

Aarhus School of Architecture // Design School Kolding // Royal Danish Academy

Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur

Leimand, Nini; Scheuer, Pernille

Publication date:
2022

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Leimand, N., & Scheuer, P. (2022). *Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur: Betonelementer.*

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

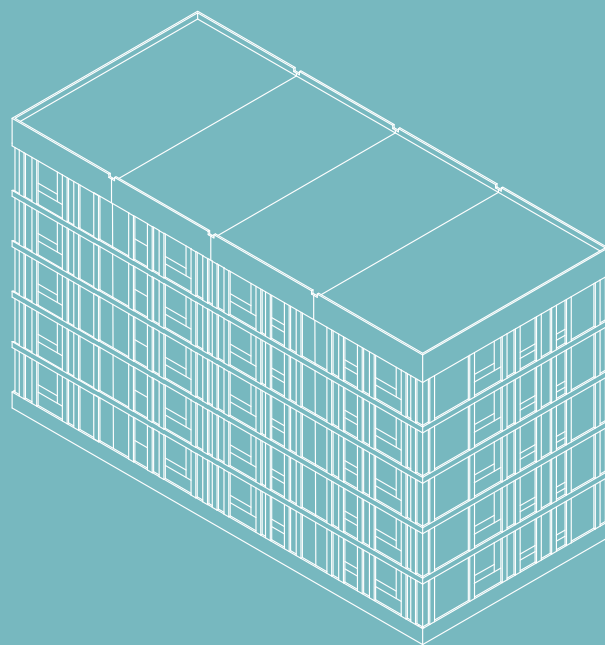
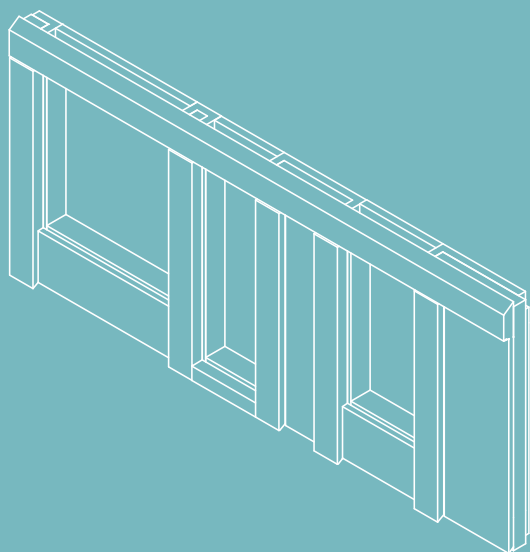
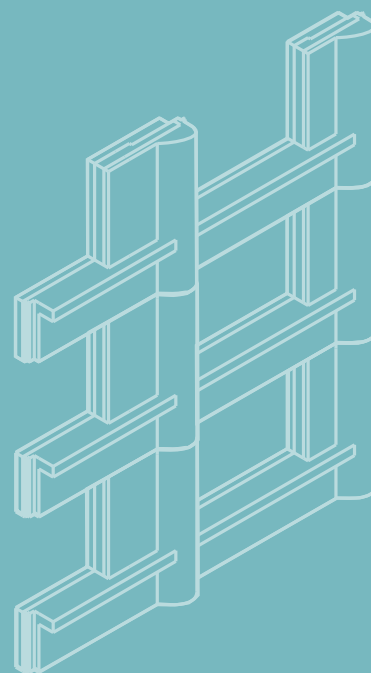
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur

Betonelement



Cinark

Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur
Betonelementer

Udgivet med støtte fra
Dreyers Fond

Billedmateriale udlånt af Kim Utzon Arkitekter
Fotograf: Torben Eskerod

Redaktion
Nini Leimand
Pernille Scheuer

Grafisk design
Pernille Scheuer

ISBN 978-87-7830-886-3

Det Kongelige Akademi 2022



dreyersfond

Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur

Forord

Dette hæfte udgør et af kapitlerne i en kommende håndbog med titlen *Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur* udarbejdet på Center for Industriel Arkitektur CINARK på Det Kongelige Akademi. Arbejdet tager afsæt i en voksende interesse hos studerende og praktiserende arkitekter, konstruktører og ingeniører for en tydeligt formidlet viden om anvendt byggeteknik når den er bedst!

Projektet tager over, hvor vidensportalen 'Danske Bygningsmodeller' stopper. Vidensportalen indeholder digitale 3D-modeller af udvalgte knudepunktsdetaljer fra etageejendomme fra perioden 1850-2000. Her skildres med udgangspunkt i 5 typiske etageejendomme den teknologiske udvikling fra udfyldningsmurværk i bindingsværskonstruktioner, massivt murede ydervægge og betontrappekerne som udfaser bagtrappen, hule ydermure med faste bindere, til betondæk og betonelementer.

Frem for en udviklingshistorisk vinkel, udpeges der i nærværende og kommende hæfter forbilledlige og distinkte byggeteknikker udtrykt i hver sin boligetageejendom. Bygningstypologier/principper der er baseret på eksisterende bygninger men søgt neutraliseret som netop typer. De udfoldes i kraft af fotografi og tegning, hvor den aksonometriske tegning er gennemgående, Den er metrisk bestemt, men samtidig rumligt forståelig som en anatomisk tegning. Herudover er hæfterne rigt illustreret med arkitekturfotografier af både materialer, detaljer samt projekter under opførelse.

Kongstanken er at typerne er arkitektonisk bæredygtige! Det er slet og ret eksempler på velbyggede løsninger. Der er en tektonisk strøm der manifesterer sig i bygningens udtryk. Det er typologier/principper der kan siges at have en forædlet generalitet. I overensstemmelse med de 5 danske bygningssmodeller 1850-2000, består disse nutidige typer også af en 4-5 etagers rektangulær bygningskrop med fire hjørner og en central trappeopgang. Hver type udfoldes yderligere af en række tekster direkte rettet mod den specifikke byggeteknik eller de pågældende materialer.

Den legendariske 'Byggebog' fra 1950erne, som arkitekt/professor ved Kunstakademiets Byggetekniske afdeling Poul Kjærgaard i sin tid var ophavsmand bag, har været et uundværligt opslagsværk for datidens arkitekter og arkitektstuderende, når der skulle søges viden om byggetekniske løsninger i forbindelse med en byggeproces. 'Bygebogen' var et første forsøg på at akademisere byggeriets erfaringer og den viden som lå indlejret i datidens gængse byggeskik. Ligeledes var det en samlet oversigt over både traditionelle byggetekniker såvel som nye byggetekniker, der var under udvikling i en begyndende industrialisering af byggeriets processer og produkter. Denne omfattende, illustrerede sammenfatning af den håndværkeruddannedes, ingeniørens og arkitektens erfaringer, kunnen og viden om byggeriets problemer og muligheder dannede solidt grundlag for en lang række af den tids arkitekters fornemme virke.

I dag opnås meget af den viden, som arkitekter og arkitektstuderende opsøger, gennem digitale platforme og det vil derfor umiddelbart være nærliggende, udelukkende at ty til digitale opslagsværker. Fordelen ved den digitale platform er, at viden er tilgængelig og i umiddelbar nærhed af arbejdspladsen. Ulempen er imidlertid, at udbuddet af materialer og byggetekniske løsninger i dag er uoverskueligt stort. Detaljeløsninger bliver i mange tilfælde kun repræsenteret på producenternes egne hjemmesider, så selv erfarne brugere af digitale brugerflader kommer til kort, når det gælder om opsøgning af en samlet oversigt over korrekte og, ikke mindst, bæredygtige anvisninger, der er begrundet i en bygningskulturelt valg. Nutidens krav til blandt andet energireducerende løsninger, tilgængelighed, regnvandshåndtering i forbindelse med bygninger og en øget opmærksomhed rettet mod begrænsede materialeressourcer kalder ligeledes på behovet for et fornyet blik på det byggeteknologiske felt.

På sigt er det ambitionen at bogen vil kunne udbygges med nye kapitler og dermed udkomme i opdaterede oplag, f.eks. med analyser af byggeteknikernes evne til at blive ombygget (cirkulær økonomi). Det er håbet at bogudgivelsen vil blive de studerendes tro følgesvend gennem studiet og videre ud i faget samt at materialet vil bidrage til uddannelsen af rådgivere inden for byggeriet med langt større teknologisk indsigt. Succeskriteriet vil være, at opslagsværket bliver brugt ved tegnebordene på studierne og i praksis, for dermed at bidrage til den byggede kvalitet samt bidrage til en bæredygtig og karakterfuld arkitektur.

Styregruppe (Lektor Nini Leimand, Professor Anne Beim) Grafisk opsætning samt produktion af tegninger og illustrationer (Pernille Scheuer og Stine Henckel Schultz)

Beton Sandwichelement

Sandwichelementer består af en bagvæg og en forplade i armeret beton og der imellem et lag isolering. Forpladen kan udføres med et væld af forskellige betonoverflader eller andre indstøbte materialer så som mursten eller klinker. Sandwichelementerne leveres som helvægselementer, én eller to etager høje eller som plankeelementer. Boligfacadeelementer leveres typisk med en max. elementbredde på 7,0 meter for elementhøjde mellem 3,0 og 3,5 meter (inkl. udragende armering). Max. elementbredde ca. 8,4 meter for elementhøjde under 3,0 meter.

Forpladen udgør den udvendige klimaskærm. Standardtykkelser på betonforplader er 70 mm, men afhænger af elementhøjde og eventuel profilering. Forpladen skal sikres fri bevægelighed for de forekommende temperatur- og svindbevægelser og må derfor ikke understøttes. Tykkelse øges, hvis forpladen er forsynet med friser og noter til min. = frisedybde/notdybde + 55 mm.

Bagpladen er den indvendige bærende del. Tykkelsen er variabel og afhænger blandt andet af belastningssituationen, men standardtykkelsen er ml. 150 – 180 mm. Ved gavle er sandwichelementets bagplade bærende, da dækkene hviler af på denne. Men generelt bærer bagpladen udelukkende den tyndere forplade. Til isolering anvendes enten mineraluld, polystyrol eller PIR isolering. Standardtykkelserne er 50, 75, 100, 125, 150 og 200 mm.

