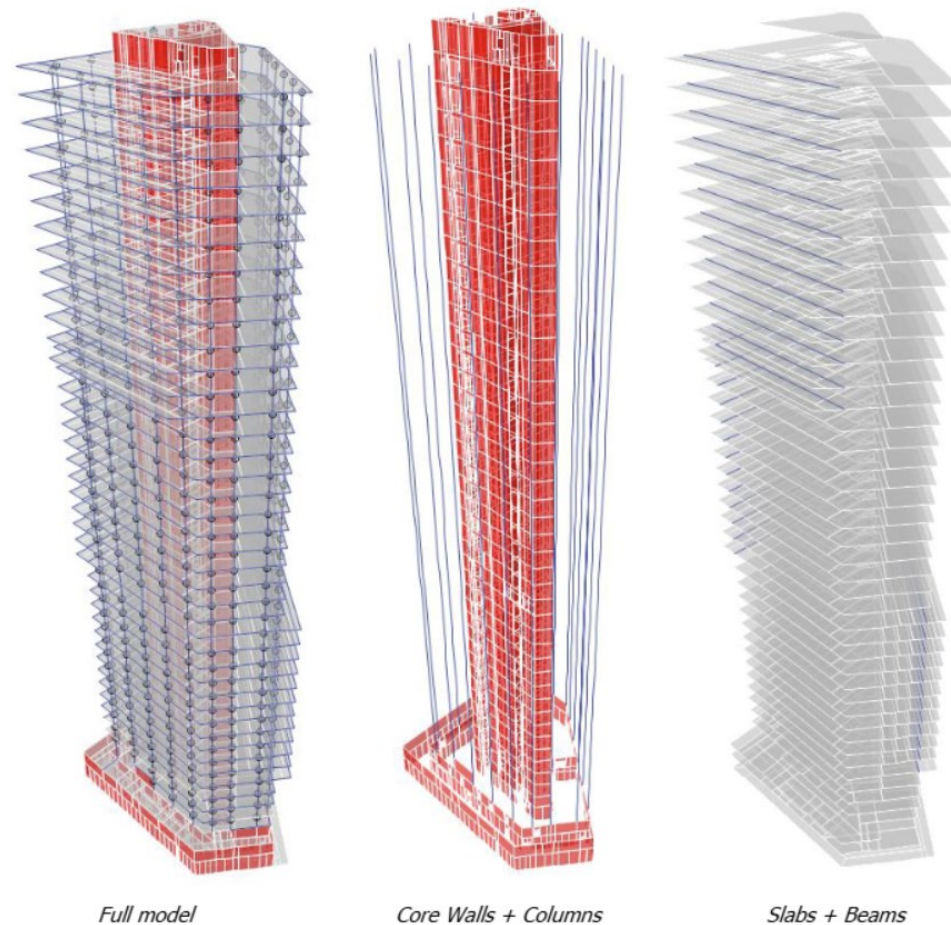
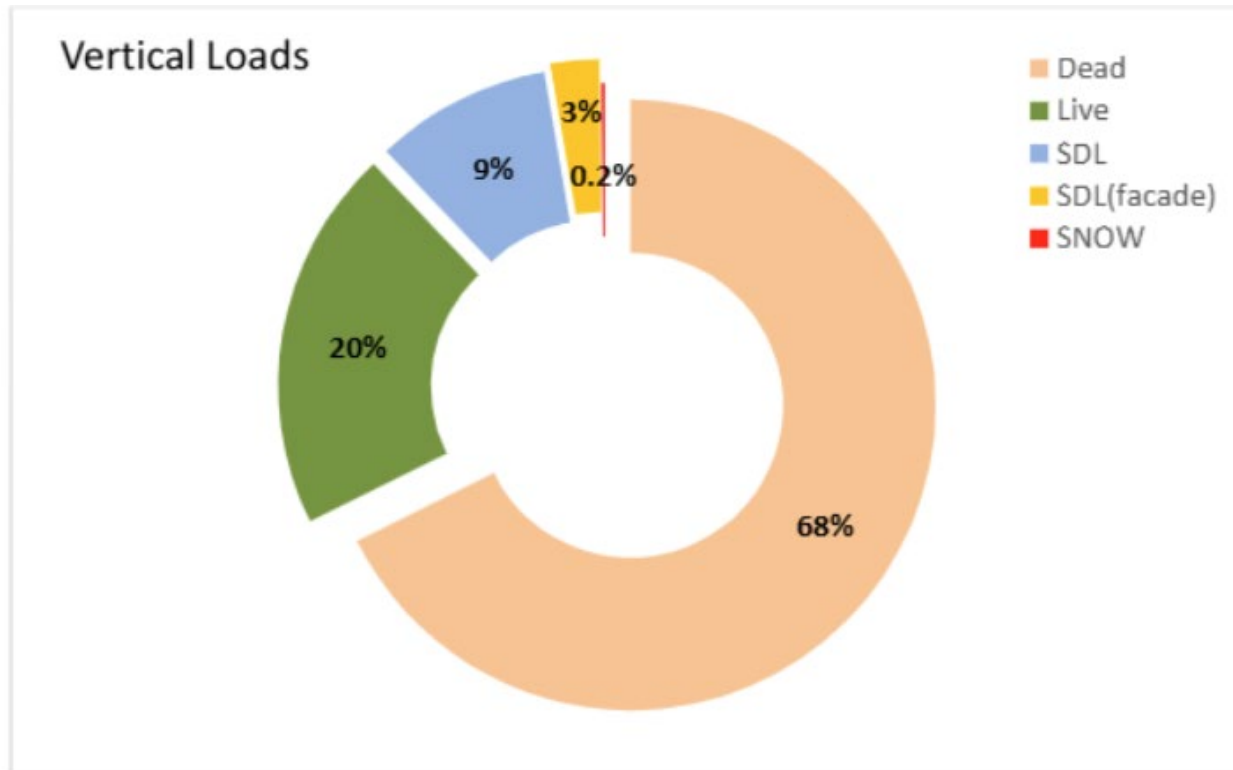
