

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

## **Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur**

Leimand, Nini; Skoog, Karl Albert Frej

*Publication date:*  
2022

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Leimand, N., & Skoog, K. A. F. (2022). *Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur: Blokmurværk.*

### **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.

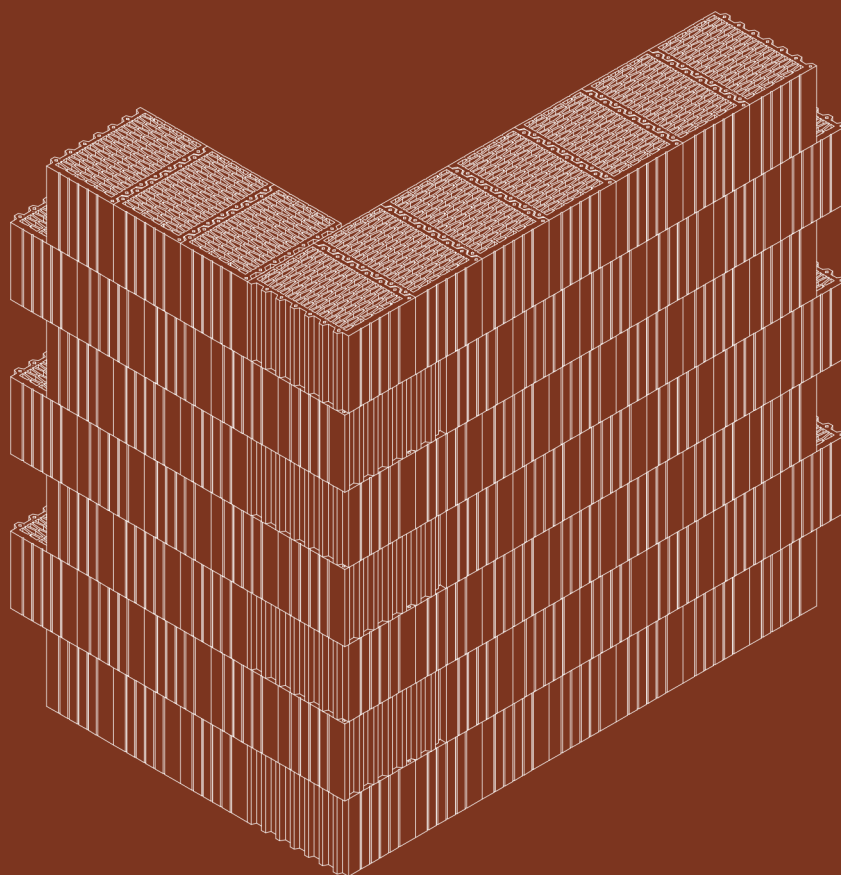
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in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

**Blokmurværk**



**Cinark**

Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur  
Blokmurværk

Udgivet i samarbejde med  
Dreyers Fond

Billedmateriale udlånt af  
Praxis Arkitekter og Leth & Gori

Redaktion  
Nini Leimand  
Karl Albert Frej Skoog  
Pernille Scheuer

Grafisk design  
Karl Albert Frej Skoog  
Pernille Scheuer

ISBN 978-87-7830-887-0

Institut for Bygningskunst og Teknologi  
Det Kongelige Akademi 2022



dreyersfond

## 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 KADK.

Arbejdet tager afsæt i et 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 og udvalgte knudepunktsdetaljer fra etageejendomme fra perioden 1850-2000. Her skildres med udgangspunkt i 5 typiske etageejendomme den teknologiske udvikling fra udfyldningsmurværk i bindingsværkskonstruktioner, massivt murede ydervægge og betontrappekerne som udfaser bagtrappen, hule ydermure med faste bindere, 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 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 de er arkitektonisk bæredygtige! Det er slet og ret eksempler på velbyggede løsninger. Der er en tektonisk strøm der manifesterer sig i bygningens udtryk. Disse typologier/principper kan siges at have en forædlet generalitet. I overensstemmelse med de 5 danske bygningsmodeller 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 1950'erne, 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. 'Byggebogen' 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 byggemetoder såvel som nye byggeteknikker, 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 bygningskunstnerisk motivation parret med et byggeteknisk eller bygningskulturelt valg. Nutidens krav til blandt andet energireducerende løsninger, tilgængelighed, regnvandshåndtering i forbindelse med bygninger og en øget opmærksomhed rettet mod begrænsede materialeresourcer 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 byggeteknikkernes evne til at blive ombygget (cirkulær økonomi).

Det forventes 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 byggeteknisk 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)  
Studieadjunkt Pernille Scheuer  
Forskningsassistent Karl Albert Frej Skoog  
Eksterne konsulenter: Poul Dupont og Tomas Gustavsson.



# Blokmurværk

## Generelt

Blokmurværk består af massivt murværk opført i mineralsk baserede homogene blokke af en størrelse som generelt kan håndteres med to hænder. De homogene blokke er netop karakteriseret ved, at materialestrukturen er ensartet i sin opbygning og gennemgående i murens fulde bredde. Blokkens bygningsfysiske egenskaber optræder således i en jævnt fordelt skala gennem ydervæggen. En mur udført i blokmurværk i homogene blokke benævnes også 'monomur' i henhold til dens monolitiske opbygning.

For at kunne imødekomme de mange krav til ydervæggen i ét og samme materiale, balancerer den homogene blok mellem på den ene side at være tilstrækkelig porøs og dermed fyldt med stillestående luft til at den både isolerer effektivt mod varmens vandring samt evner at optage og afgive fugten fra bygningens rum. På den anden side må blokken have en densitet der udstyrer den med en tilstrækkelig trykstyrke samt gerne en varmeakkumulerende evne.

De homogene blokkes porøse materialestruktur betyder, at de skal overfladebehandles udvendigt for at kunne modstå vejr og vind og indvendigt for at kunne sikre lufttætheden. Den gængse løsning er at tilføre en overfladebehandling af pudsemørtel ud- som indvendigt. Men det er også oplagt at arbejde med en egentlig beklædning af blokmurværket.

De tre hovedgrupper indenfor familien af isolerende blokke er tegl-, porebeton- og letklinkerbetonblokke. Alle tre bloktyper fås til traditionel opmuring med kalkcementmørtel, men tegl- og porebetonblokkene fremstilles i dag så målfaste, at de kan limes op i en 1 mm tynd lejefuge bestående af limmørtel. Teglblokkene er desuden udstyret med fer og not hvorved blokkene låses til hinanden uden brug af limmørtel i studsfugerne. Letklinkerbetonblokken fås derimod i en stabelbar udgave, hvor alene oversidens fer og undersidens not fastholder blokkene til hinanden helt uden brug af mørtel af nogen art. Dette er indtil videre det tætteste man kommer på princippet bag legoklodsens. Ved at minimere eller helt undgå mørtel i leje- og studsfugerne reducerer man en væsentlig kuldebro og man opnår en bemærkelsesværdig materialemæssig ensartethed i det samlede murværk.

Porotonblokken er 250 mm i skiftegangshøjden modsat langt de fleste andre bloktyper på det danske marked, som har en højde på 200 mm svarende til 3 skifter mursten plus en fuge. I lande, hvor erfaringen med opbygningen og udførelsen af blokmurværket sidder på rygmarven, foreligger der kun sjældent projekteringsstegninger af blokkenes vandrette forbandt; alene de lodrette skiftegange er på forhånd klarlagt. Reglen er, at der tages udgangspunkt i hjørner og vindues- og døråbninger, for derefter at justere forbandtet midtvejs derimellem.



Indvendige skillevægge udføres i smallere blokke, hhv. 110 mm for ikke bærende vægge under 3 m, og 175 mm for højere og bærende skillevægge. El- og andre installationer fræses ind i blokkenes overflade, eller føres synligt.  
Foto Anne Beim

# Blokmurværk

## Poroton - teglblokke

I Danmark har brugen af isolerende teglblokke traditionelt været forbundet med byggerier i op til 2½ etager, hvorfor der er begrænset erfaring med at bygge højere. Publikationen tager udgangspunkt i et par eksempler, der på hver sin måde udfordrer blokmurværkets potentiale som bygningskomponent. På baggrund af den eksisterende viden, er der videreudviklet to generiske typologier, som i bogstaveligste forstand tryktester blokmurværkets potentiale og begrænsninger indenfor fremtidigt etagebyggeri.

I 2019 blev der opført en 3½ etagers bygning i Odense Oluf Bagers Plads 4-8, se eksempel 1, side 28. Den er projekteret som en 'bindingsværkskonstruktion' i armerede in situ betonsøjler og bjælker integreret i blokmurværket, som i dette tilfælde fungerer som en isolerende og permanent forskalling på ligeligt fordelte steder, hvor de lodrette kræfter ledes ned.

Publikationen lægger ud med en type A baseret udelukkende på monolitiske ydervægge, dog med 20 mm trækstænger til stabilisering af konstruktionen. Sammenlignet med integrerede betonsøjler og bjælker, vurderes dette at være langt mere hensigtsmæssigt i forhold til udførelsen samt kuldebros problematikken.

Konstruktionsprincipperne i publikationen er udviklet i samarbejde med kyndige konstruktionsingeniører med speciale indenfor murværk. Eksemplerne skal ses som et udspil til hvordan brug af blokmurværk i fremtiden kan tænkes gangbart, mht. bæredygtighed.

Direkte inspireret af Oluf Bagers Plads 4-8 indeholder publikationen også en type B med samme byggeprincip, men i fem etager og med mindre brug af beton.

Her følger en kortfattet liste over blokmurværkets generelle egenskaber:

Blokmurværket kan ubesværet krage betydeligt ud over eksempelvis den bærende sokkel.

Vinduerne skal ikke formidle overgangen mellem yder- og indervæg, men kan derimod placeres ganske frit i murens tværsnit.

De forskellige overliggere kan anvendes og kombineres på mange forskellige måder afhængig af de varierende statiske og arkitektoniske fordringer.

Blokmurværket kan forenes med en hvilken som helst type dækkonstruktion.

Blokkene kan tilpasses, hvilket lægger op til atypiske gestaltningsmuligheder ved eksempelvis vindueslysningerne, mellem spærerne, ved gavlen mm.

Altaner, smalle murkroner, tagkonstruktioner kan bære af på hele blokmurværkets tværsnit.

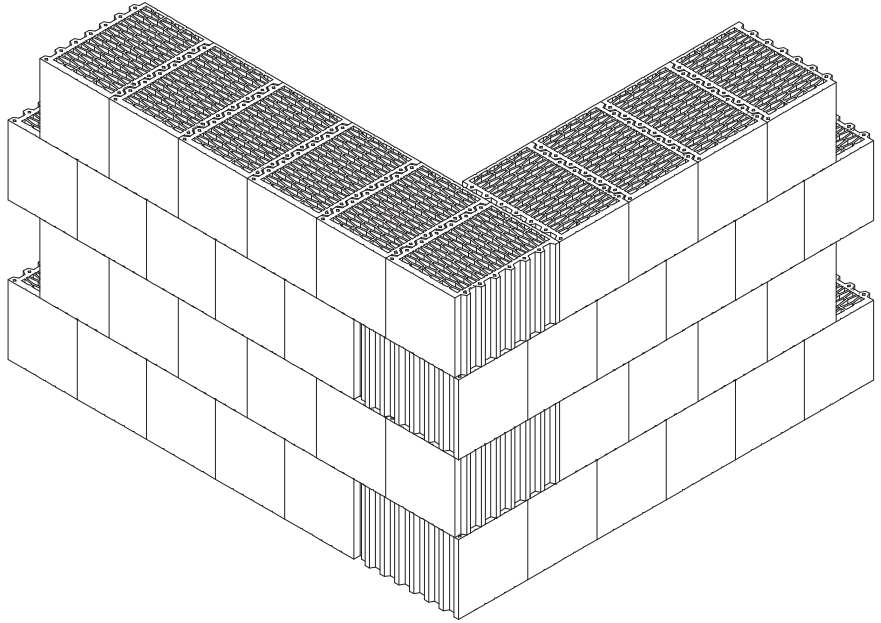
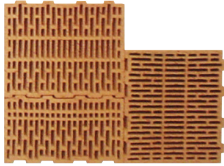
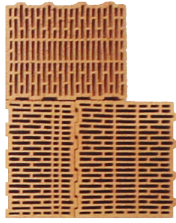
Taget kan etableres, og vinduer og døre kan sættes i så snart blokmurværket er opstillet. Den endelige overfladebehandling eller beklædning kan ude som inde etableres på et senere tidspunkt.

Tagkonstruktionen kan fastgøres til blokmurværket på flere forskellige fordelagtige måder.