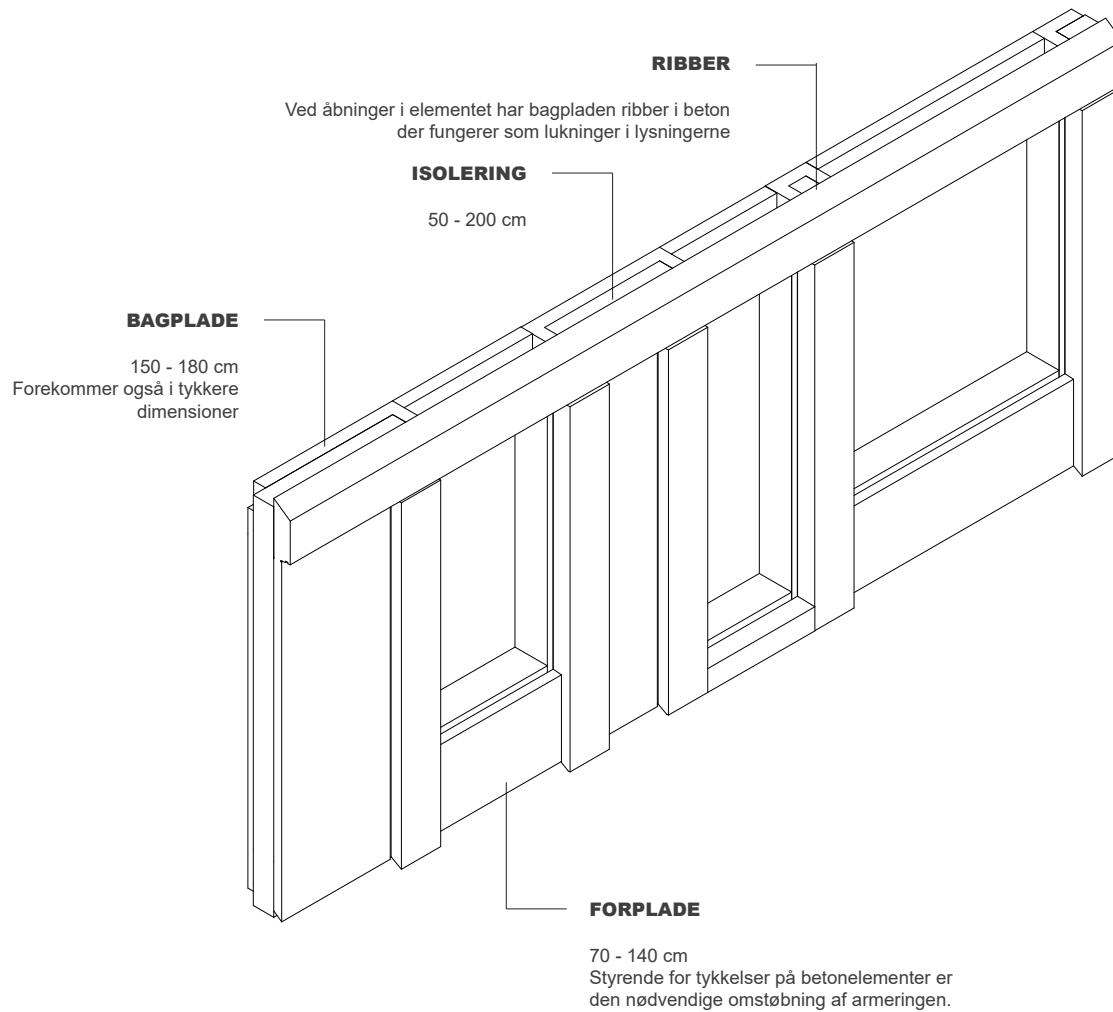
Sandwichelementer udføres typisk i følgende standarddimensioner: 300, 330, 360, 390, 420, 450 og 480 mm, afhængig af forpladen, isoleringen og bagpladens tykkelser.

Sandwichelementer støbes i to omgange. Først støbes forpladen i bunden af formen med en beton beregnet til at modstå vejrliget. Når denne beton er vibreret lægges isoleringen oven på forpladebetonen, hvorefter bagvæggens armering placeres ovenpå isoleringen. For at sikre forpladens fastholdelse i det færdige element er der særlige, rustfrie stålforbindelser indstøbt i forpladen som isoleringen

skæres til omkring så forpladens armering kan forbindes til bagvæggens armering. Endelig støbes bagvæggen som det øverste lag i formen.

For at sikre det korrekte dæklag mellem en forside og de yderste armeringsstænger anvendes særlige afstandsklodser, der effektivt sikrer at armeringen ligger fast under den senere udstøbning. De forskellige armeringsdele i formen bindes eller svejdes sammen i krydsningspunkterne mellem armeringsstængerne. Indstøbningsdele til el-installationer, løftebøjler og andre beslag fastgøres til formsiderne eller armeringen inden udstøbning. Afhængigt af overfladekrav glittes eller filtses op siden i vandret støbte elementer.

SANDWICH-ELEMENT I BETON



Kanalhusene

Sandwichelement

I dette etagebyggeri i beton er råhus og facader udført i betonelementer. Etageboligbyggerier udført i betonelementer er meget udbredt i Danmark. Siden 'Montagecirkulæret' (1960) hvor man fra statens side ønskede at fremme det industrielle byggeri med henblik på hurtigt og effektivt at skaffe boliger. Det skabte basis for en meget konkurrencedygtig betonelementindustri i Danmark.

I denne skivekonstruktion og tværvægs-løsning (type A) udføres råhuskonstruktion lejlighedsskel og andre primære vægge, der står på tværs af facaden, som betonelementvægge. Disse vægge bærer etageadskillelserne. Bygningens afstivning sikres af langsgående vægge ved trappeskakte. Øvrige skillevægge udføres normalt som lette skillevægge opbygget i porebeton eller af regler beklædt med plader. Tværvægs-løsningen er et meget anvendt byggesystem i både tæt/lavt byggeri og etageejendomme eftersom flere af betonelementernes egenskaber udnyttes samtidig: god stabilitet og bæreevne, god lydisolierende virkning, god brandadskillende virkning. Men man kan diskutere rimeligheden i at udføre ikke bærende facader af beton, eftersom trykstyrken netop er betonens primære force og cement som hovedbestanddel har et højt CO₂ aftryk.

Etageadskillelserne udføres generelt af huldæksel-elementer der spænder på langs af bygningen mellem de bærende vægge. Typiske spændvidder er 3-8m og standardbredde er 1,2m.

Sandwichelementer støbes i to omgange. Først støbes forpladen i bunden af formen med en beton beregnet til at modstå vejrliget. Når denne beton er vibreret lægges isoleringen oven på forpladebetonen, hvorefter bagvæggens armering placeres oven på isoleringen. For at sikre forpladens fastholdelse i det færdige element er særlige, rustfrie stålforbindelser indstøbt i forpladen som isoleringen skæres til omkring så armeringen kan forbindes til bagvæggens armering. Endelig støbes bagvæggen som det øverste lag i formen. Specielt til sandwichelementer, hvor forpladen støbes ned mod formbunden, placeres ofte særlige profiler eller profilplader i bunden af formen. Dermed opnåes

rige muligheder for at strukturere og forme den udvendige side af elementet, svarende til de arkitektoniske ønsker. Kantafgrænsninger og udsparringskasser laves med forskellige profiler. Derved kan dannes de ønskede fugelåse i elementrande, smig eller rundinger i vindueskarme, affasninger af kanter og andre detaljer. Der er tradition for at lave affasede kanter men skarpe kanter uden brug af trekantelister i formen, er bestemt også muligt. For at sikre det korrekte dæklag mellem en forside og de yderste armeringsstænger anvendes særlige afstandsklodser, der effektivt sikrer at armeringen ligger fast under den senere udstøbning.

De forskellige armeringsdele i formen bindes eller svejses sammen i krydsningspunkterne mellem armeringsstængerne. Indstøbningsdele til el-installationer, løftebøjler og andre beslag fastgøres til formsiderne eller armeringen inden udstøbning. Afhængigt af overfladekrav glittes eller filttes op siden i vandret støbte elementer. De færdige elementer lagres normalt udendørs på fabrikkens lagerplads, indtil de videresendes til byggepladsen. Lagringen betyder at elementerne før transport vinder yderligere styrke, så risikoen for transportskader formindskes. Ved lagring opnås desuden at betonens svind når at klinge ud før endelig indbygning. Det kraftigste svind sker i de første døgn efter støbningen. Modsat pladsstøbt beton hvor svindbevægelsen træder frem i den færdige konstruktion, bliver svindbevægelserne i et elementbyggeri således stærkt reduceret takket være den forudgående lagring.

Sandwichelementer udføres typisk i følgende standarddimensioner: 300, 330, 360, 390, 420, 450 og 480 mm, afhængig af forpladen, isoleringen og bagpladen.