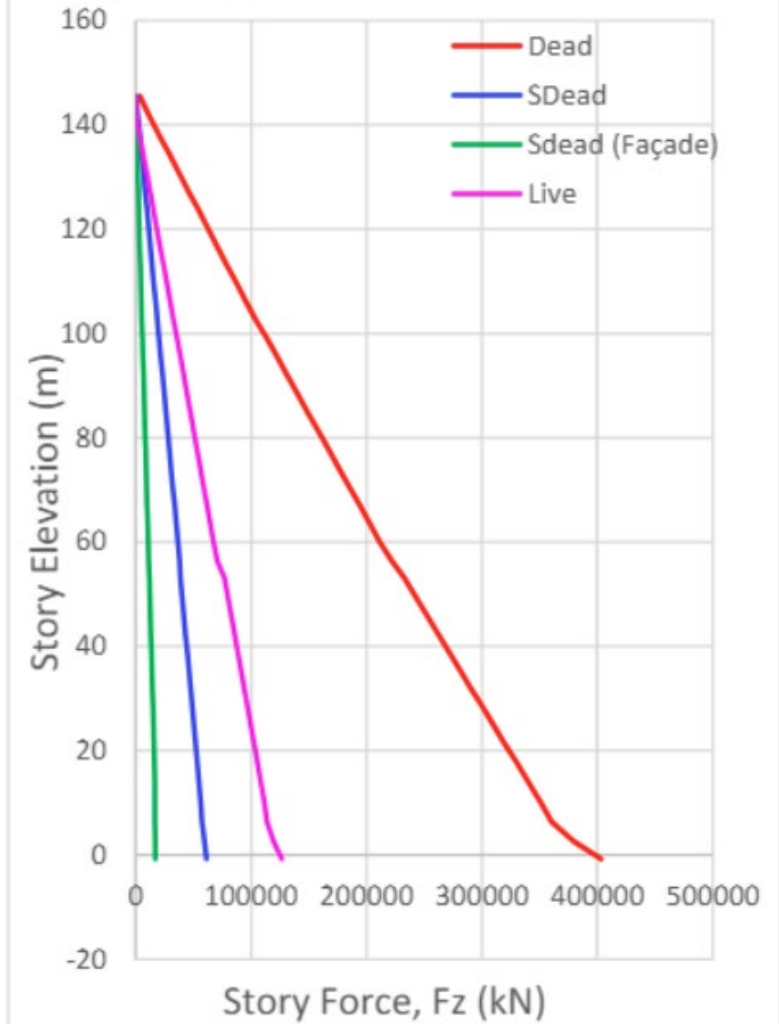