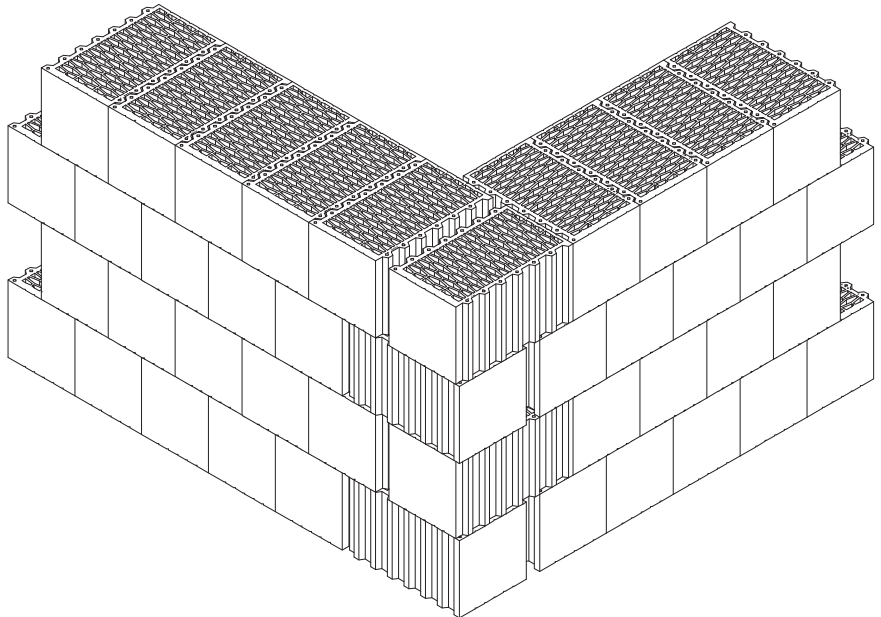
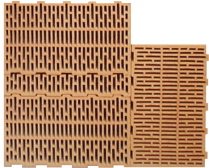
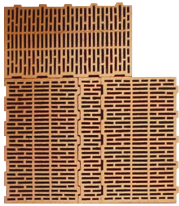
Mængden af stål kan - sammenlignet med andre konstruktionsformer - reduceres til et absolut minimum.

Tværstillede skillevægge i blokmurværk virker tværafstivende. Hvis man arbejder med et gennemgående skifte i betonarmerede U-blokke, kan man undlade skillevægge som tværafstivende element.





365 mm blok med en u-værdi på 0,24 W/m<sup>2</sup>K (eksk. puds) som afsætter halvstensforbandt uden brug af tildannet blok.



425 mm blok med en u-værdi på 0,19 W/m<sup>2</sup>K (eksk. puds)  
Bemærk at den dybere blok på 425 mm ikke fletter lige så godt over hjørnet som 365 mm blokken, men kræver en tildannet blok for afsætning af halvstensforbandt.

Isometri  
Hjørneløsninger i forbandt med  
murblokke i forskellige størrelser

## Etagebyggeri i blokmurværk



Byggeplads i Østrig, etagebyggeri med teglblokke og tillægisolering  
Foto Nini Leimand





Byggeplads med enfamiliehus i Østrig, hvor teglblokke bruges til opbygning af ydervægge  
Foto Nini Leimand

# Blokmurværk

## Byhus i fem etager

### Type A

I Danmark er Poroton teglblokke stadig en perifer byggemetode og kun anvendt til mindre bygninger op til 2½ etager.

Publikationens hovedsaglige formål er, at udfordre anvendelsen af blokmurværk som homogent byggesystem, både ift. byggeproces og materialebrug. Det første eksempel viser således en bygningstypologi i fem etager, hvor de bærende ydervægge er en homogen væg i blokmurværk med indsatte trækstænger til stabilisering af konstruktionen. Beton bruges blot enkelte steder over vinduer og til bjælker i dækopbygningen. Bygningen overholder konstruktionsklasse 2, da det øverste beboede dæk er mindre end 12 meter over terræn.

I følge eurocodes og Dansk Standard (DS) kan man godt bygge etagebyggeri med poroton blokke, så længe øverste beboede etagedæk ligger under 12 meter over terræn. Hvis byggeriets øverste dæk er højere end 12 meter indplaceres etagebyggerier i Danmark i konsekvensklasse CC3, som kræver dokumentation for robusthed. Med en etagehøjde på lige under 3 meter kan man uden ekstra dokumentation for robusthed bygge 5 etager (3 m x 4 etagehøjder = 12 m). Men faktum er at der endnu ikke er bygget nogle byggerier over 2½ etager. Bærende murværk er udfaset fra pensum på ingeniøruddannelserne og der findes ikke nogle regler for bærende murværk, som alene ansues som ikke-bærende beklædning.

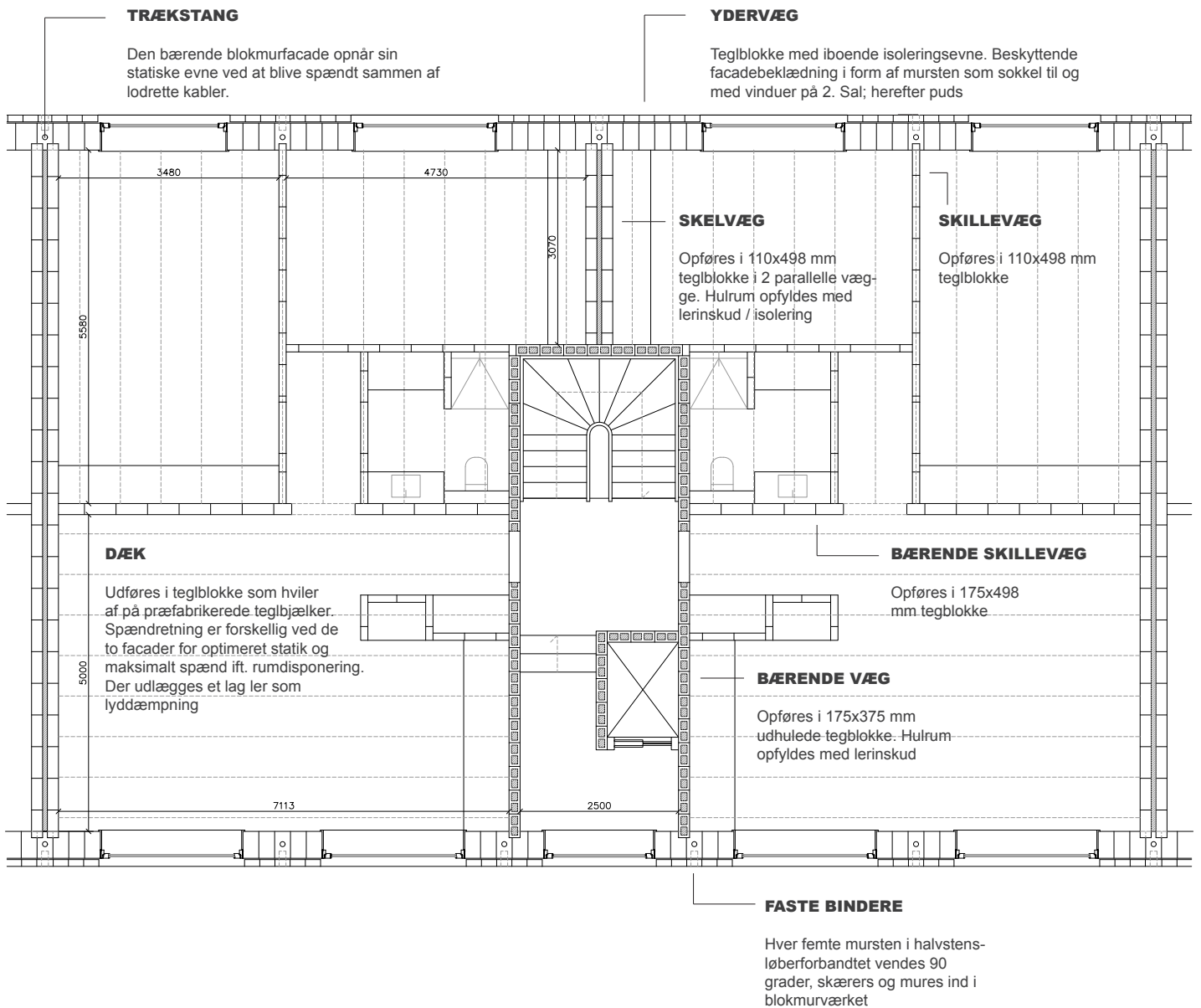
Blokken kan erstatte gængse isoleringsprodukter og i stedet tilbyde en homogen væg lavet af 425 mm keramiske blokke ideel til enhver form for beklædning på yder- og indersiden for at etablere stillestående isoleringsluft og beskytte de

porøse blokke fra frostsprængninger. I dette tilfælde foreslås blokmurværket beklædt på ydersiden med en mursten af standardformat mursten i 108 mm som beskyttelse af bygningens base. Ved underkant vindue på 1. sal pudses blokmurværket med to lag puds: letpuds og slutpuds. På indvendig side pudses blokmurværket med 15 mm lerpuds. Alternativt gipspuds.

Dækkonstruktionen er opbygget i teglelementer, der spænder mellem de bærende ydervægge hvor lasten fra de armerede teglbjælker distribueres ud på en ringbjælke af armerede U-blokke, eller overligger se side 21-22.

Dette forslag undgår så vidt muligt uhensigtsmæssige kompleksiteter og bestræber sig på at følge nedenstående logikker:

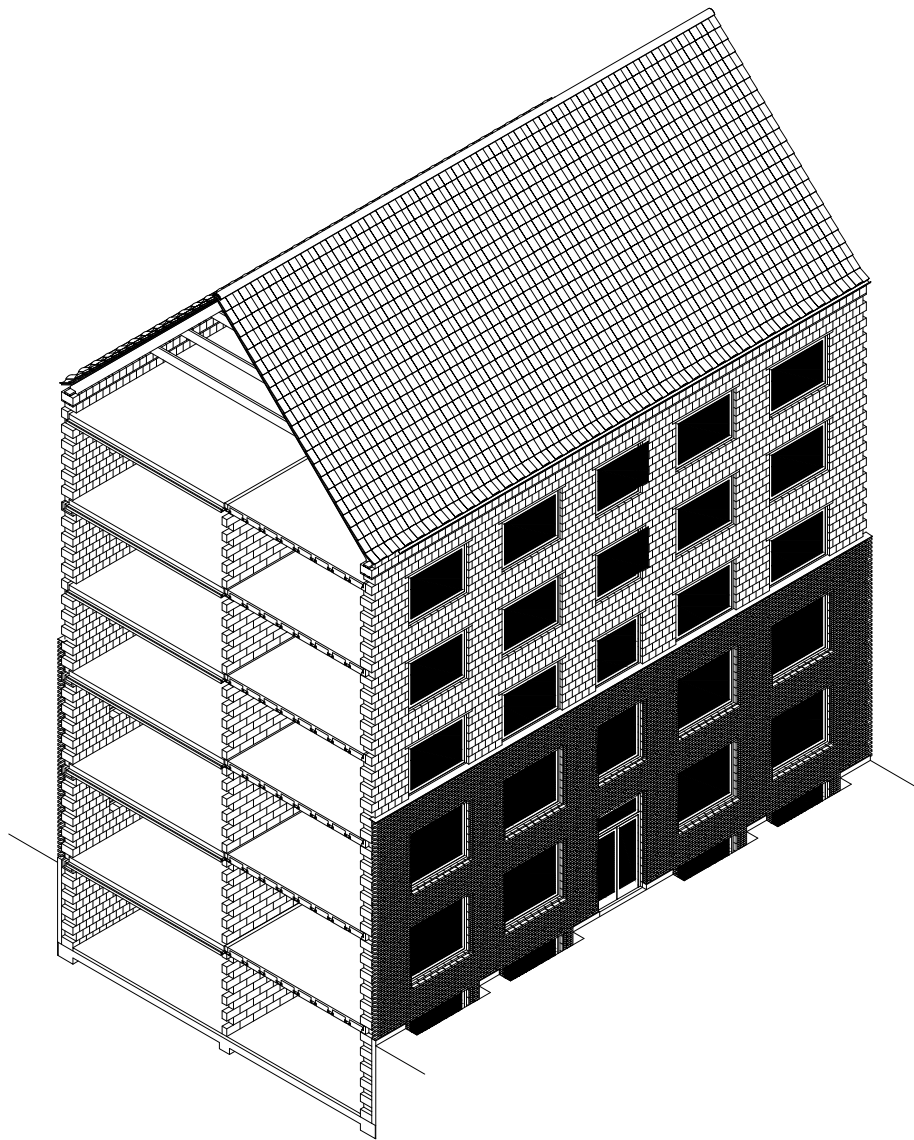
- En sadeltagskonstruktion i træ med maksimalt 45 graders hældning.
- Gennemgående armeret ringbjælker indbygget i den bærende facade på hver etage som vederlag for teglbjælker og øverst for fastgørelse af tagkonstruktion. Disse ringbjælker bruges også som overliggere til alle åbninger i den bærende frontfacade.
- Undersiden af det keramiske dæk skal være på samme niveau som oversiden af U-blokken.
- Hvis det overhovedet er nødvendigt, bør kun væggene omkring elevatoren udføres i beton. Resten af skillevæggene kan udføres i 110/175 mm keramiske blokke.
- Åbninger i facaden står lodret over hinanden i kontinuerlige stabiliserende ydervægge af teglblokke.
- Skalmuren skal sammenflettes til blokmurværket med murstensbindere.