Kanahusene, Kim Utzon Arkitekter 2008

Adresse: Gyngemose Parkvej, Søborg

Bygherre: Sjælsø Gruppen

Bruttoareal: 8.000 m²

Færdig til indflytning; jan 2008

Arkitekt: Kim Utzon Arkitekter

Ingeniør: Midtconsult a/s

Udførende: KPC a/s

Entrepriseform: Totalentreprise

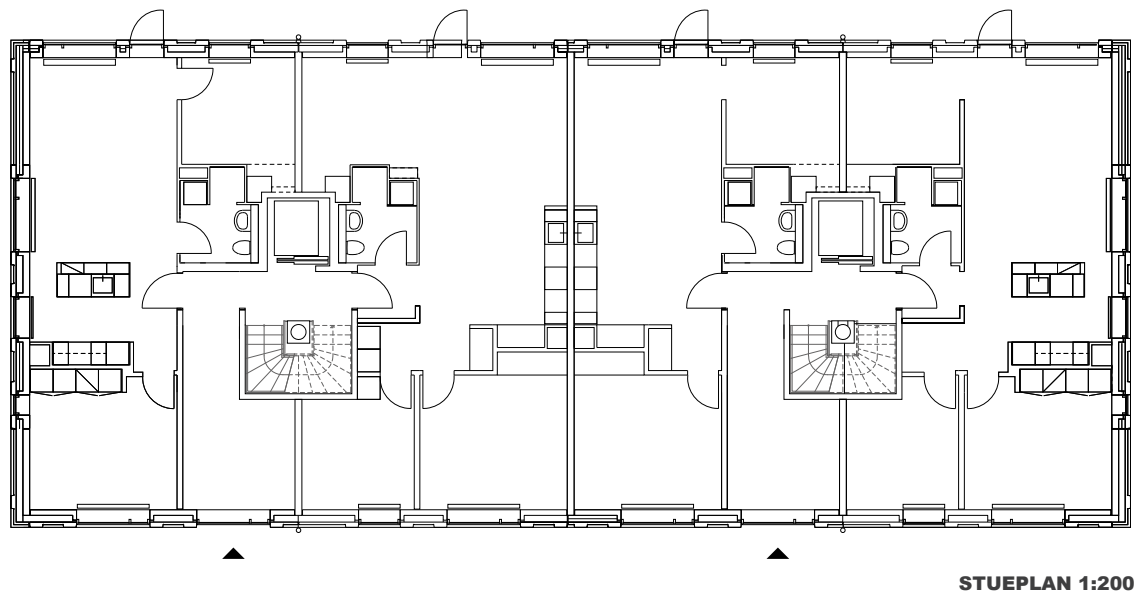
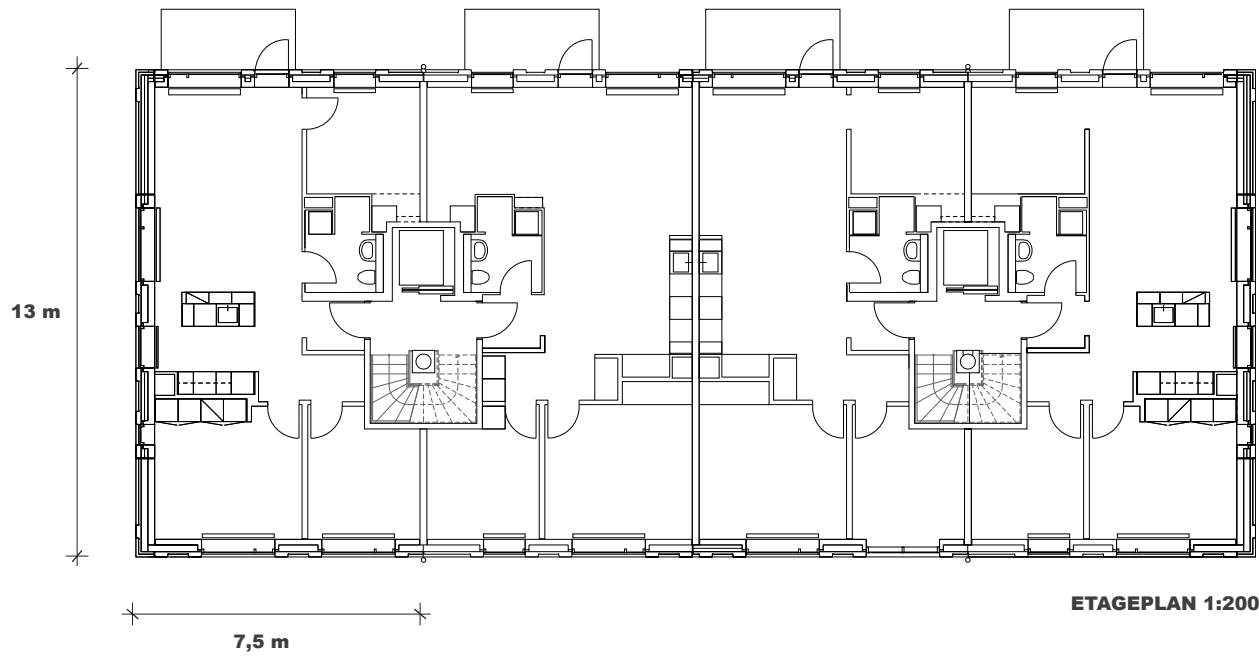
Litteratur

Henrik Nissen, Montagebyggeri (1984)

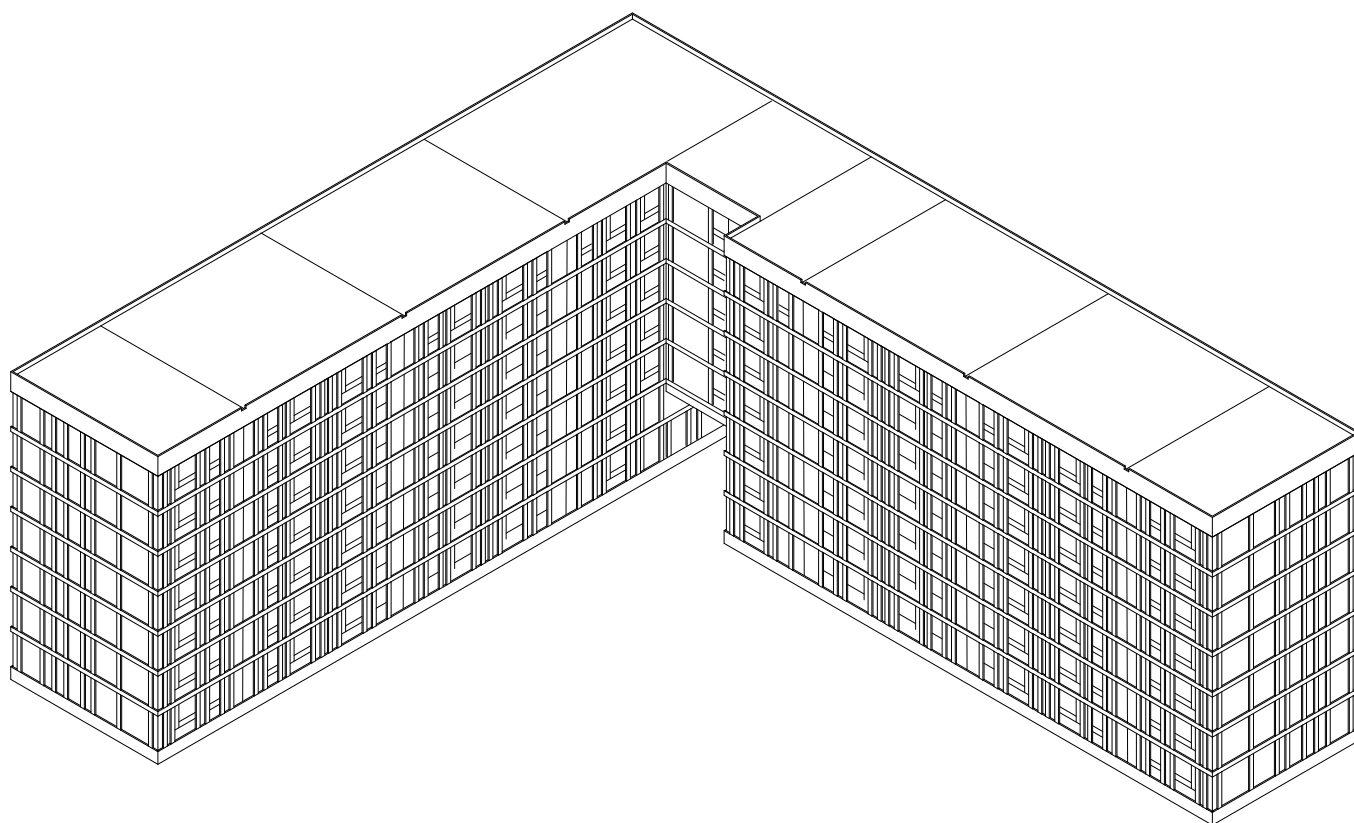
Betonelement-Foreningen (1991), 1. udgave 3. oplag (1995)

Betonelementer, Håndbog i 4 bind

www.spæncom.dk



KANALHUSENE KIM UTZON

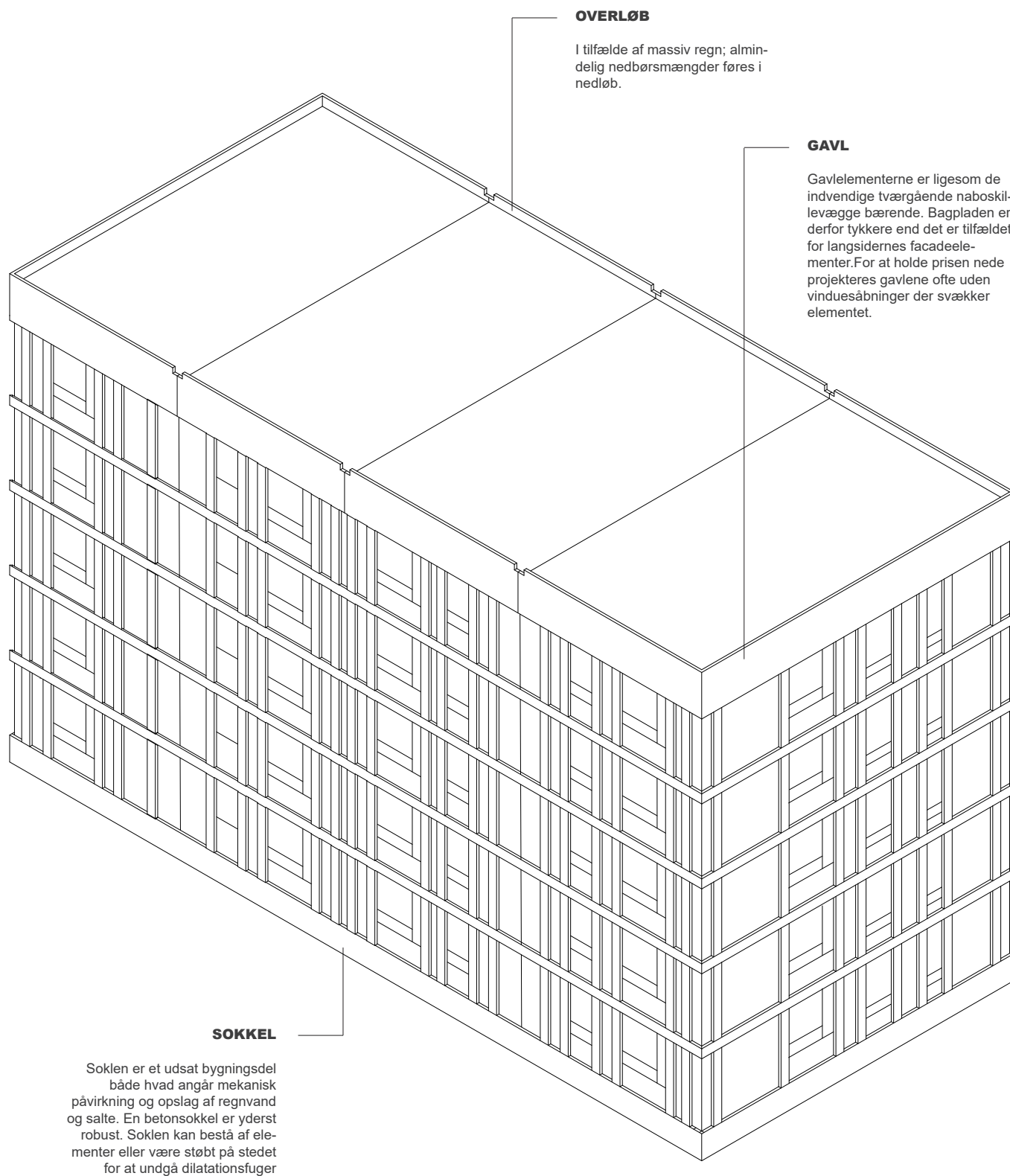


Eksempel A er baseret på dette vinkel/længebyggeri i 7 etager. I denne illustration er altanerne fjernet for at fokusere på det spil af pilastre og gesimser som danner dette væv. En balance mellem orden og tilsyneladende tilfældighed.