Figure 14 – 3D view of structural elements in ETABS

Output – fordeling af lodret last

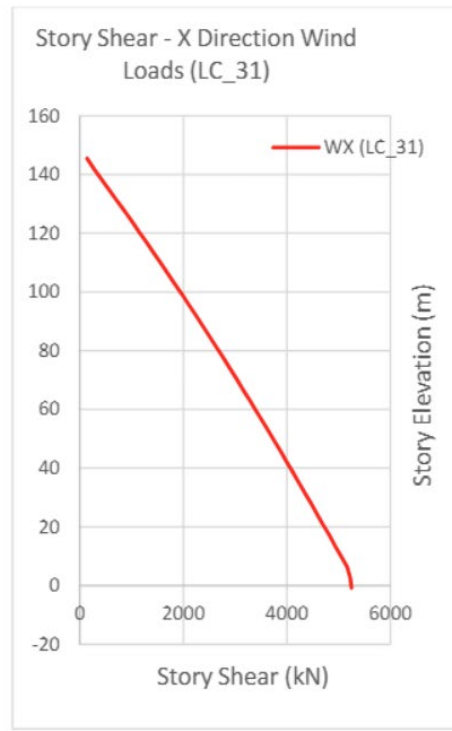


Story force plot - Dead + Live Loads

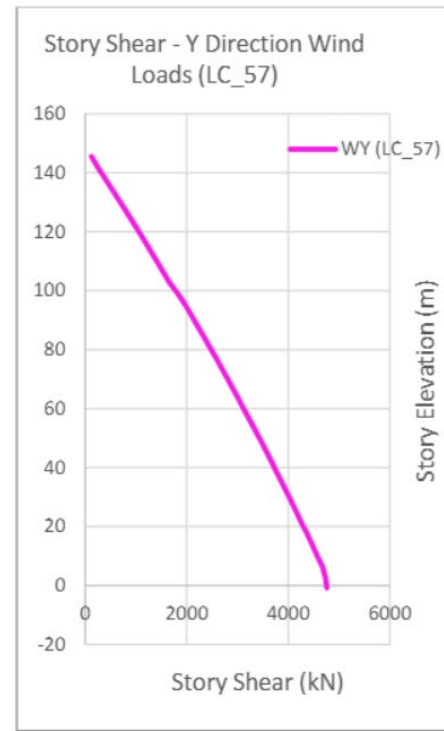


Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Output – vandret last

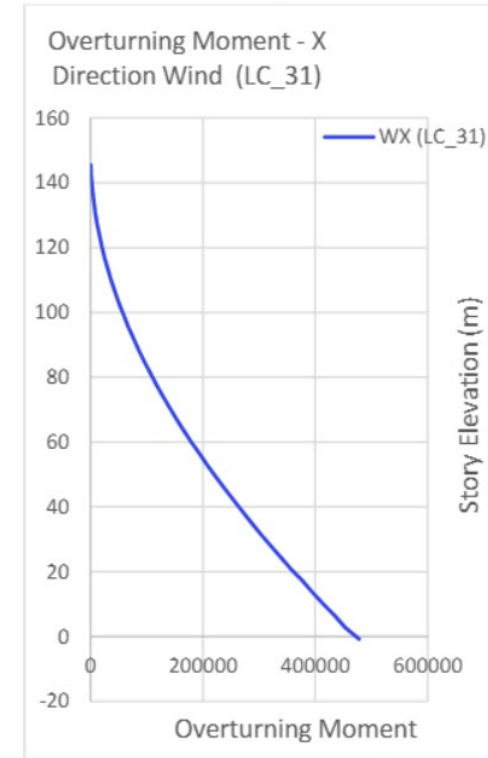


a) X-Direction Story Shear



b) Y-Direction Story Shear