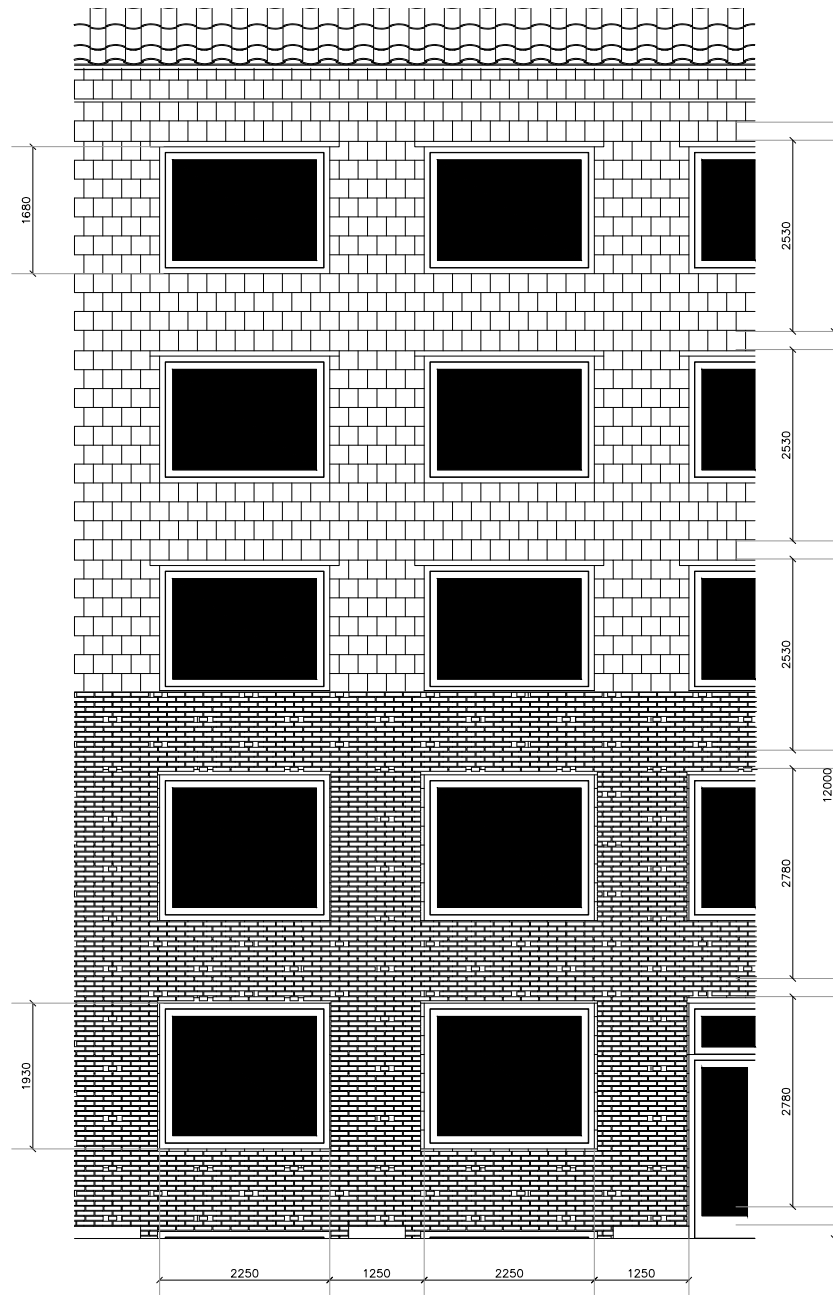
Etageplan, 1:100  
Udsnit af etagebyggeri i blokmur



Etagebyggeri i blokmurværk  
Byhus i fem etager  
Type A

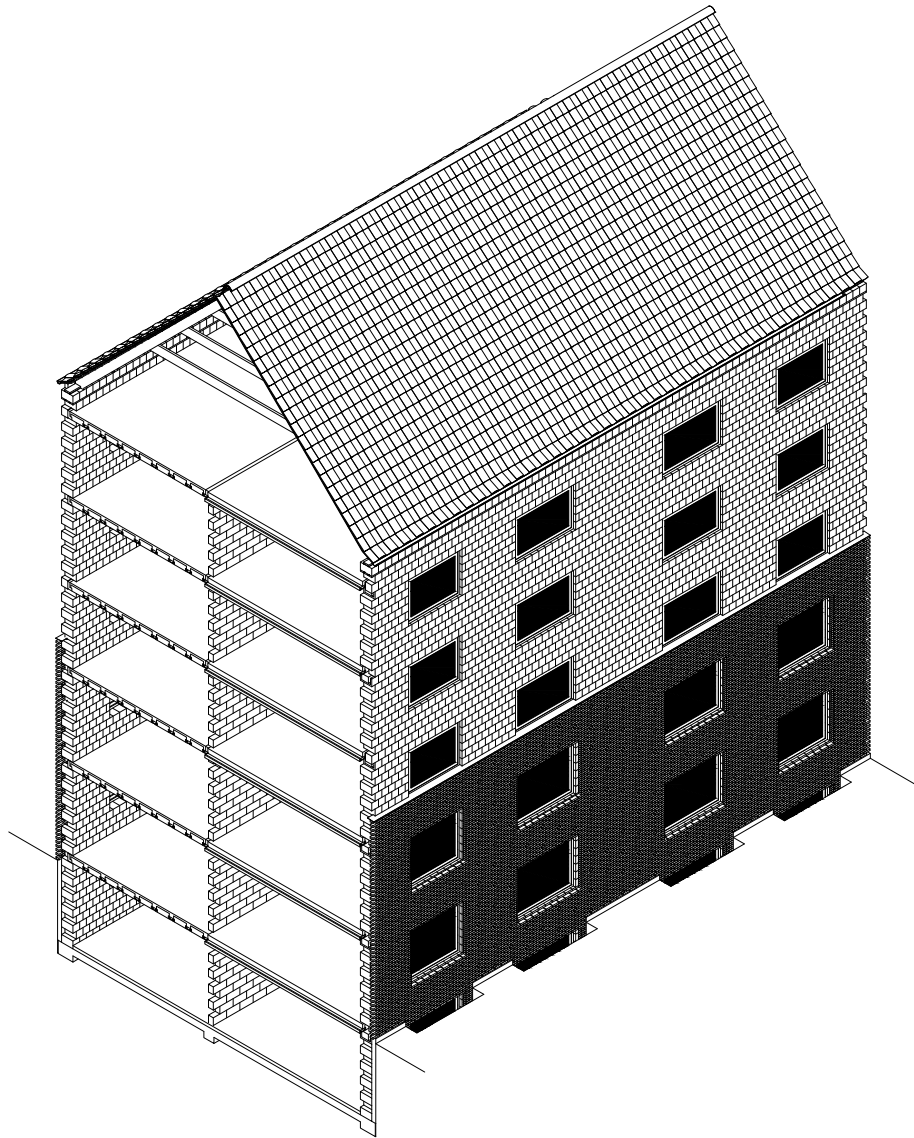


Isometri fra frontfacade, 1:200  
Udsnit af etagebyggeri i blokmur  
Bjælkelagernes forskellige spændretning ses i snitfladen

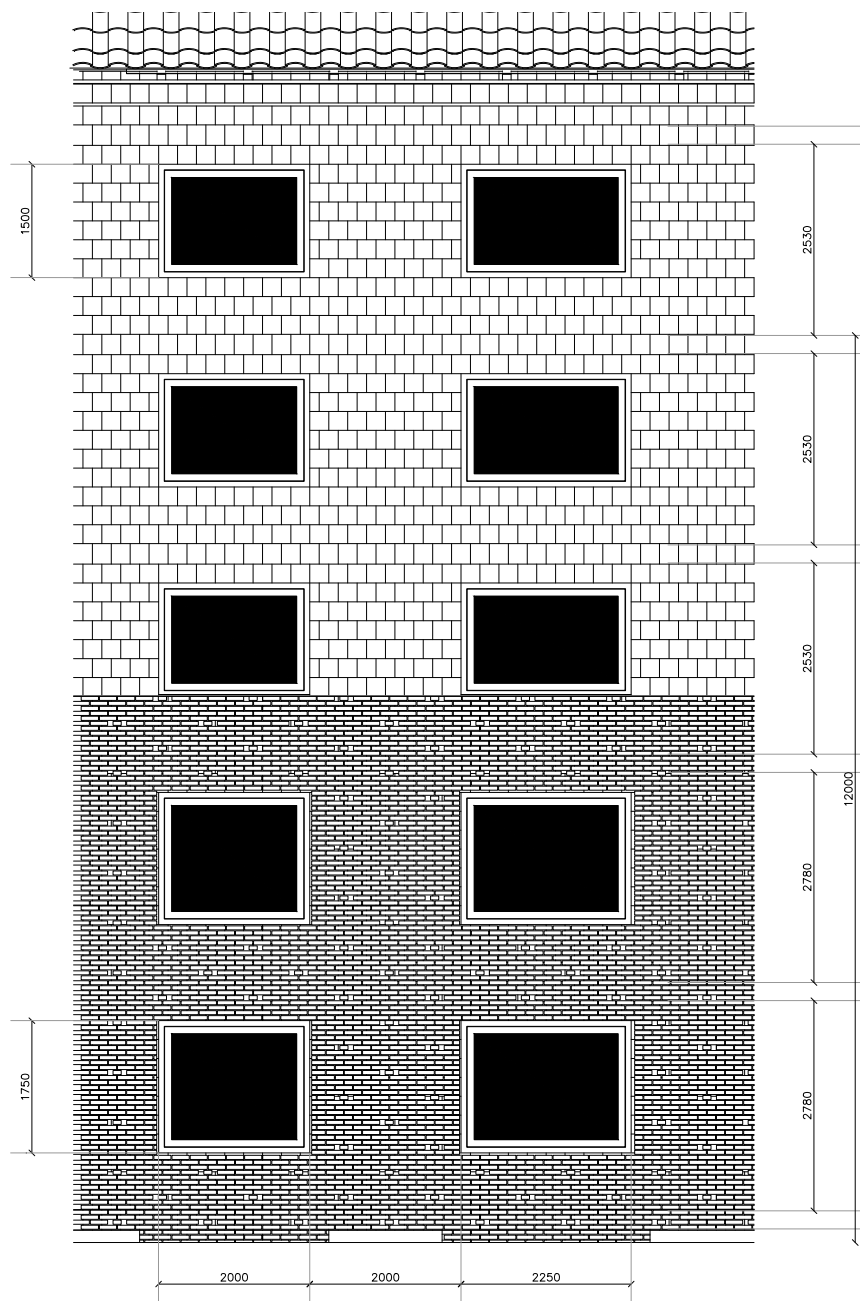


Opstalt ikke-bærende frontfacade, 1:100  
 Bjælkelagets spændretning er parallel med facaden.  
 Overliggere indpasset over vinduer