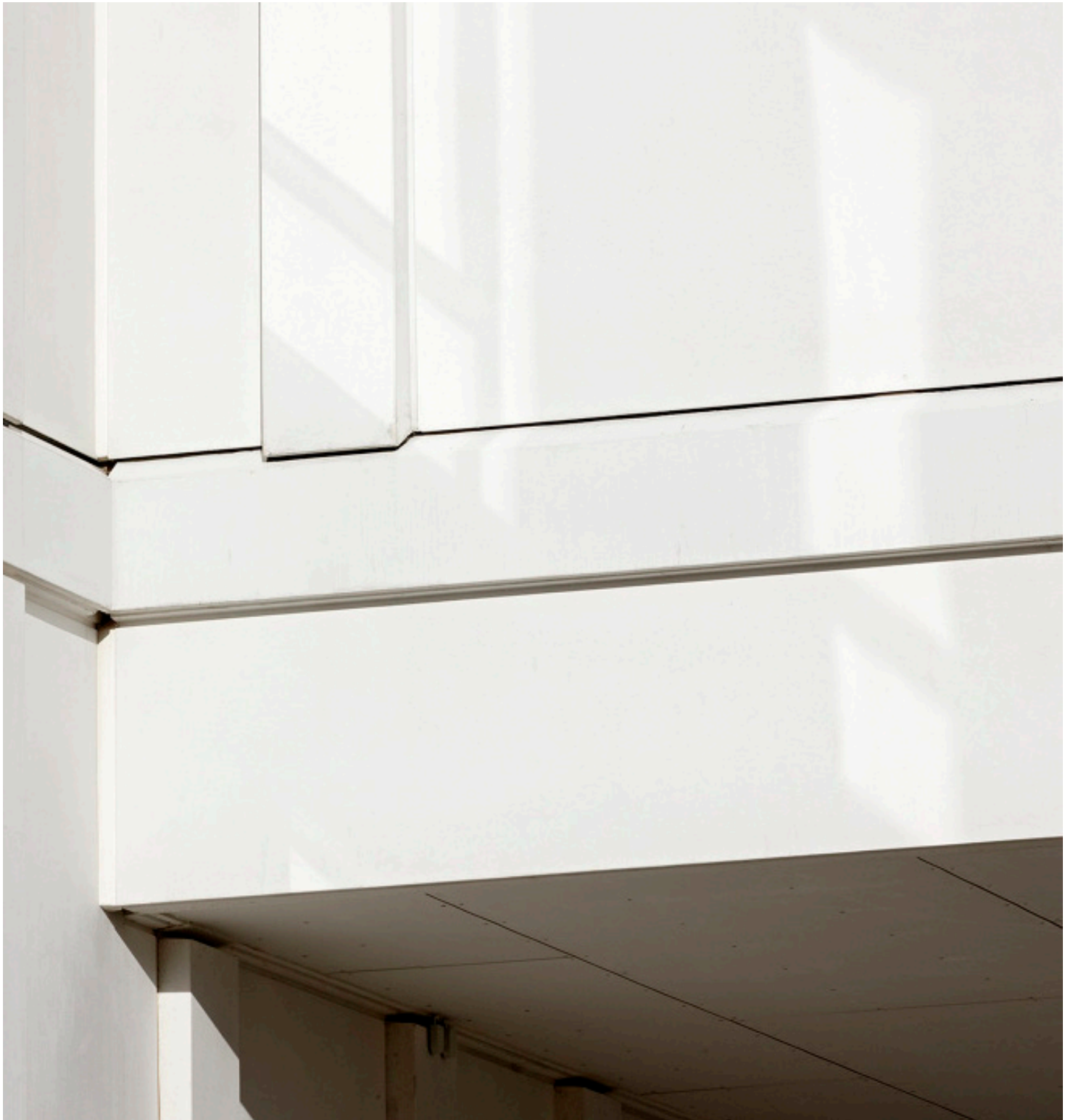


Altanerne er spinkle. Dette kan lade sig gøre fordi det skråstillede trækbånd sammen med bundrammen og det lodrette profil danner en trekant/arm som er boltet fast i den forstærkede pilaster. Facadeelementerne er lysende hvide eftersom der som tilslag er anvendt marmor

EKSEMPEL A



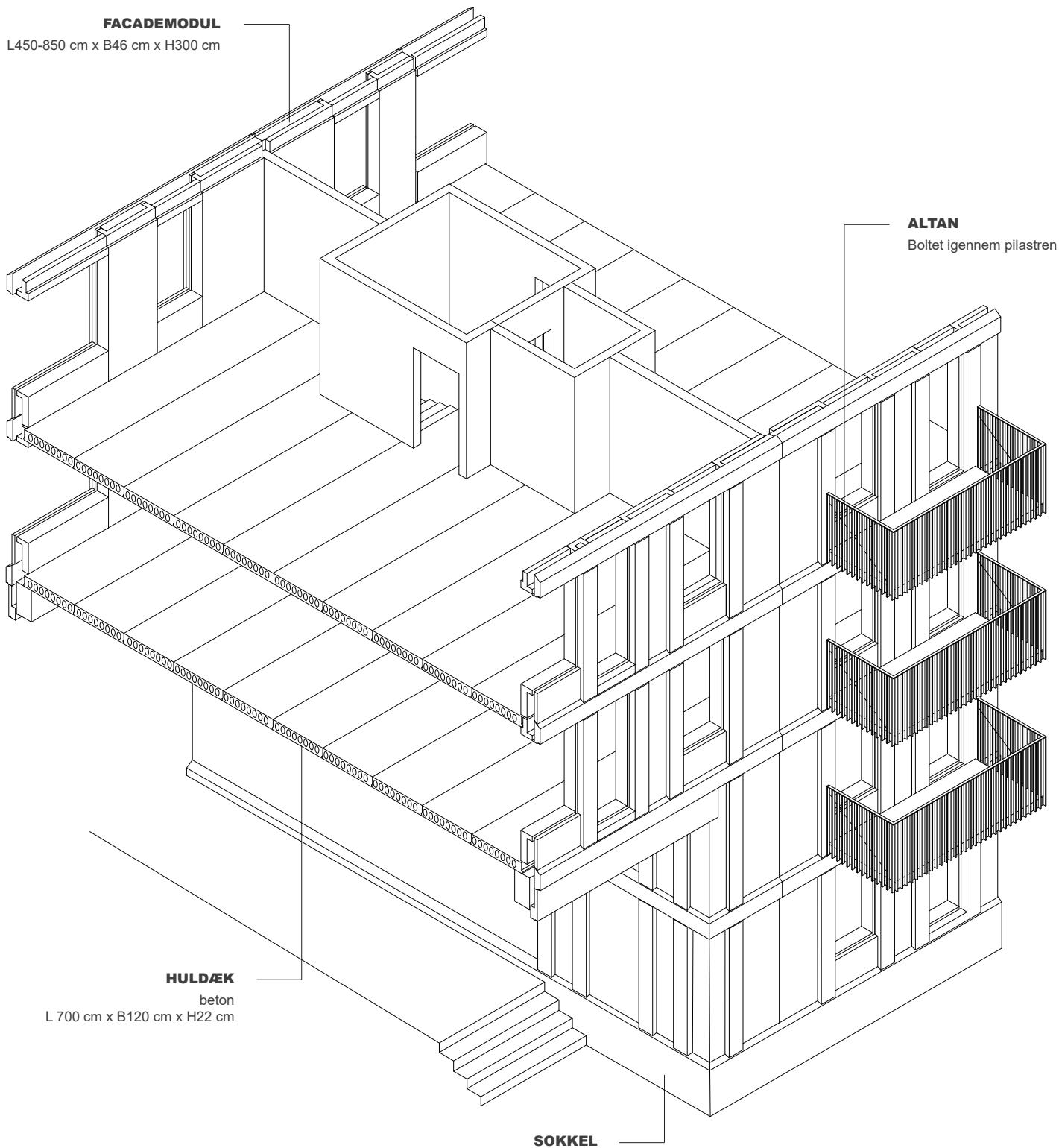
SKALA 1:200



Fugerne er skjult pga. skrå affasning af elementer. Vel at mærke ikke de traditionelle stumme 45 graders affasninger er hjørner udført med en trekantsliste i støbeformen. Det er kun de vandrette kanter der er affasede. De lodrette samlinger er vinkelrette og skarpe. Dog er pilastrene svagt koniske af visuelle og udførelsesmæssige grunde. Loftet i portgennemgangen er udført i fiberbeton hvor armeringen udgøres af fibre hvorfor elementets tykkelse kan reduceres betydeligt og dermed vægten.



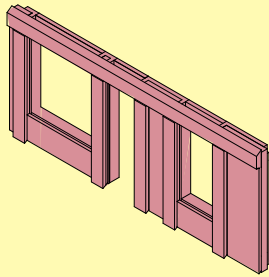
Ofte er gavlen helt lukket af statiske grunde, da den jo er bærende som de parallelle vægge mod naboskel. Her er det lykkedes at få facadens syntax til at fortsætte uhindret om hjørnet, eftersom bagpladen er forøget i tykkelse fra 150 -180 mm og vinduesåbningerne er opdelt af bærende piller. Hvis man havde ønsket et breddere samlet vinduesparti, havde det krævet en højere bjælke, som i denne bygning udtrykker sig som en gennemgående gesims.



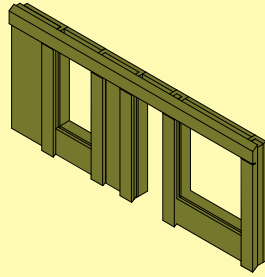
Der udstøbes mellem dækelementerne. Pga. trinlyd, betonens varmeledning samt æstetik lægges der en gulvbelægning ovenpå dækelementerne. Betonelementernes tykkelse er blandt andet baseret på at de skal være robuste og stive i forhold til transport og montage.