Figure 40 – Story Shears for Wind Loads



a) X-Direction Story Shear



b) Y-Direction Story Shear

Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Output – vandret udbøjning

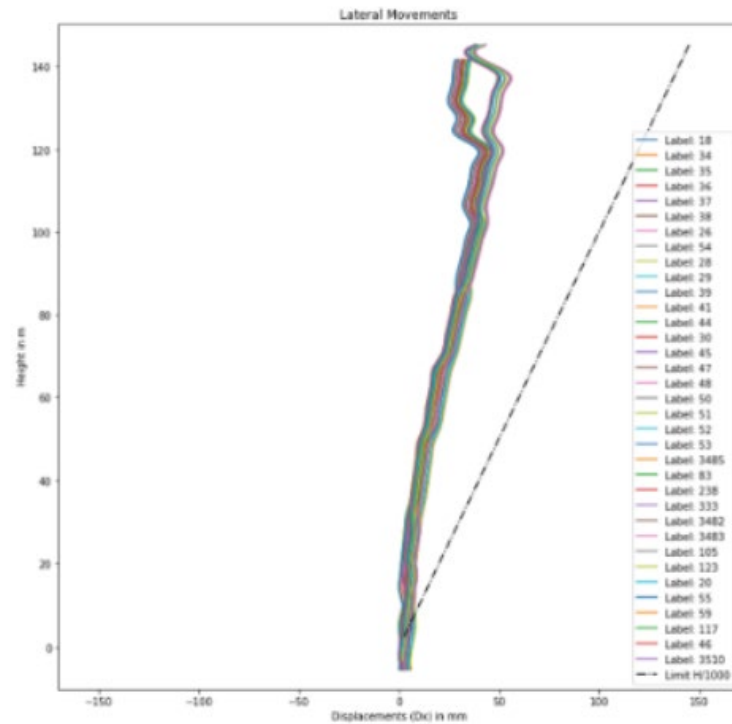


Figure 5.4 – Comparison of Displacement in the X Direction with Cl. 4.1.2 of ACI117-10

Long term displacements in the Y direction are shown in Figure 5.5.