Etagebyggeri i blokmurværk  
Byhus i fem etager  
Type A

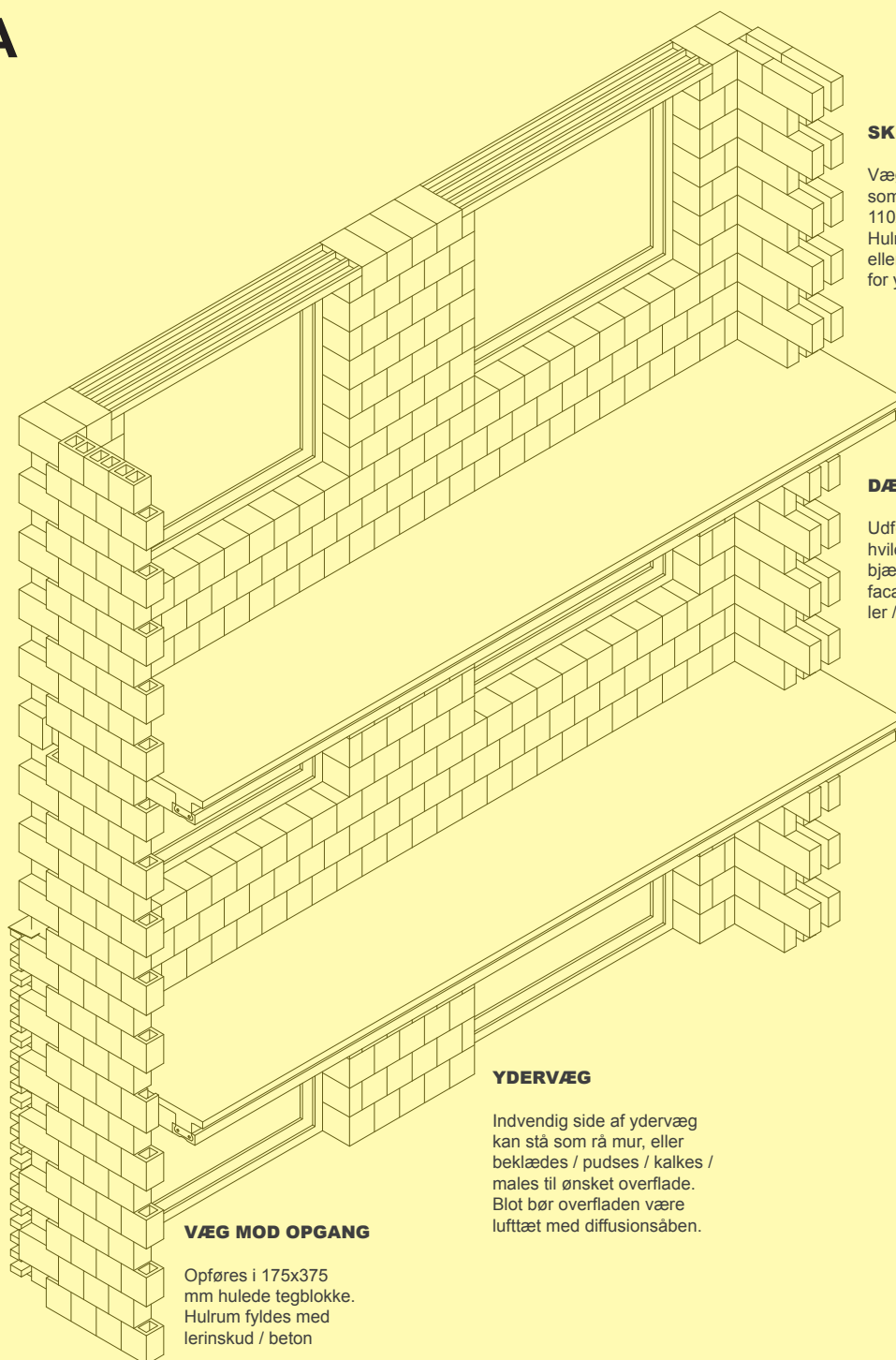


Isometri af bagfacade, 1:200  
Udsnit af etagebyggeri i blokmur  
Bjælkelagernes forskellige spændretning ses i snitfladen



Opstalt bærende bagfacade, 1:100  
 Bjælkelagets spændretning løber på tværs af facade.  
 Bjælketlaget hviler af på udstøbt gennemgående ringbjælke over vinduer

# KNUDEPUNKTER TYPE A



## SKELVÆG

Væg i lejlighedsskel opføres som to parallelle vægge i 110x498 mm teglblokke. Hulrummet fyldes med ler eller et isoleringsmateriale for ydisolering

## DÆK

Udføres i teglelementer, som hviler af på præfabricerede bjælker. Spændretning langs facade. Dæk med afretningslag i ler / beton.

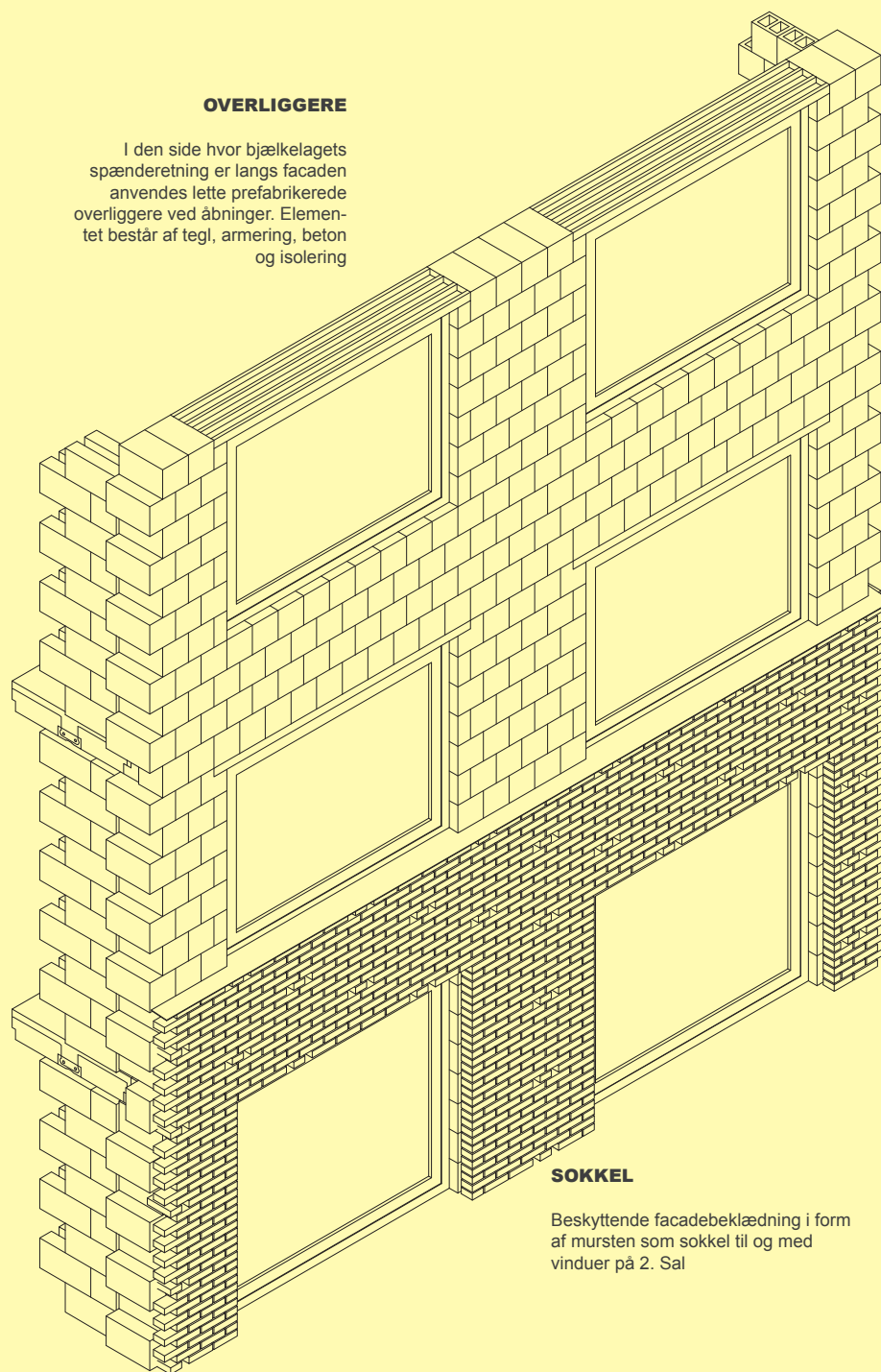
## YDERVÆG

Indvendig side af ydervæg kan stå som rå mur, eller beklædes / pudses / kalkes / males til ønsket overflade. Blot bør overfladen være lufttæt med diffusionsåben.

## VÆG MOD OPGANG

Opføres i 175x375 mm hulede teglblokke. Hulrum fyldes med lerinskud / beton

Isometri frontfacade indvendig side, 1:50  
Konstruktionprincip ikke-bærende ydervæg  
Udsnit af byhus i fem etager



### OVERLIGGERE

I den side hvor bjælkelagets spænderetning er langs facaden anvendes lette prefabrikerede overliggere ved åbninger. Elementet består af tegl, armering, beton og isolering

### YDERVÆG

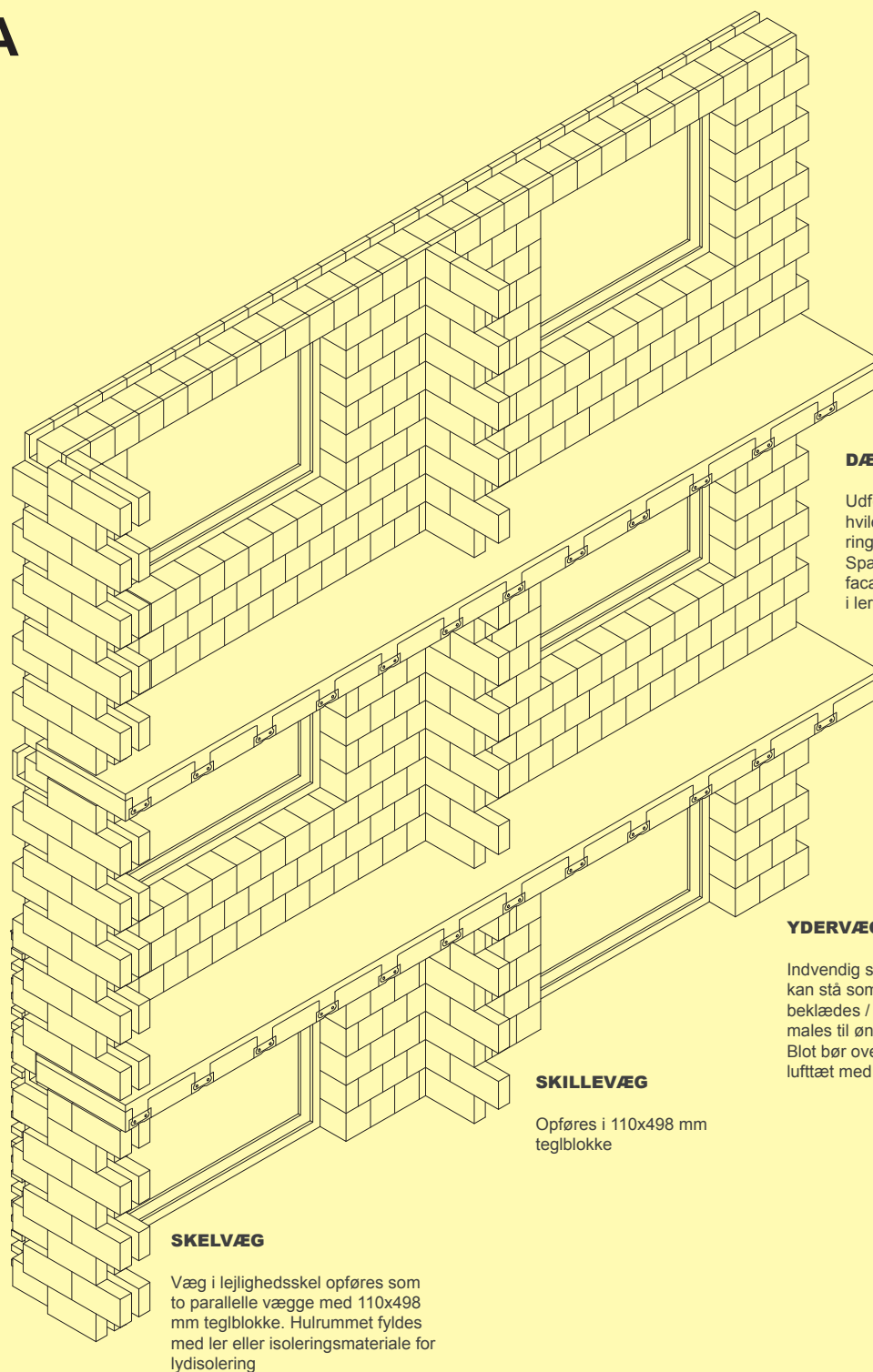
Teglblokke med iboende isoleringsevne, færdig overflade pudses med letpuds og slutpuds

### SOKKEL

Beskyttende facadebeklædning i form af mursten som sokkel til og med vinduer på 2. Sal

Isometri frontfacade udvendig side, 1:50  
Konstruktionprincip ikke-bærende ydervæg  
Udsnit af byhus i fem etager