EJ MÅLFAST

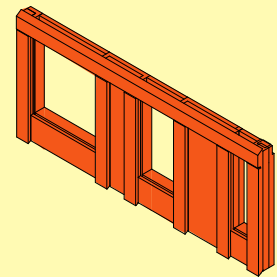
ELEMENTOVERSIGT



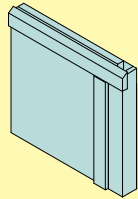
MODUL M-01



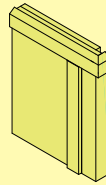
MODUL M-02



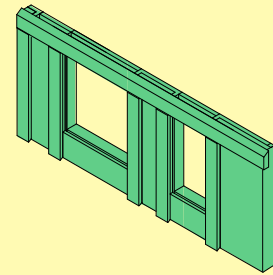
MODUL M-03



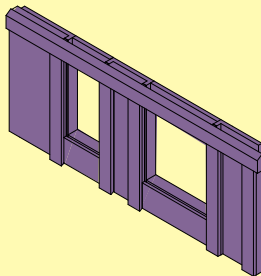
MODUL M-04



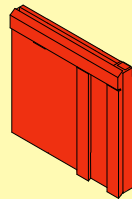
MODUL M-05



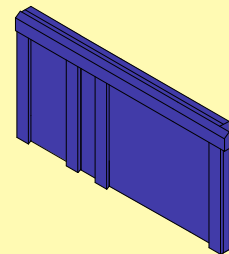
MODUL M-06



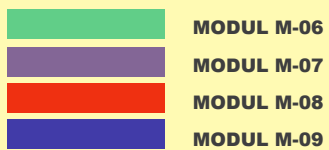
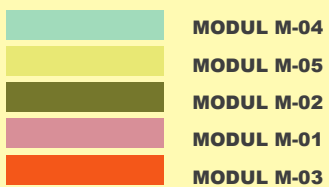
MODUL M-07

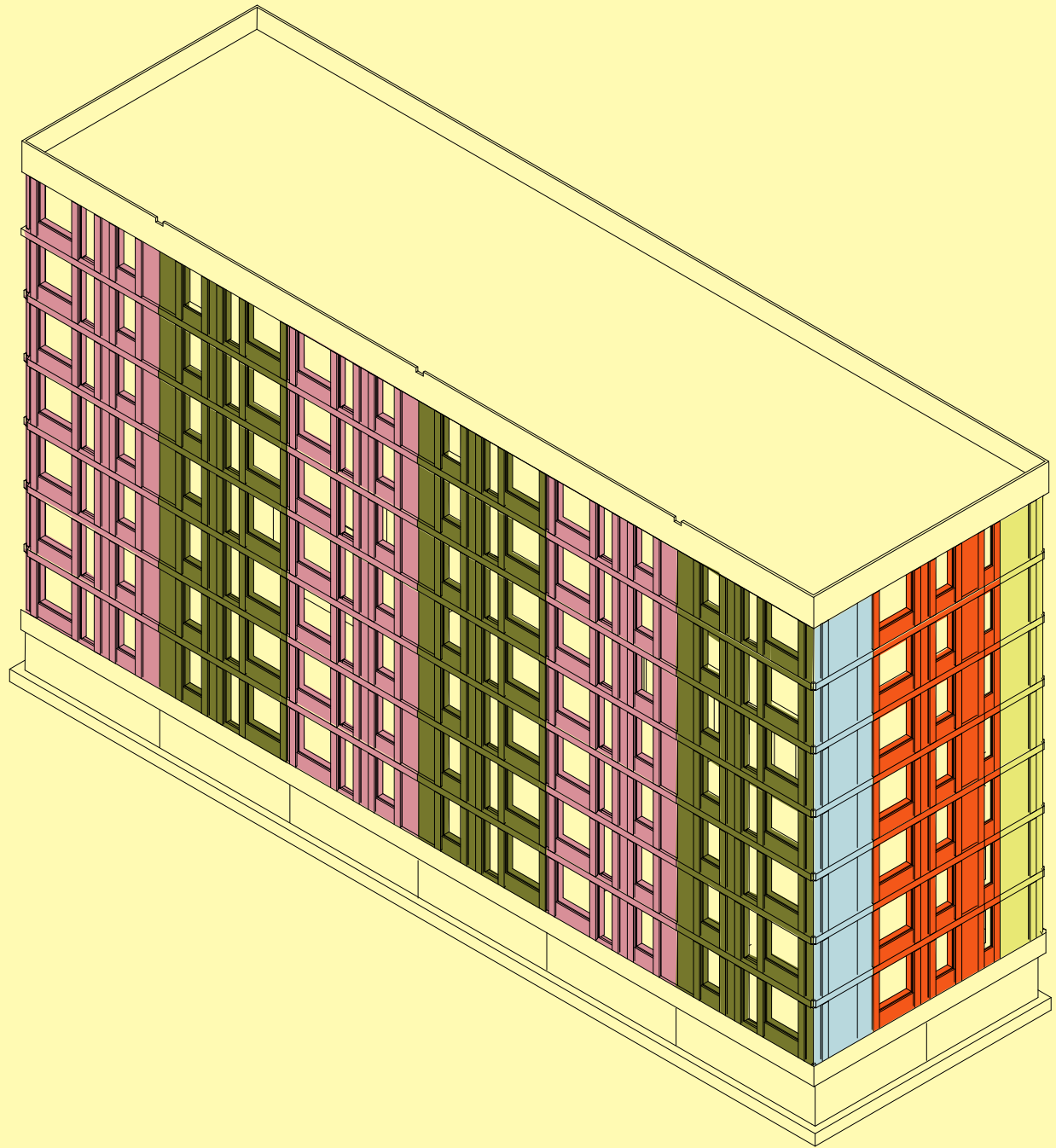


MODUL M-08



MODUL M-09

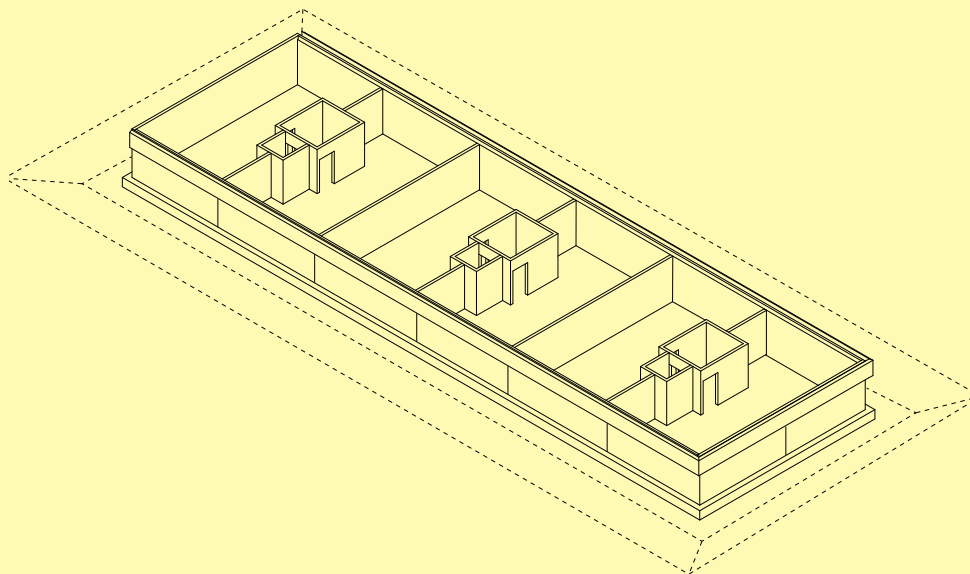




BYGGEPROCES

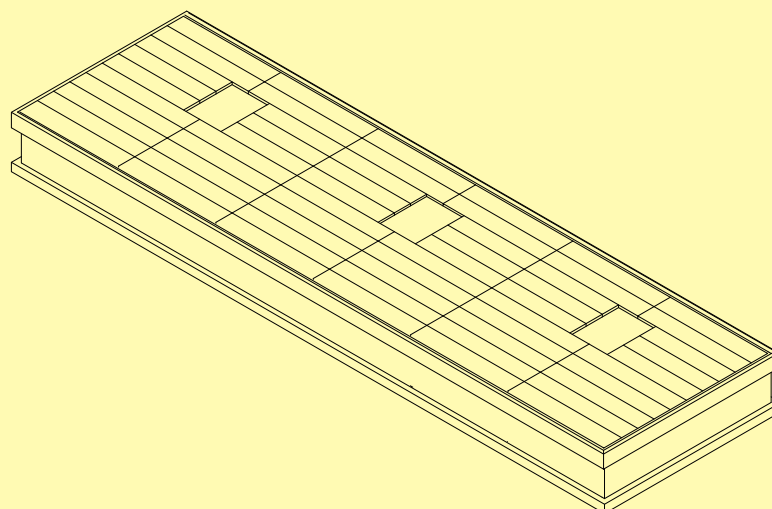
1

Enhver byggeplads starter med at grave ud til støbning af fundament. Etageboligbyggerier er gerne forsynet med hel eller delvis kælder, da bæredygtig grund for et etagebyggeri oftest skal findes en kælderetages højde under terræn. Der udstøbes først et armeret terrændæk på kapillar brydende og isolerende lag. Dernæst stilles kældervægselementerne op og trappe- og elevatorkerne støbes. Disse kælder konstruktioner er oftest opbygget af betonelementer men kan også udføres i pladsstøbt beton. Kælderen udnyttes fx til teknikrum, opbevaringsrum og parkering.



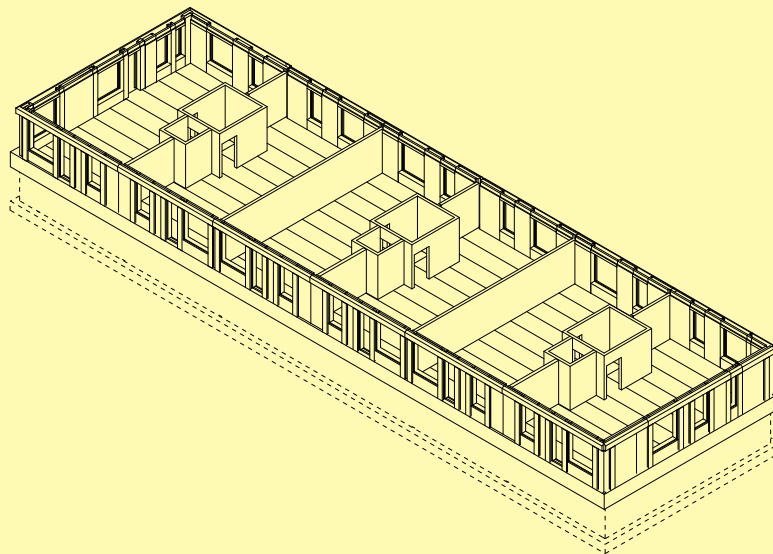
2

Så lægges der betondæk af på de tværgående bærende kældervægge. Der udstøbes mellem dækelementerne.