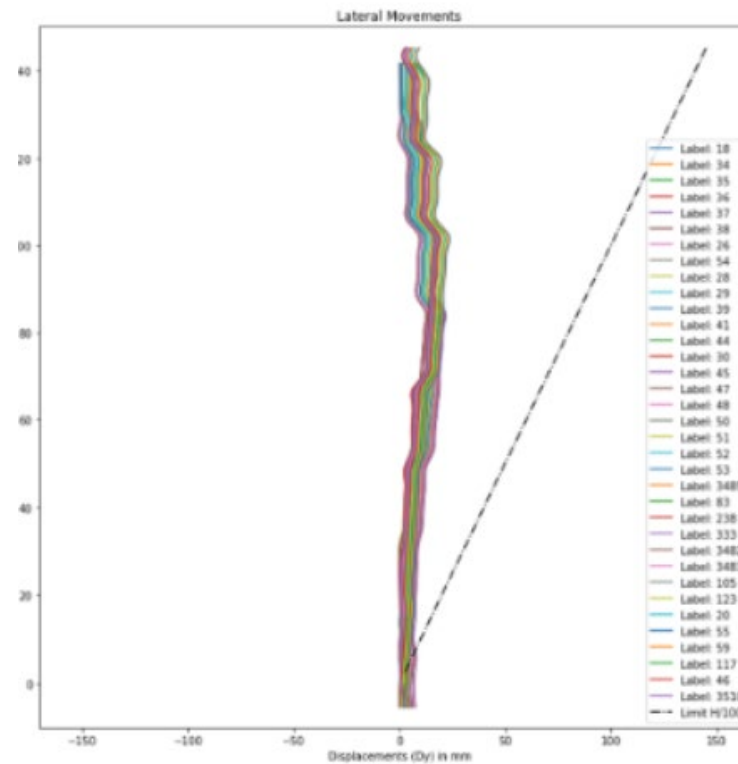


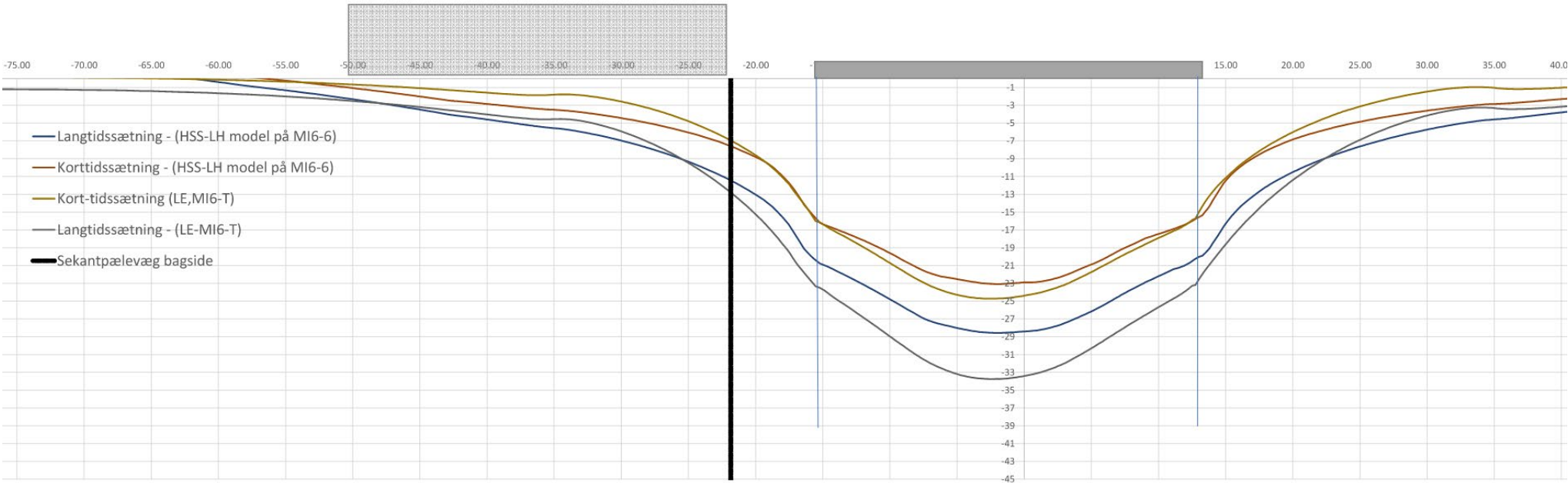
Figure 5.5 – Comparison of Displacement in the Y Direction with Cl. 4.1.2 of ACI117-10

Displacements	Absolute Max Value (mm)
U _x	55.6
U _y	23.3

Output – sætninger

Lodrette mersætninger per lastforøgelse	TGW - Vest		Rambøll Boksvæg bærelinje - Vest		Sammenbygning Estimeret difference		TGW - Nord		Rambøll Boksvæg Bærelinje - Nord		Sammenbygning Estimeret difference	
	min. mm	max. mm	min. mm	maks. mm	min. mm	max. mm	min. mm	max. mm			min. mm	max. Mm
1. Etablering af TGW	1	1,1	0	0	-	-	0,5	1,1	-	-	-	-
2. Etablering af kældere og 3.sal (ca. 12 % Egenvægt)	0,2	0,2	1	2	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-
3. Etablering af kældere og tårn (ca. 100 % Egenvægt)	12	12	15	20	3	8	10	12	15,4	21,2	5,4	9,2
4. Etablering af Tagterrasser	0,8	1,1	1	1	0,2	0,2	0,5	1	0,3	0,8		
5. Konsolidering 50 år	15,7	16,1	15	16	-0,7	0,3	15,9	16,1	15,4	16,1		
	29,7	30,5	32	39	2,3	8,5	27,1	30,4	31,3	38,3	4,2	7,9