# KNUDEPUNKTER TYPE A

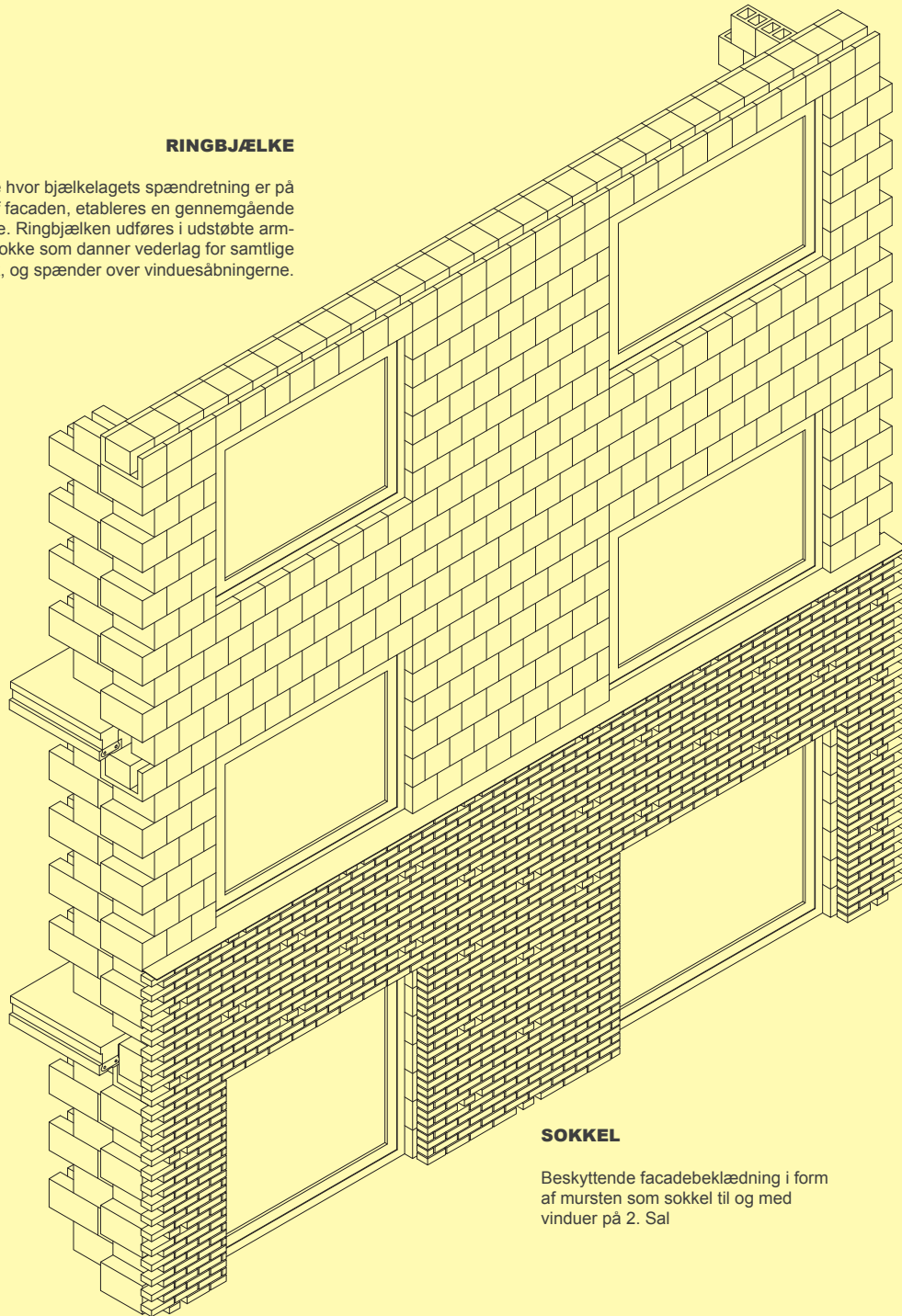


Isometri bagfacade indvendig side, 1:50  
Konstruktionprincip bærende ydervæg  
Udsnit af byhus i fem etager



### RINGBJÆLKE

I den side hvor bjælkelagets spændretning er på tværs af facaden, etableres en gennemgående ringbjælke. Ringbjælken udføres i udstøbte armerede u-blokke som danner vederlag for samtlige etagedæk, og spænder over vinduesåbningerne.



### YDERVÆG

Teglblokke med iboende isoleringsevne, færdig overflade pudses med letpuds og slutpuds

### SOKKEL

Beskyttende facadebeklædning i form af mursten som sokkel til og med vinduer på 2. Sal

Isometri bagfacade udvendig side, 1:50  
Konstruktionprincip bærende ydervæg  
Udsnit af byhus i fem etager



# KNUDEPUNKTER FRONT- OG BAGFACADE

## Tagfod

Vingetagsten  
Taglægte  
Afstandsliste  
Ventileret udertag  
Vindspærre  
Spærkonstruktion  
Tildannet Poroton blok  
Toprem fastgøres i teglblok pr. 600 mm  
Klemmeliste  
Dampspærre  
Poroton teglblok 425x250 mm  
Armeret fuge

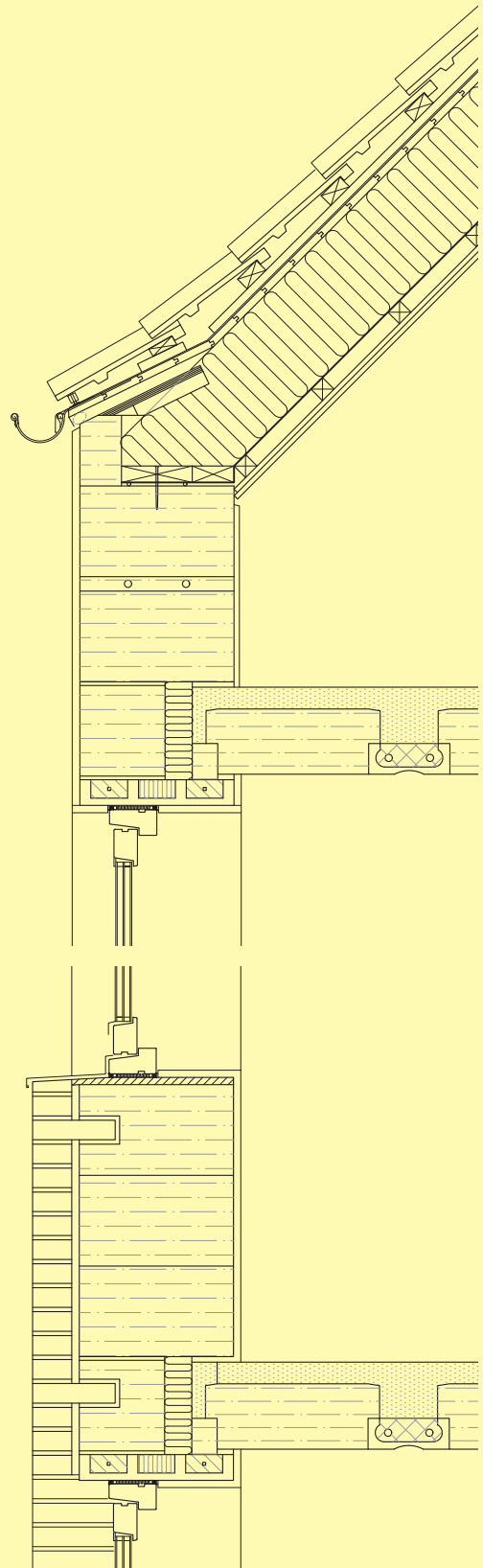
## Facadeopbygning

Facadebeklædning slut- og letpuds fra 1. Sal og opefter  
Facadebeklædning standard dansk mursten til og med 1. Sal  
Poroton bærende og isolerende murblok 425x250 mm  
Tildannet Poroton blok i niveau med dæk 235x250 mm, 75 mm isolering  
Præfabrikeret overligger med armering og isolering i teglskal

## Dækopbygning

Dækelementer i tegl udlægges mellem præfabrikerede U-bjælker  
Afsluttende klaplag med ler.  
Bjælkelaget hviler af på bærende indervægge

Lodret snit frontfacade, 1:20  
Ikke-bærende ydervæg  
Detalje af byhus i fem etager



### Tagfod

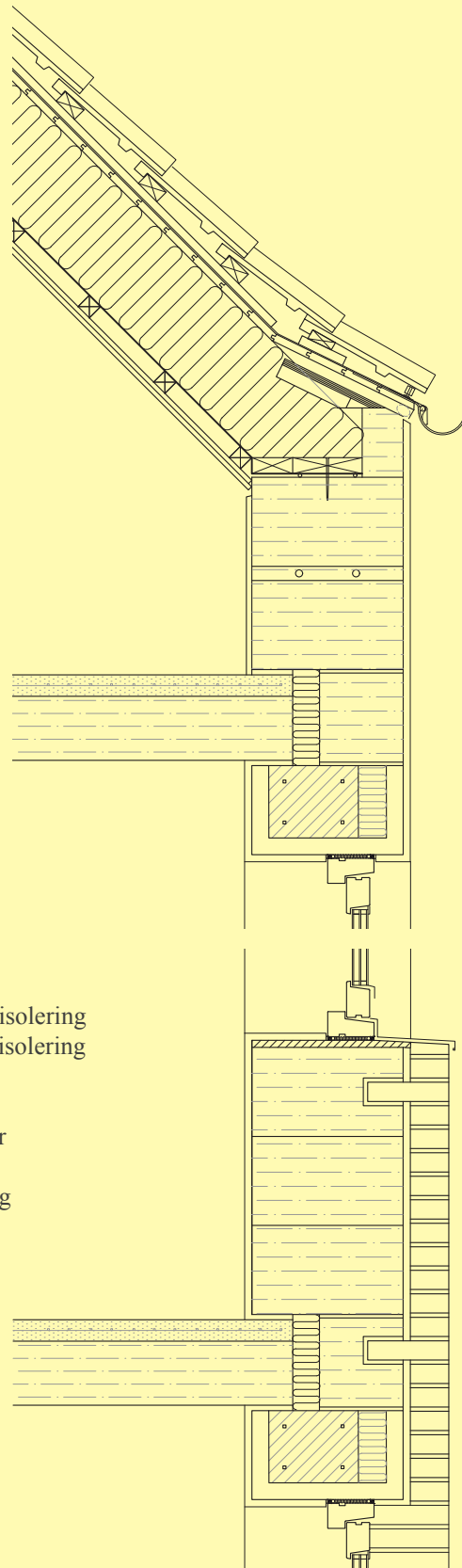
Vingetagsten  
Taglægte  
Afstandsliste  
Ventileret udertag  
Vindspærre  
Spærkonstruktion  
Tildannet Poroton blok  
Toprem fastgøres i teglblok pr. 600 mm  
Klemmeliste  
Dampspærre  
Poroton teglblok 425x250 mm  
Armeret fuge

### Facadeopbygning

Facadebeklædning slut- og letpuds fra 1. Sal og opefter  
Facadebeklædning standard dansk mursten til og med 1. Sal  
Poroton bærende og isolerende murblok 425x250 mm  
Tildannet Poroton blok i niveau med dæk 235x250 mm, 75 mm isolering  
Ringbjælke som udstøbt U-blok i tegl og armeret beton, 75 mm isolering

### Dækopbygning

Dækelementer i tegl udlægges mellem præfabrikerede U-bjælker  
Afsluttende klaplag med ler.  
Bjælkelaget viler af på bærende indervæg og ringbjælke i ydervæg

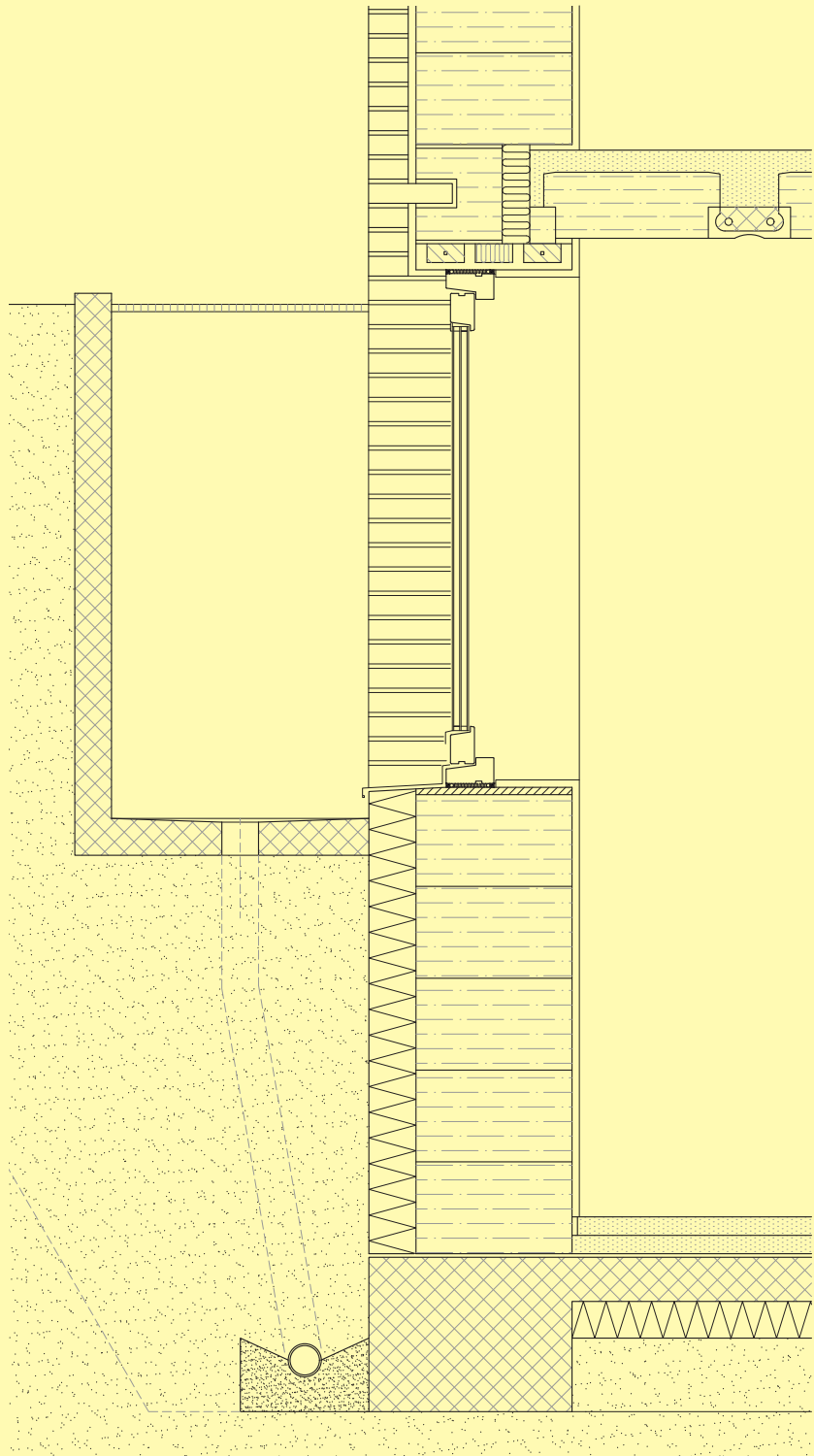


Lodret snit bagfacade, 1:20  
Bærende ydervæg  
Detalje af byhus i fem etager

# KNUDEPUNKTER TYPE A

## Sokkelopbygning

Lyskasse i beton, fastgøres i ydermur  
Varmgalvaniseret rist  
Fald mod dræn  
Studs for drænrør  
Drænplade 75 mm  
Berapning, bitumenbehandling  
Trykfast isolering  
2x Kælder Poroton blok 425x250 mm  
Betonfundament  
Omfangsdræn