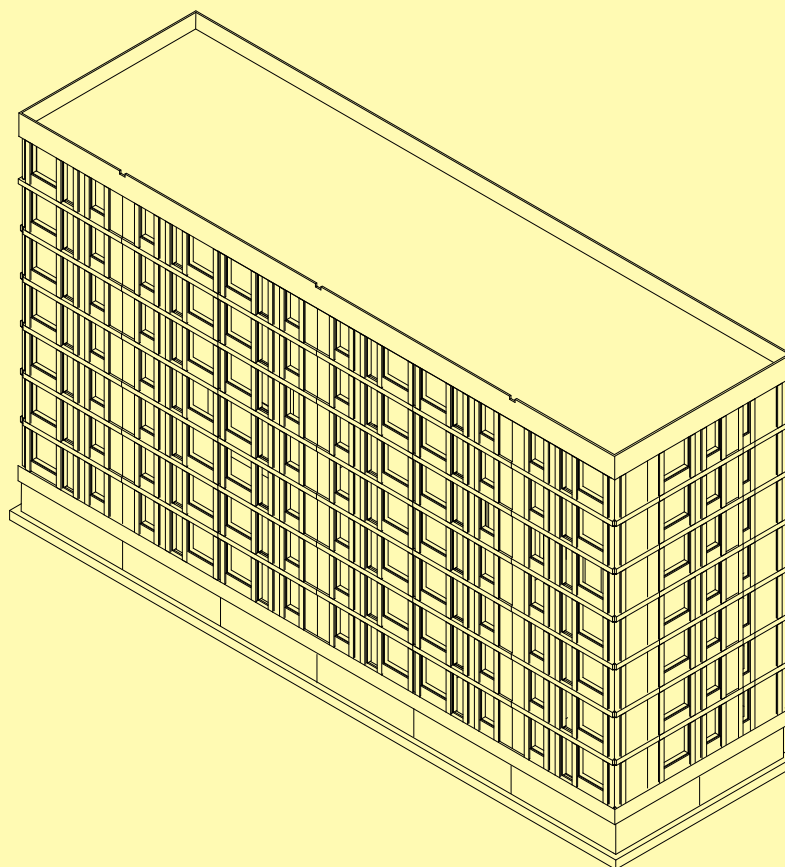
3

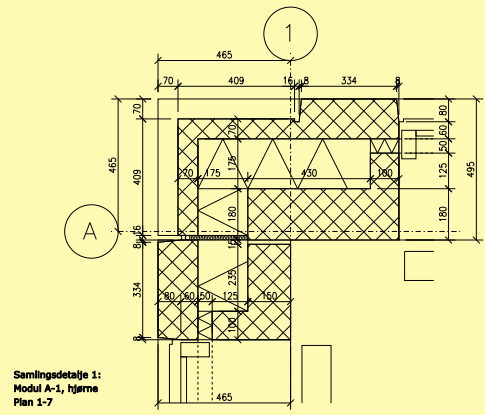
Så stilles de bærende naboskelvægge op og trappe- og elevatorkerner støbes eller opbygges af betonelementer. Kernen bidrager afgørende til bygningens stabilitet i længderetningen. Dernæst opstilles de ikke-bærende sandwichelementer.



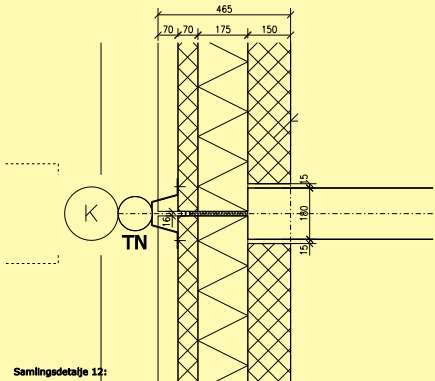
4

Sandwichelementet har den afgørende fordel at klimaskærmen kommer som et samlet element der ikke kræver opsætning af stillads. I visse tilfælde er sandwichelementet monteret med vinduer, altandøre osv. Men ellers monteres disse indefra til bagpladen løbende og hurtigst muligt, for at få bygningen lukket for vind og vejr. Så skal udtørringen af betonen og udstøbninger generelt igang alt imens installationer føres på overside dæk. Så snart der er en luftfugtighed på mindre end ???, kan der apteres indvendigt med trægulve og inventar.

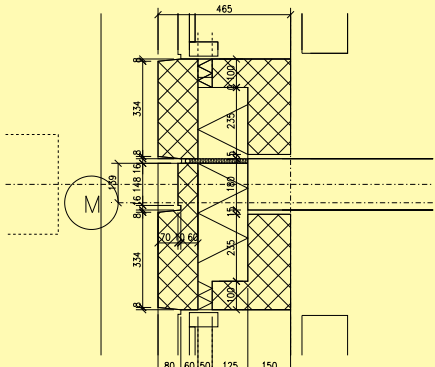




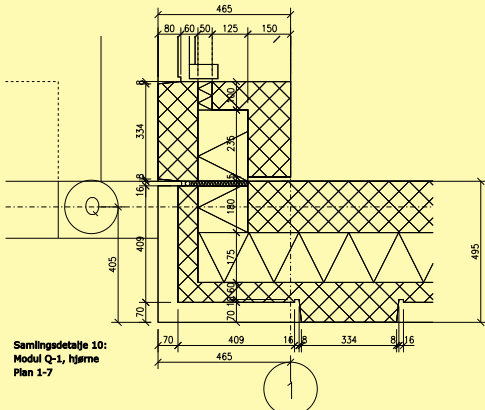
Samlingsdetalje 1:
Modul A-1, hjørne
Plan 1-7



Samlingsdetalje 12:
Modul K-1, normaldetalje
Plan 1-7

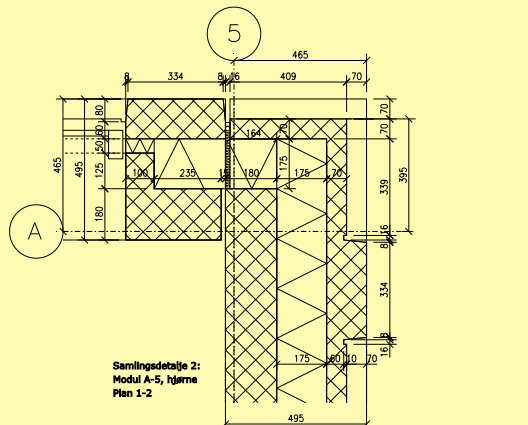


Samlingsdetalje 11:
Modul M-1, normaldetalje
Plan 1-7

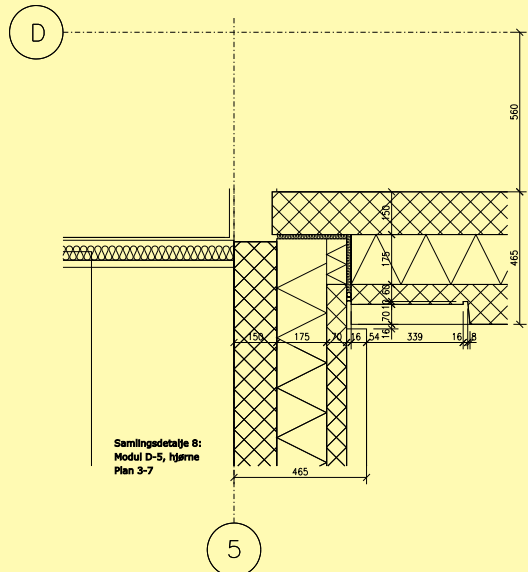


Samlingsdetalje 10:
Modul Q-1, hjørne
Plan 1-7

Sar
Mo
Pla:

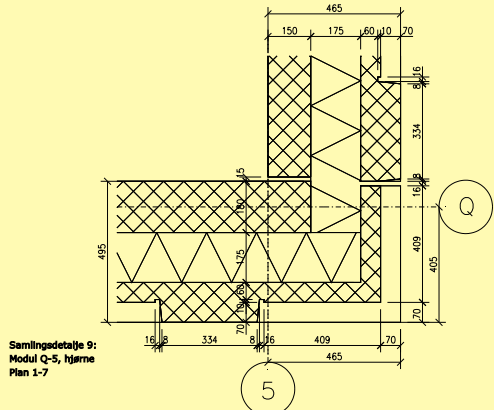


Samlingsdetalje 2:
Modul A-5, hjørne
Plan 1-2



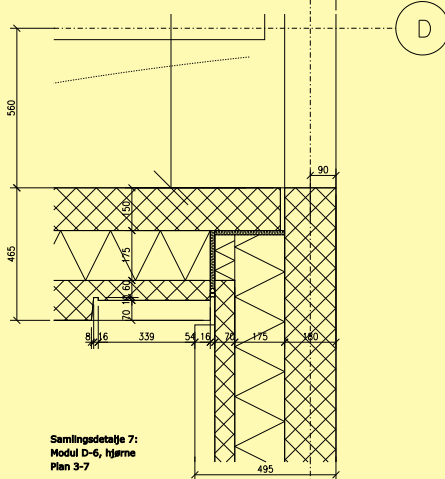
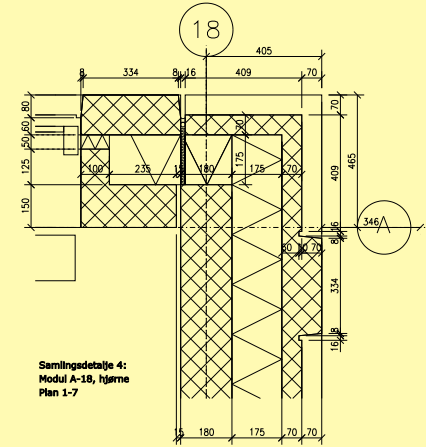
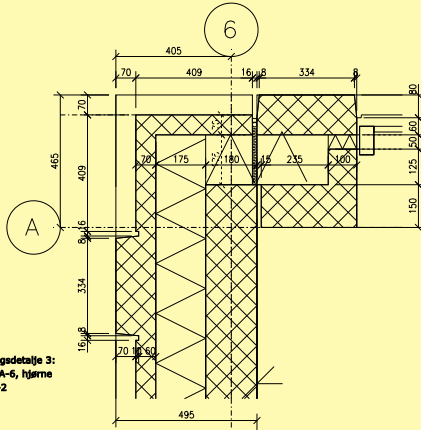
Samlingsdetalje 8:
Modul D-5, hjørne
Plan 3-7

NOTE:
Indvendige betonevægge er vist til orientering. for målsætning og samlingsdetaljer henvises til Ingeniørprojekt.
Bastion og udvendige beplantninger er vist til orientering. For koter og opbygning henvises til landskabarkitektprojekt.




Samlingsdetalje 9:
Modul Q-5, hjørne
Plan 1-7

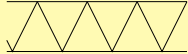
De lodrette og vandrette elementsamlinger mødes aldrig i samme plan på ydersiden som naboelementet. En gesims eller en pilastre sørger for dette forhold. Det har den store fordel at dette varierede møde slører uudgælelige tolerancer elementerne imellem. Diagrammet ovenfor viser bygningens fodaftryk i miniatur; cirkerne udpeger de 12 steder der er detaljeret i 1:10 på dette oplag. Den skrå affasning af pilastrene bidrager til, at elementet nemt slipper støbeformen.