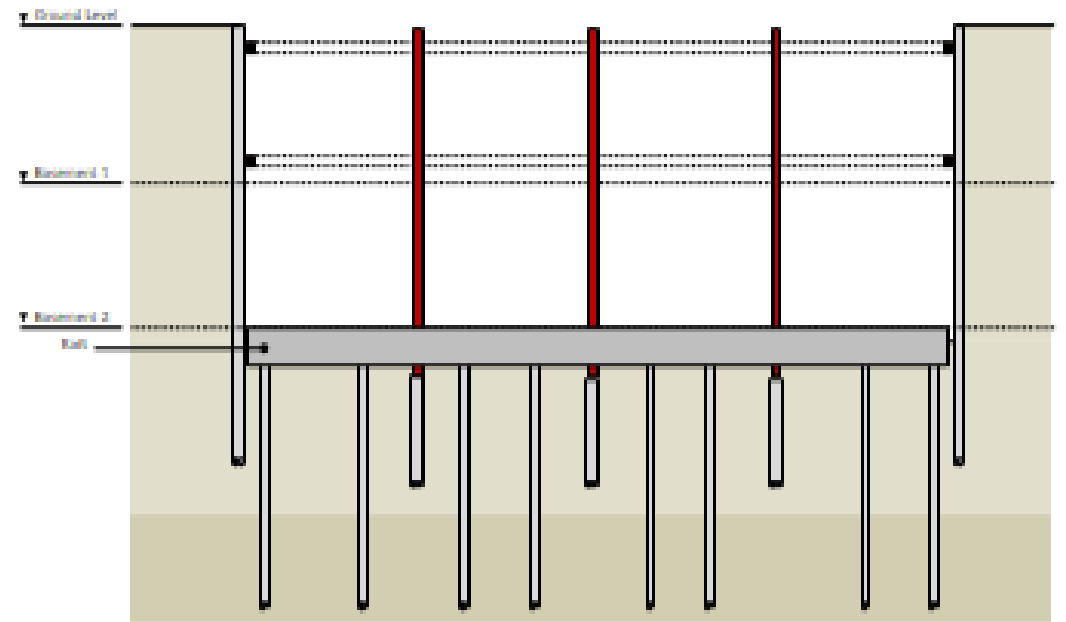
Rambøll	5-10mm
Rambøll + sikkerhed	10-20mm



Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Udførelse – etablering byggegrube, pæle og bundplade.

- Sekantpæle etableres om hele byggegruben.
- Der graves ned for etablering af jordankre på sekantpælene i 3 ankerniveauer.
- Når jordankre er etableret opfyldes til ca. 1 meter under terræn, så borerig kan køre ind på site.
- Borede pæle etableres
- Efterfølgende udgraves byggegruben til underside af bundplade og pælene afskæres.
- Der iboreres klæbeankre til armering af støbeskel mellem pæle og bundplade.
- Bundplade armeres og udstøbes.