Lodret snit fundament, 1:20  
Ikke-bærende ydervæg  
Detalje af byhus i fem etager

# TEGLDÆK

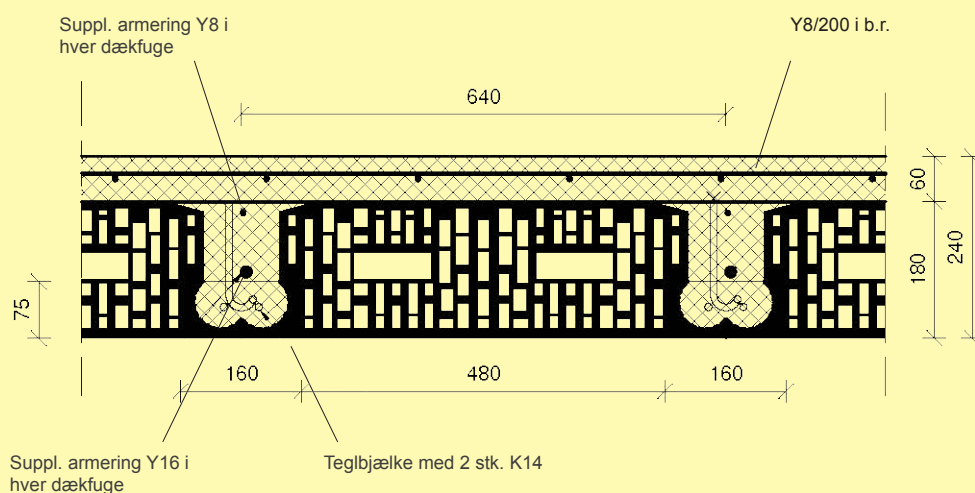
Tegldæk opbygges af armerede teglbjælker med indstøbt filigranarmering, som udlægges med håndkraft med en c/c afstand på 640 mm.

Derefter udlægges teglelementer med en dimension på 530x250 mm mellem bjælkerne, med et vederlag på 25 mm, svarende til en fals i dækelementet.

Det 110 mm brede spor mellem dækelementerne udstøbes til overkant dækelement, eller yderligere 30-70 mm over dækelement, for at danne en sammenhængende betonflade. Betonfladen kan anvendes som færdigt gulv, eller beklædes afhængigt af formål.

Eksempler på spændevide i forhold til dækhøjde:

	dæk	spænd
u/ støbt slutlag	180 mm	3,80 m
	210 mm	5,30 m
	250 mm	6,30 m
m/ støbt slutlag	190 mm	4,20 m
	210 mm	5,40 m
	250 mm	6,50 m
	280 mm	7,30 m



Principssnit, 1:10  
Armeret tegldæk  
Tegning fra Henry Jensen Rådgivende Ingeniører



Byggeplads hvor teglblokke bruges til opbygning af ydervægge og indervægge.  
Præfabrikerede bjælker i loft til udlægning af dækelementer i tegl  
Præfabrikeret overligger ved vinduesåbning.  
Foto Nini Leimand





Isometri, visualisering  
Udsnit af pudset og teglbelædt etagebyggeri i blokmur

# Blokmurværk

## Byhus i flere etager

### Type B

I Danmark er isolerende teglblokke Poroton testet til at bære højst 2½ etagers bygninger. Derfor er det i følge de danske distributører nødvendigt at indføre et skellet af bærende søjler og bjælker i blokmurværkets nederste 3 etager ved femetagesbyggeri. De to øverste 2 etager tænkes udført alene i blokmurværk for at reducere mængden af beton og arbejds gange.

Et af de få eksempler hvor metoden bruges til bygninger i flere etager, Oluf Bagers Plads 4-8 tegnet af Praksis Arkitekter, fremvises som eksempel 1 i denne publikation. Her bliver blokmurværket suppleret med et betonskellet af søjler og bjælker. Oluf Bagers Plads er udført i 3½ etager, og i denne publikation præsenteres en iteration af dette konstruktionsprincip i 5 etager. Dette konstruktionsprincip kan i princippet udvides til flere etager eftersom den bærende skeletkonstruktion udgøres af det armerede betonskelet.

Inspireret af Praksis Arkitekters byggeri på Oluf Bagers plads 4-8 i Odense (2019) gives her forslag til et generisk etagebyggeri i 5 etagers blokmurværk med indstøbte betonsøjler i de nederste 3 etager.

U-formede teglblokke, der primært er beregnet til at agere permanent forskalling ved større åbninger end 3 meter eller ringbjælker, der afslutter blokmurværket til montering af tagkonstruktionen, anvendes som forskalling til betonsøjlerne og bjælker.

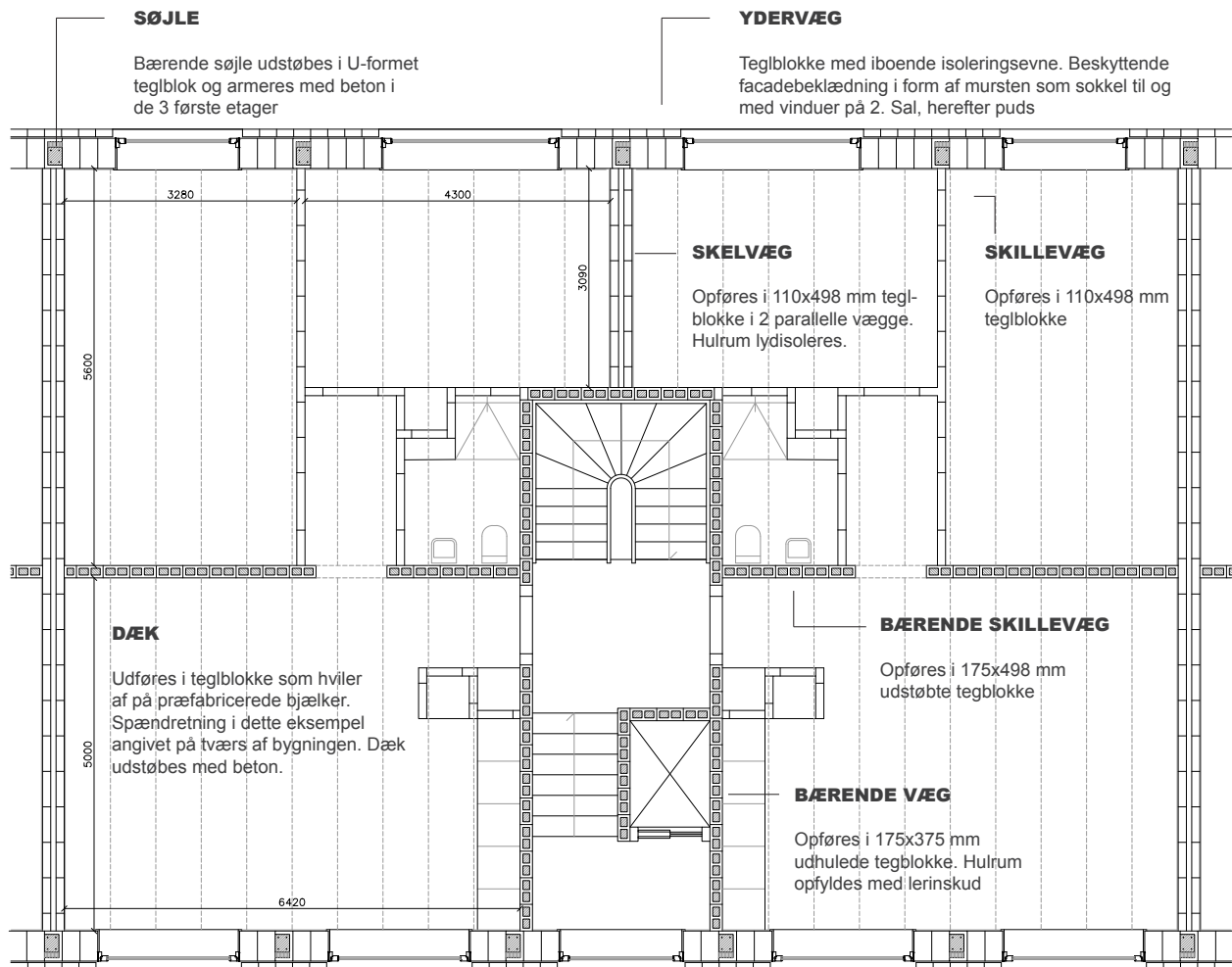
Ambitionen er at bruge så meget lerbaseret materiale og produkter som muligt. Her er Poroton blokmurværk en oplagt løsning, da blokken kan erstatte gængse isoleringsprodukter og i stedet tilbyde en homogen væg lavet af 425 mm keramiske blokke ideel til enhver form

for beklædning på yder- og indersiden for at etablere stillestående isoleringsluft og beskytte de porøse blokke fra frostsprængninger. I dette tilfælde foreslås blokmurværket flettet sammen med en ½ stens teglmur af standardformat mursten i 108 mm som beskyttelse af bygningens base. Fra fx. underkant vindue på 1. sal pudses blokmurværket med to lag puds: letpuds og slutpuds. På indvendig side pudses blokmurværket med 15 mm lerpuds. Alternativt gipspuds.

Dækkonstruktionen er opbygget i teglelementer, der spænder mellem de bærende ydervægge hvor lasten fra de armerede teglbjælker distribueres ud på en ringbjælke af armerede U-blokke.

Dette forslag undgår så vidt muligt uhensigtsmæssige kompleksiteter og bestræber sig på at følge nedenstående logikker:

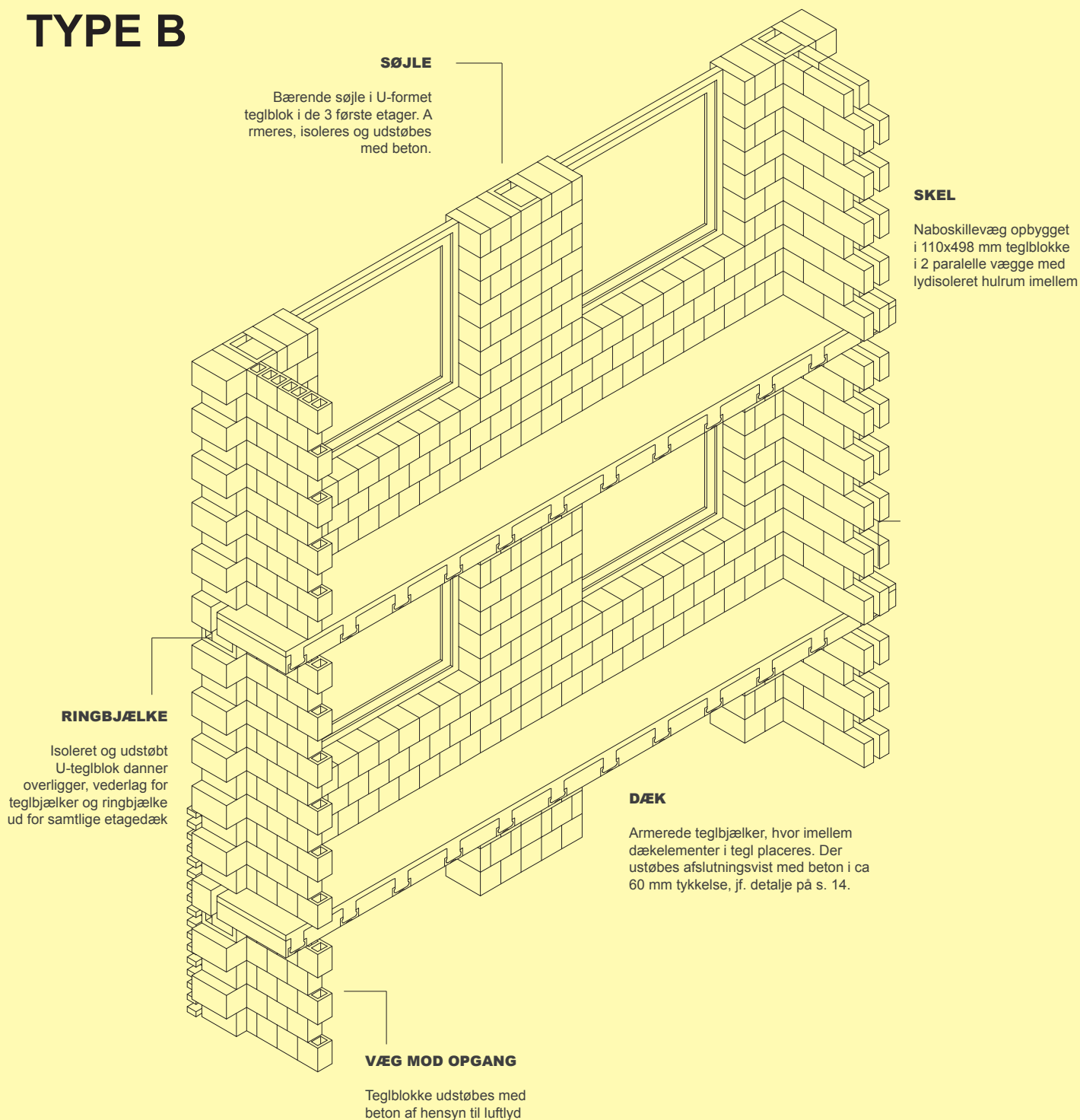
- En sadeltagskonstruktion i træ med maksimalt 45 graders hældning.
- Gennemgående armeret ringbjælker indbygget i den bærende facade på hver etage som vederlag for teglbjælker og øverst for fastgørelse af tagkonstruktion. Disse ringbjælker bruges også som overliggere til alle åbninger i den bærende frontfacade.
- Undersiden af det keramiske dæk skal være på samme niveau som oversiden af U-blokken.
- Hvis det overhovedet er nødvendigt, bør kun væggene omkring elevatoren udføres i beton. Resten af skillevæggene kan udføres i 110/175 mm keramiske blokke.
- Åbninger i facaden står lodret over hinanden i kontinuerlige stabiliserende ydervægge af teglblokke.
- Skalmuren skal sammenflettes til blokmurværket med murstensbindere.



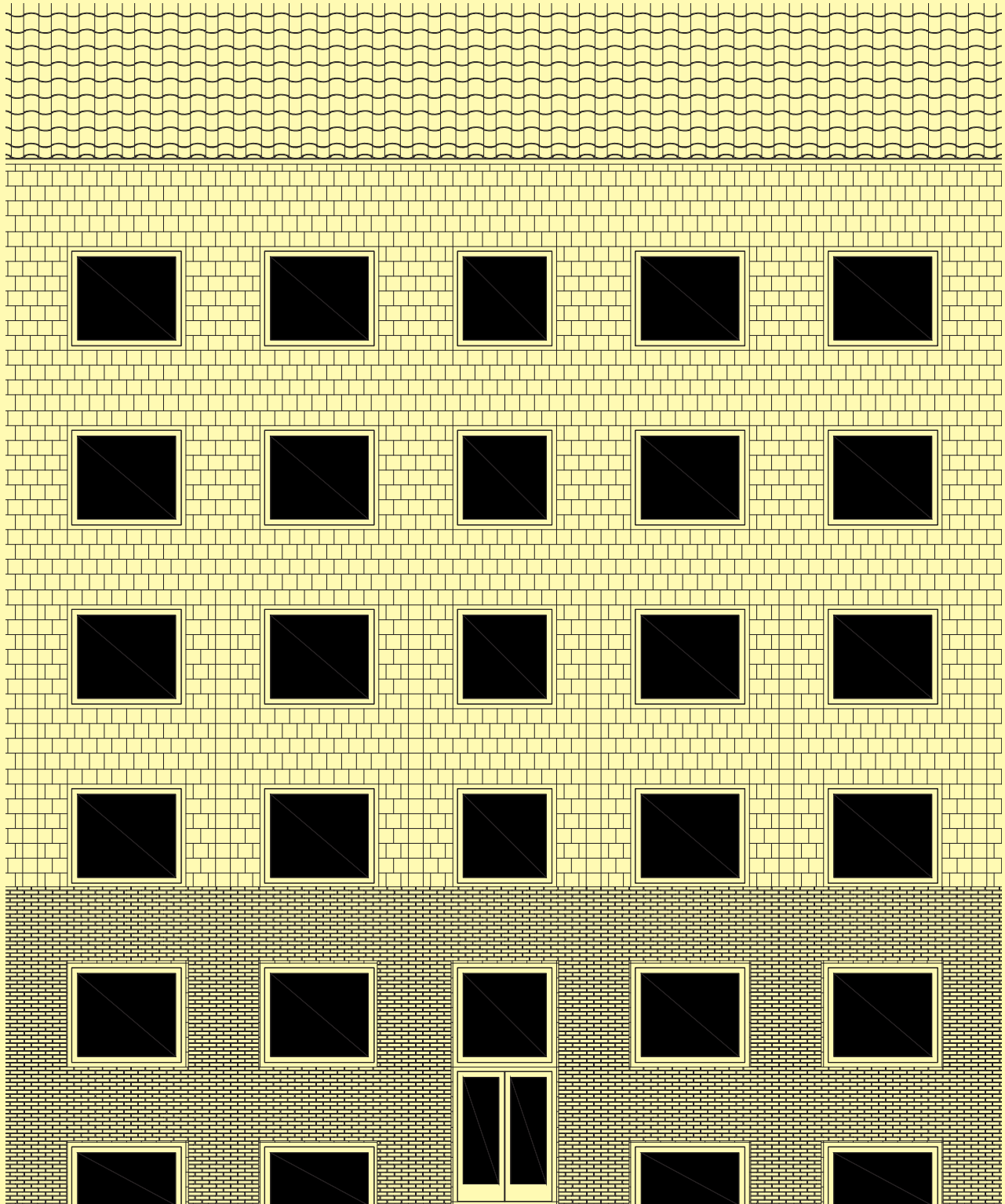
Etageplan, 1:100  
Udsnit af etagebyggeri i blokmur med insitu betonskelet



# KNUDEPUNKTER TYPE B



Isometri indvendig side, 1:50  
Konstruktionprincip bærende ydervæg  
Udsnit af byhus i flere etager



Opstalt, 1:100  
Bærende front facade  
Blotlagt murblokfacade over sokkel hvor lodret skeletkonstruktion til 2. Sal fremstår. Murblok danner halvstensforbandt, og slutpudses

# Eksempel 1

## Blokmurværk med skeletkonstruktion

I 2019 blev der opført en 3½ etagers bygning i Odense på Oluf Baggers Plads 4-8 projekteret som en 'bindingsværkskonstruktion' i armerede betonsøjler og bjælker integreret i blokmurværket. I dette eksempel fungerer blokmurværket som en isolerende og permanent forskalling på ligeligt spredte steder, hvor de lodrette kræfter ledes ned via 200x200 mm armerede betonsøjler og bjælker ligeligt fordelt i blokmurværket på steder.

Bygherrens ambition var at bruge så meget lerbaseret materiale og produkter som muligt. Her er blokmurværk i Poroton en oplagt løsning, da blokken kan erstatte indbyggede isoleringsprodukter, og i stedet tilbyde en homogen væg lavet af 425 mm keramiske blokke. Væggen egner sig til enhver form for beklædning på yder- og indersiden, for at etablere stillestående isolerende luft og beskytte de porøse blokke fra frostskafer. I dette tilfælde er blokmurværket beklædt på ydersiden med en skalmur i standardformat mursten i 108 mm fastholdt med murbindere. På indersiden er blokmurværket pudset med 15 mm lermørtel og afsluttet med lermaling.

For yderligere at opfylde kundens ambition om lerbaserede materialer, når det er muligt, er der til dækkonstruktionen brugt teglelementer, der spænder mellem betonarmerede keramiske overliggere.

Bygningerne skal afspejle det omkringliggende historiske kvarter. Derfor er bygningerne affasede med stumpe og spidse hjørner og raffinerede tærskler med buer over indgange, hvor bag dørene er trukket tilbage fra facadens udkræning.

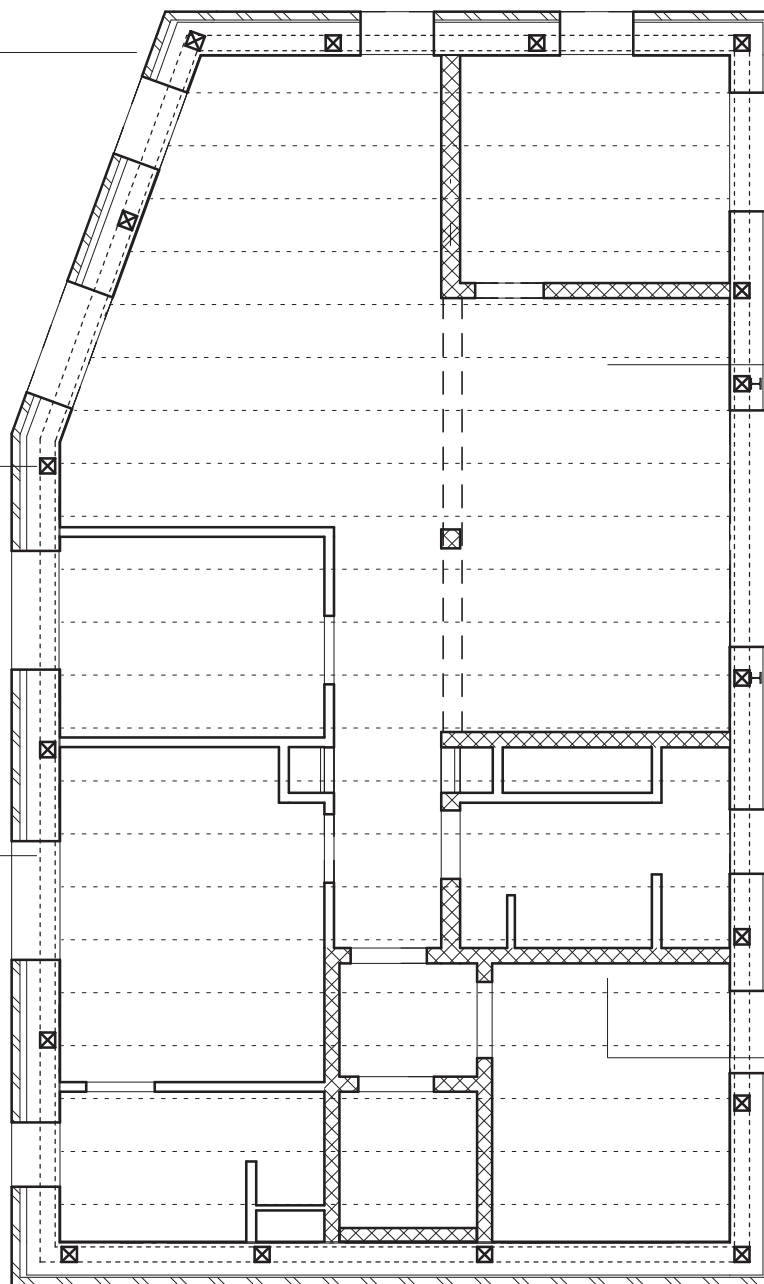
1:1 test af alternative løsninger til den mindre bæredygtige standard byggepraksis baseret på betonelementer er afgørende. Oluf Baggers Plads tilbyder et meget ambitiøst eksperiment for maksimal brug af lerbaserede materialer. Men ikke kun er projektet skræddersyet til en bygherre, hvor håndværksmæssige dyder generelt prioriteres; byggeteknikken er desuden utraditionel og det samme er den facetterede bygningskrop.

Bygherre: Real Dania A/S  
Færdig til indflytning: 2019  
Arkitekt: Praksis Arkitekter ApS  
Ingeniør: Henry Jensen a/s  
Udførende: S. Guldfeldt Nielsen a/s

**YDERVÆG**  
Facadebeklædning i form af mursten, som fastgøres med metalbindere. Luftspalte mellem bærende væg af isolerende teglblokke og skalmur.

**SØJLE**  
Bærende søjle armeres og udstøbes med beton i U-formet teglblok.

**OVERLIGGERE**  
U-teglblok danner overligger, vederlag for teglbjælker og ringbjælke lidt under samtlige etagedæk, markeret som stiplede linie.