NOTE:



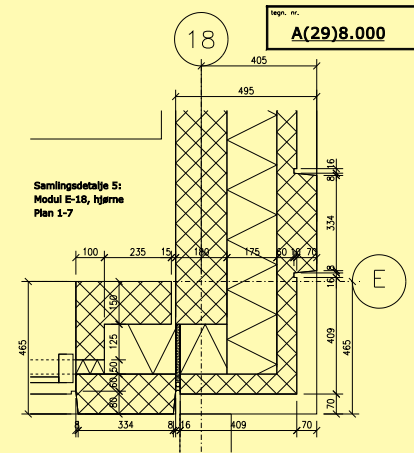
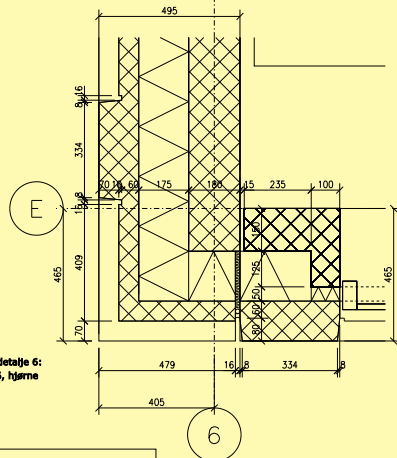
Beton, Forplade 140mm og 70mm
hvid beton formglat
Bagplade 180 mm og 150 mm beton



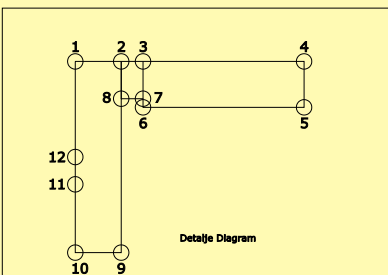
175mm hård isolering



16mm fuger med bøgtop+isolering
(fuger tilbagetrukket 10mm)



teg. nr.
A(29)8.000



NO.	REVISIONS ORSÆTTER	UDS. AF	GOUD.	DATE



By Afdeling
Sørensøvej 15, 3450 Ålenså
Tel. 46 19 92 00 Fax. 46 19 92 46

Bygning: Vandrette elementsamlinger

nr. 1110
Dato: 28-02-2009
Tegn: KR. Skid: KU
Form: Hovedprojekt

Teg. nr.: **A(29)8.000**

Projekter: **MØRKHØJ PROJEKTUDVIKLING A/S - Kanalhusene, Gyngemosen**
 Adr.: Gyngemose Pervej, 2860 Søborg Matr. nr.: 145 m.f. Mørkhøj, Gladøse kommune Projekt nr.: 225

●	ARKTIBY	Kim Ulsen Arkitekt	Mdr. Tølbød 23	1289 København K	TE. 33 82 43 34	Fax. 33 82 43 35
○	INGENIØR	Hilbomskov a/s	Viborgvej 1	7400 Herning	TE. 87 22 11 33	Fax. 87 22 18 06
○	Landskab	Schmehær Landskab	Øl. Rongvej 36, 4.sal	1610 København V	TE. 23385180	Fax. -

APPENDIX UNDERBYGGENDE PRINCIPTEGNINGER

VARIATION OG MULIGHEDER

DET KGL. AKADEMIS ARKITEKTSKOLE, 2022
NINI LEIMAND
DIAGRAM

Stort element med åbninger
Pladeelement med/uden åbninger
Vinklelement

DÆK- OG VÆGELEMENTER

POLYTEKNISK ANSTALT, 1982
JOHS F. MUNCH-PETERSEN
LÆREBLAD

Byggesystemnøgle
Væg dæk
Væg væg
Dæk dæk
Facade dæk
Altan
Gavl dæk

Betonelementer

Variation og muligheder

Princip 1 er baseret på store og dermed rationelle elementer men med reaktivt mange og store vindues- og dørhuller. Rammestivheden opnåes af den gennemgående topbjælke samt bundbjælke og brystninger over og under åbningerne. Referencen er fra Kanalhusene af Kim Utzon Arkitekter a/s (2008).

Princip 2 er baseret på mindre men etagehøje elementer hvor imellem vindues- og døråbninger er placeret. Det er en yderst prisbillig løsning eftersom det er en ubrudt betonplade. I referencen fra Emaljehaven af Entasis a/s og Creo Arkitekter a/s (2007) i Nordvest i København er der lavet en vinduesåbning i pladen som skaber en fin variation mellem de 2 måder at sætte åbninger i en elementfacade.

Princip 3 består af mindre vinkelementer som udgør brystninger og murpiller mellem vinduesåbningerne. Referencen er fra Marcel Meili & Markus Peter Architektens byggeri i City West Zürich (2015).



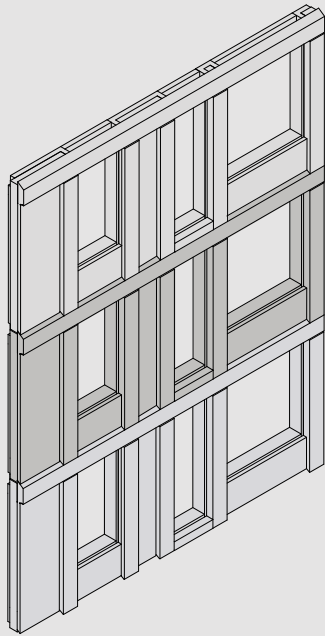
1



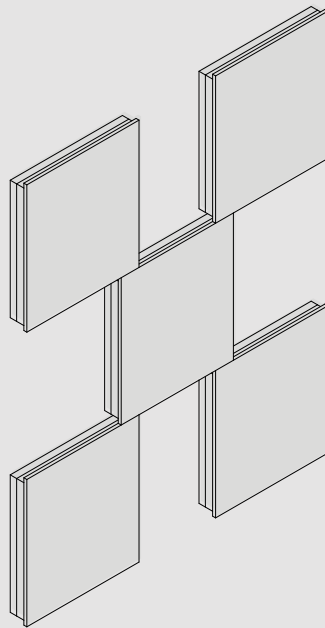
2



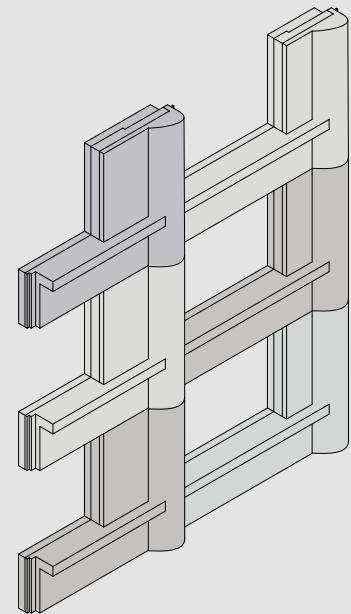
3



1



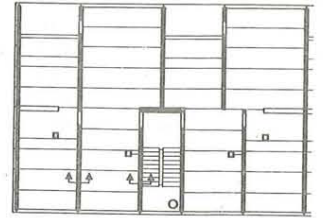
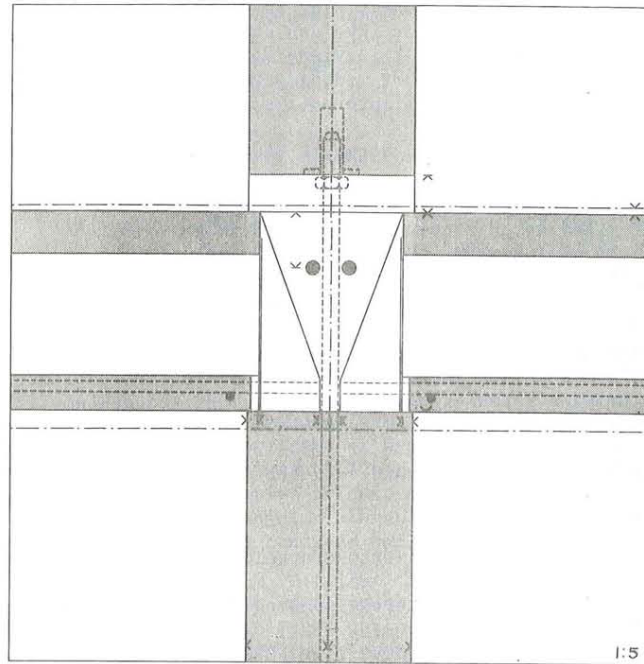
2