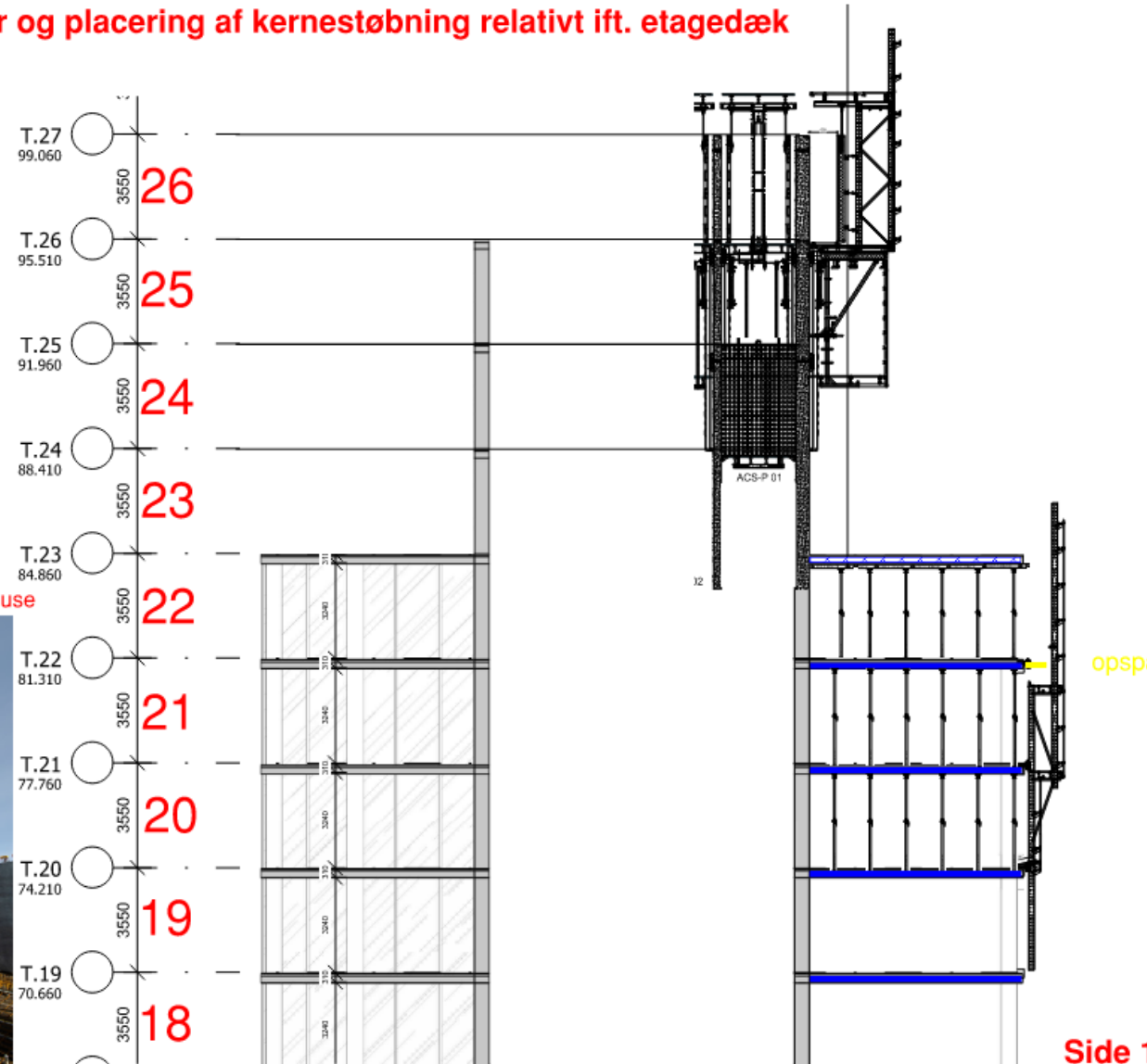
Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Udførelse af betonkerne

- Betonkernen støbes vha. jumpform eller klatreforskalling.
- Foruden forskallinger består jumpformen også af vindskærme.
- Øverst udstøbes ydre kernevæg samt indre øst/vest kernevægge
- I næste lag udstøbes nord/syd indre kernevægge. Vægsamlinger til eksisterende vægge vha. strittekasser
- I nederste lag udstøbes etagedæk
- Montage af facadesøjler indpasse dette.
- Gentagelse af processen med 8 arbejdsdage cyklus
- Montage af facader følger efter 3 etager længere ned med samme cyklus

Jumpform - Laster og placering af kernestøbning relativt ift. etagedæk (OBS - flere sider)

Inspirationsbillede fra Lighthouse



Mindet 6 - Dansk Betondag 2025

Udførelse – armering af kerne vægge

- For at minimere armeringsarbejdet i selve tårnet, armeres de enkelte kernevægge i terræn vha. template og hejses op vha. et åg.
- Dvs. der efter montage af vægarmering i tårnet ”kun” udestår etablering af sammenhængsarmering mellem de enkelte vægge