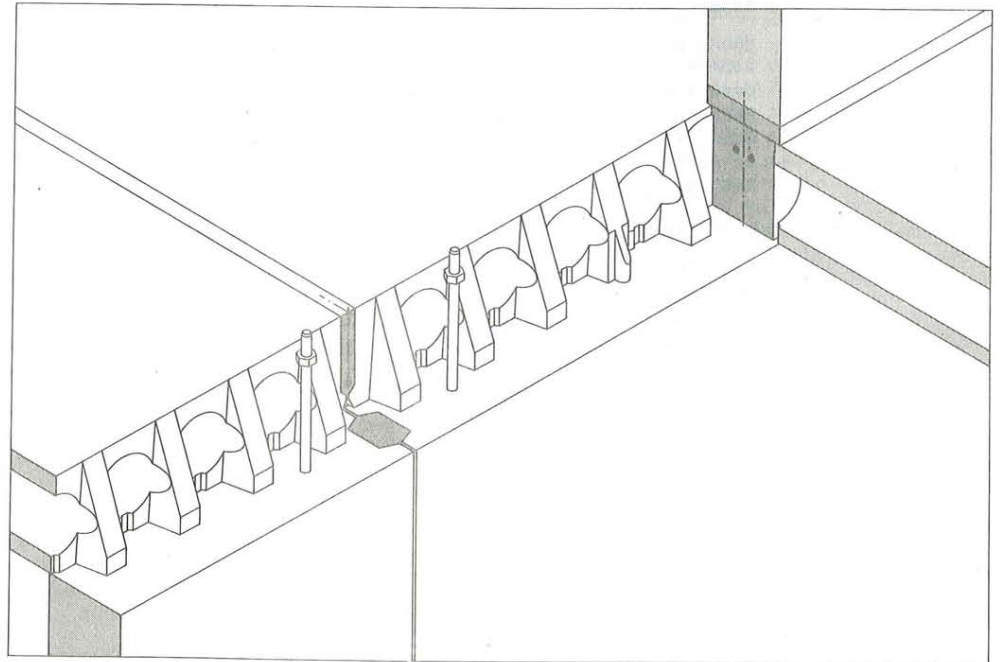
2

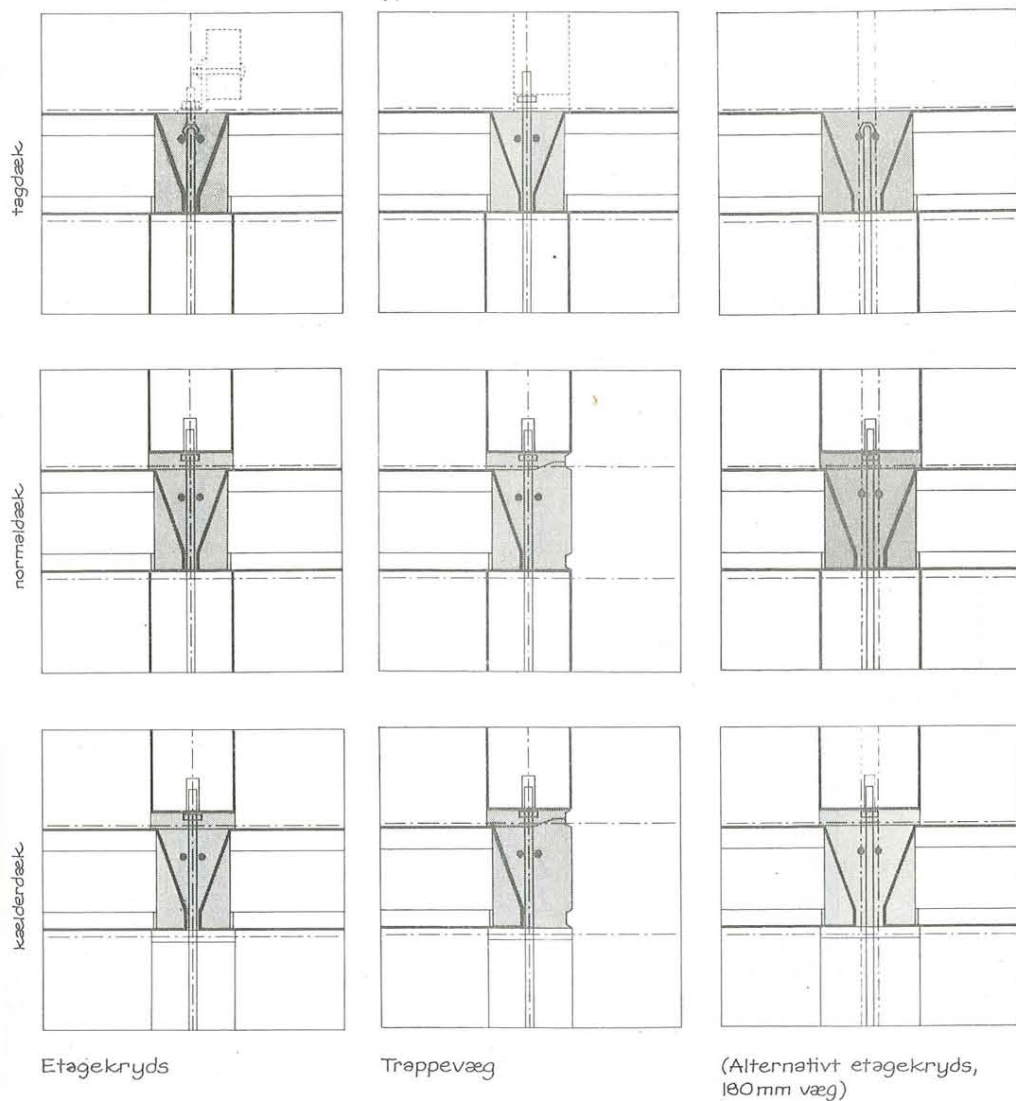
1. Elementer med udsparede vindues- og dørhuller
2. Elementer hvorimellem vinduers- og dørhuller placeres
3. Vinkelementer som udgør brystning og murpille mellem vinduesåbninger

VÆG - DÆK



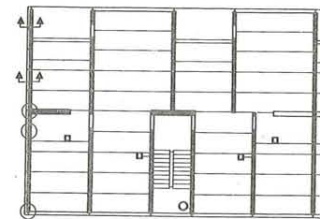
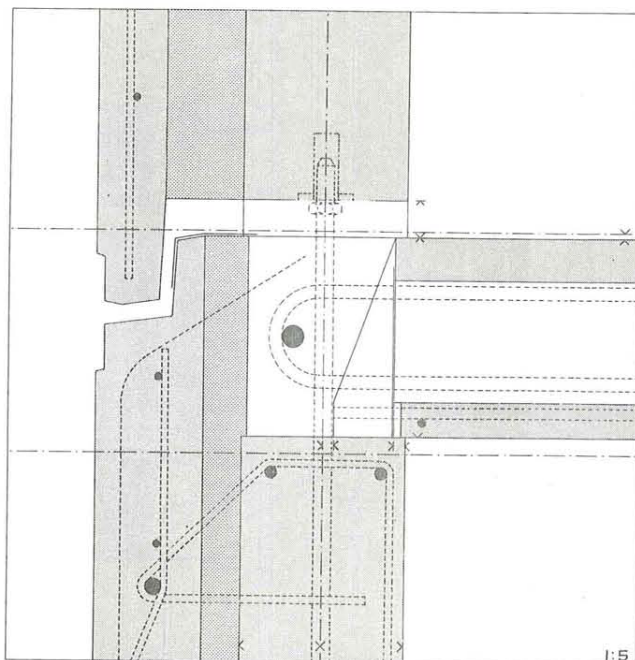
Etagekryds



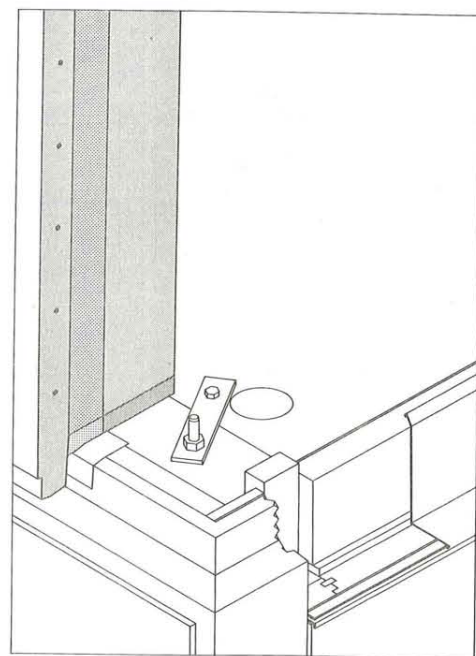
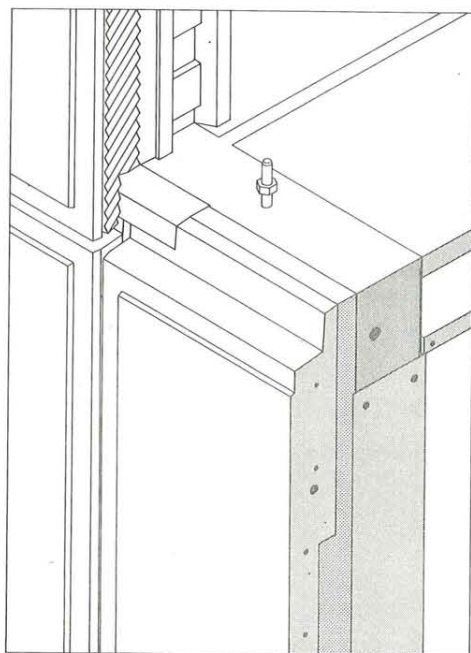


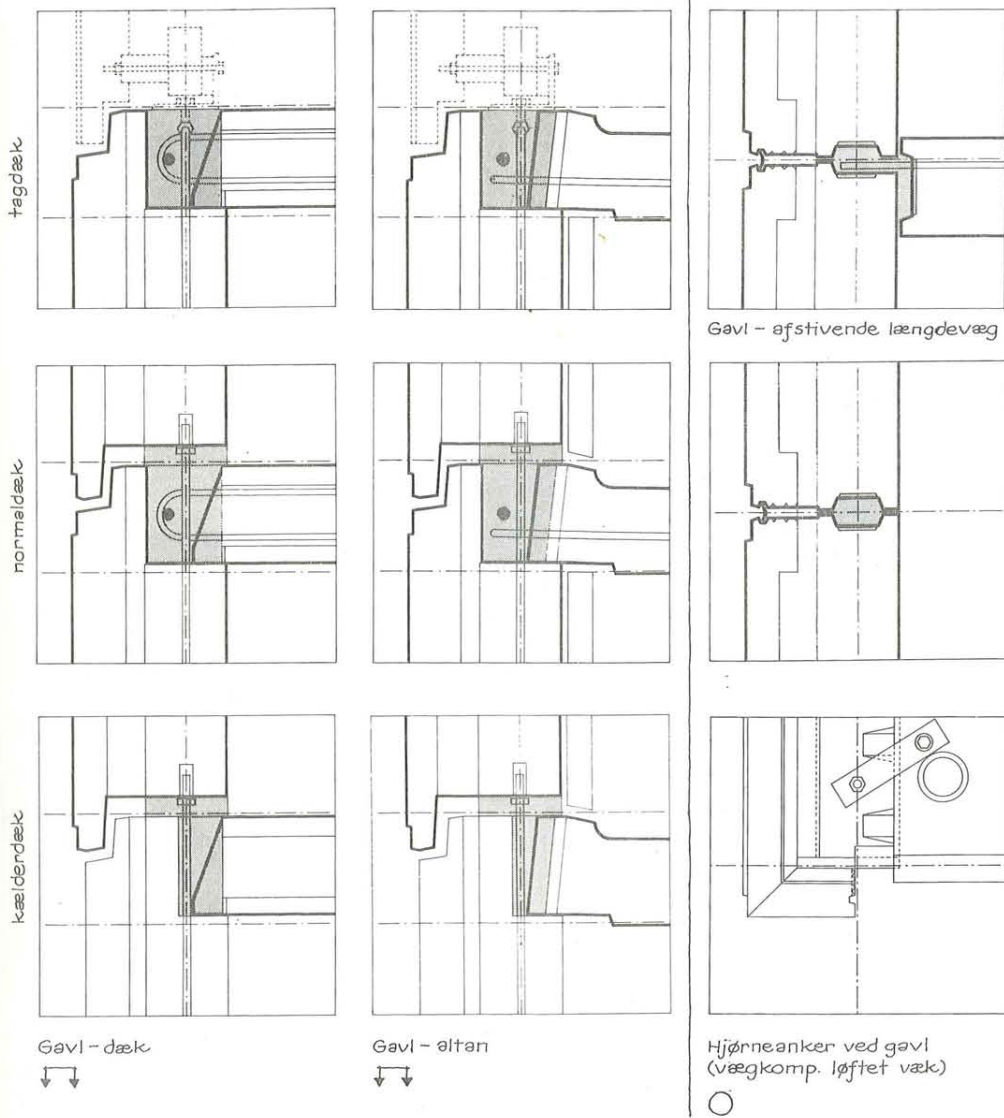
Disse tegninger viser samlingen mellem den bærende betonvæg og huldækelementerne der med ribberne hviler af på betonelementet. Armeringen fra væg og dækelementer støbes sammen. Betonelementer låses sammen via armering og udstøbes til en sammenhængende konstruktion til både tværvægge og dæk forkant.

GAVL - DÆK



Samling gavl - dæk





Specielt til sandwichelementer, hvor forpladen støbes ned mod formbunden (fordi det bliver den mest præcise side), placeres ofte særlige profiler eller profilplader i bunden af formen. Dermed opnåes rige muligheder for at strukturere og forme den udvendige side af elementet, svarende til de arkitektoniske ønsker. Kantafgrænsninger og udsparringskasser laves med forskellige profiler. Derved kan dannes de ønskede fugelåse i elementrande, smig eller rundinger i vindueskarme, affasninger af kanter og andre detaljer. Der er tradition for at lave affasede kanter, men skarpe kanter uden brug af trekantelister i formen er bestemt også muligt.