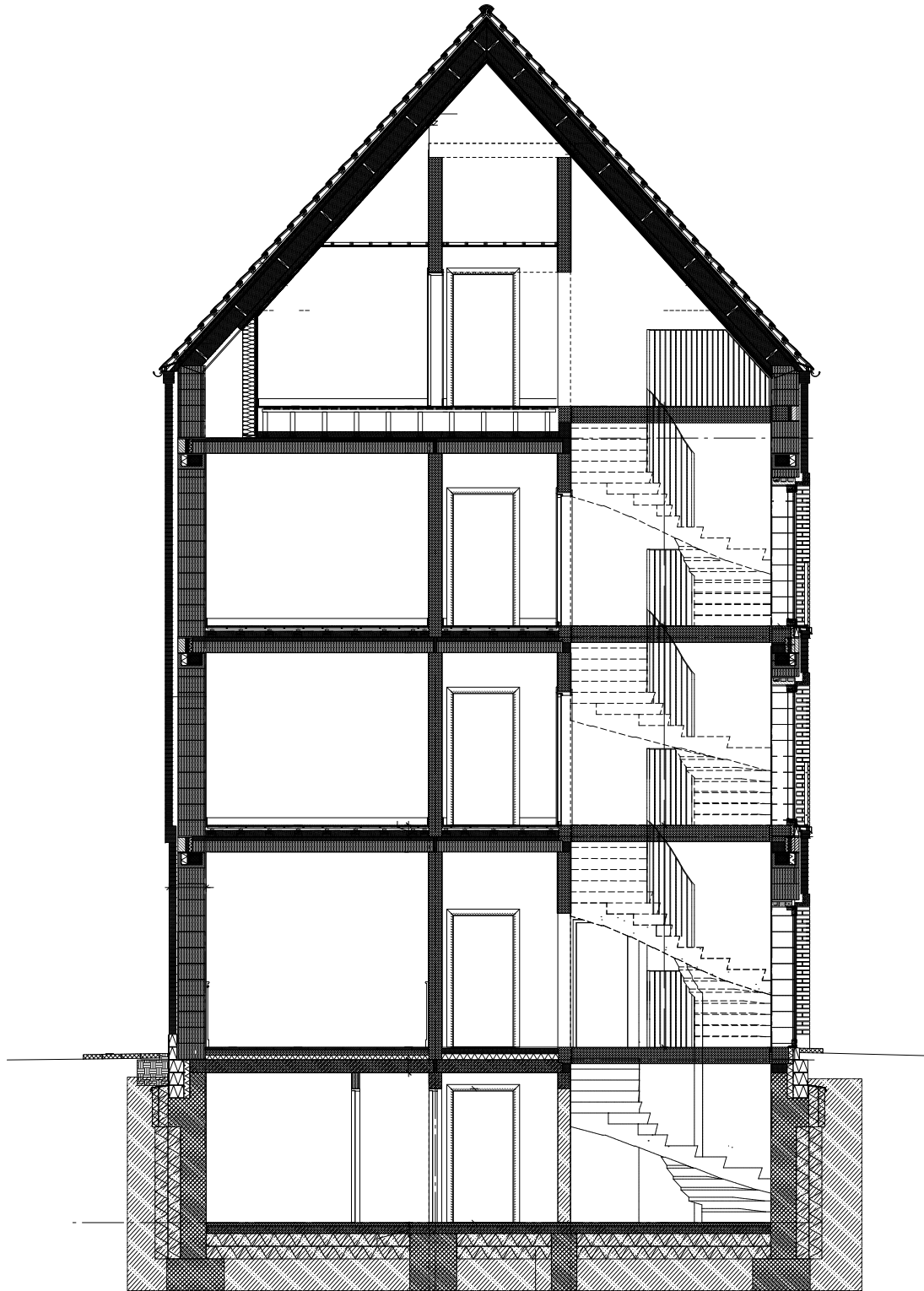
**DÆK**  
Armeret tegldæk med udstøbt beton. Spænderetning angivet.

**SKILLEVÆGGE**  
Bærende skillevægge støbt in-situ, med afstivende effekt på bygningen

Oluf Baggers Plads  
Praksis Arkitekter, 2019

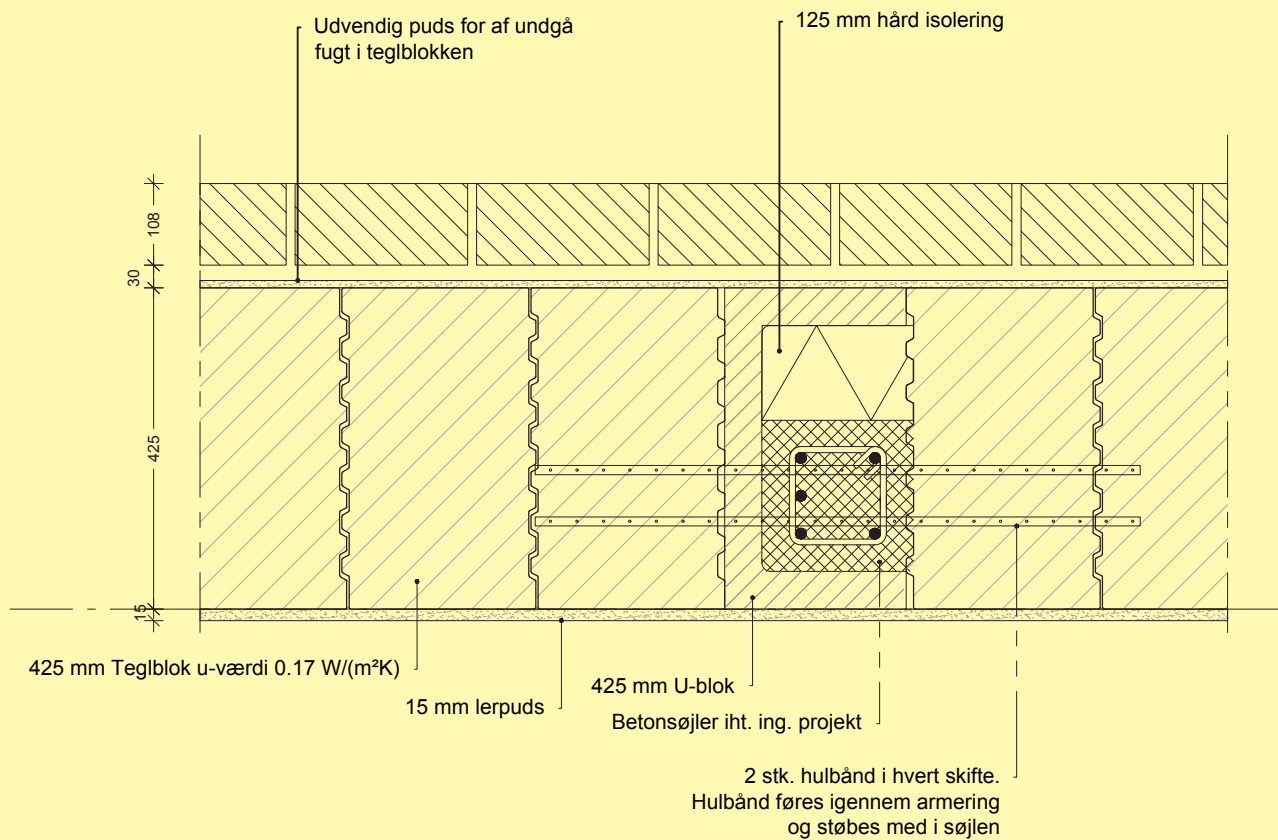


Fotografi, copyright Laura Stamer  
Oluf Baggers Plads  
Praksis Arkitekter, 2019



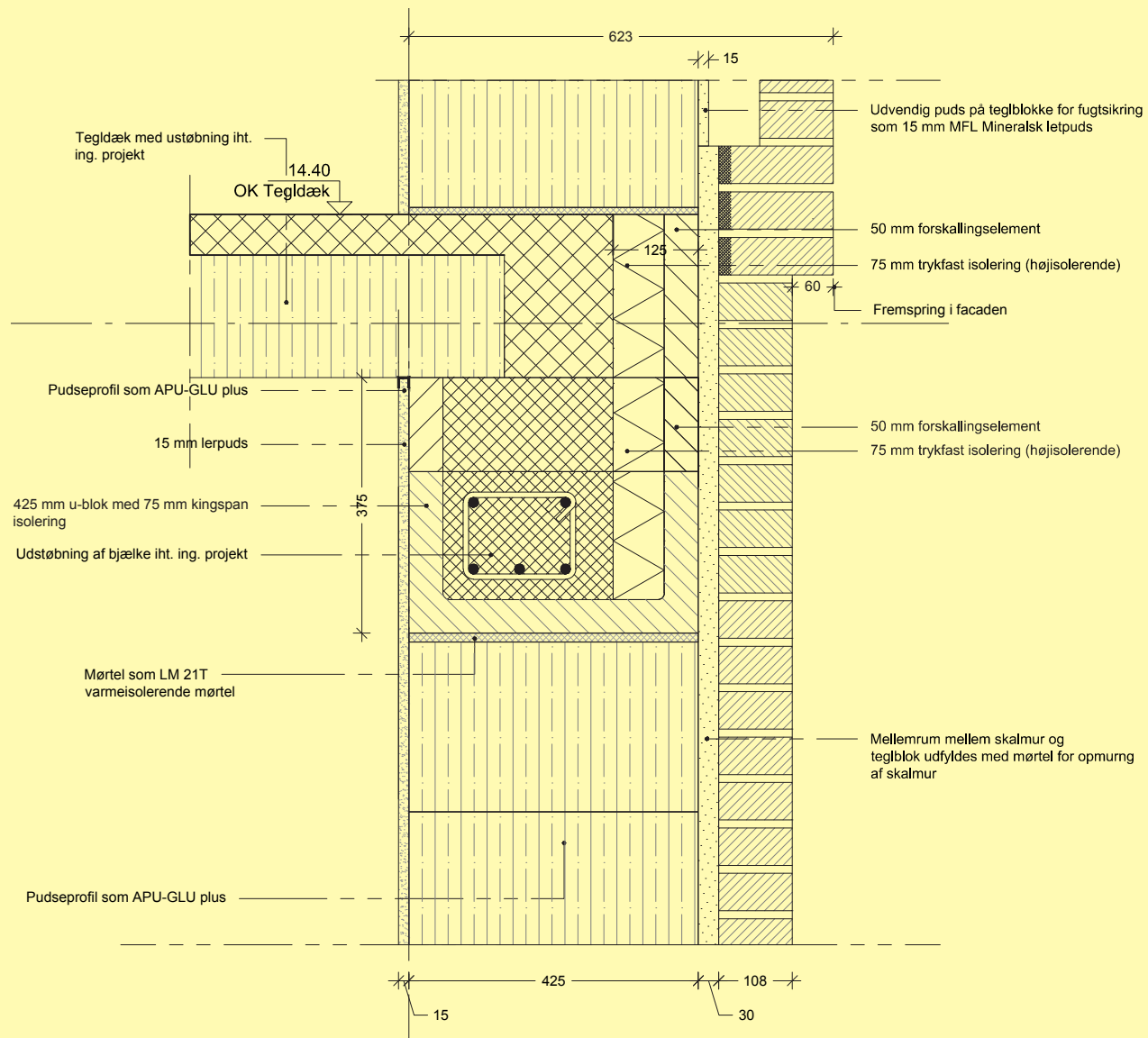
Tværsnit, skala 1:100  
Oluf Bagers Plads  
Praksis Arkitekter, 2019

# KNUDEPUNKTER



Vandret snit, skala 1:10  
Bærende skeletkonstruktion som udstøbt U-blok i tegl  
Oluf Bagers Plads  
Praksis Arkitekter, 2019





Lodret snit, skala 1:10  
 Overligger som udstøbt U-blok ved møde mellem facade og dæk  
 Oluf Baggers Plads  
 Praksis Arkitekter, 2019



# Eksempel 2

## Blokmurværk

### Enfamiliehus i et plan

LETH & GORI's Brick House er et projekt, der skaber innovation ved at genopfinde historien. Ved at genbesøge materialer og løsninger fra historiske huse, som har vist sig at være robuste og har en lang levetid, skabes en ny type moderne bæredygtige huse. Brick House er en del af et udviklingsprojekt med titlen Mini-CO2-huse, initieret af den filantropiske fond Realdania. Målet med Realdanias projekt er, at udvikle bæredygtige huse til en overkommelig pris med et lavt CO2-fodaftryk. I alt er der bygget seks huse på en grund i Nyborg i Danmark. Hvert hus med en forskellig tilgang til, hvordan CO2-reduktion kan opnås; for eksempel ved at fokusere på materialer og byggeteknikker eller ved at fokusere på at hjælpe beboerne med at reducere CO2.

Brick House har to hovedformål; at skabe et hus, der er vedligeholdelsesfrit i 50 år; og at skabe et hus med en levetid på minimum 150 år.

Samarbejdspartnere på projektet:

Real Dania By & Byg

LETH & GORI

Buro Happold

Teknologisk Institut

SBI

MURO

Nini Leimand, KADK Institut 2.

Hovedentreprenør: Ebbe Bernth Murer og Tømrer

Murer: Murermester Ask Askholm

Tømrer: Ole Larsen & Sønner v. Anders Larsen ApS



Plantegning, 1:100  
Brick House  
Leth & Gori, 2014

Brick House  
Leth & Gori, 2014



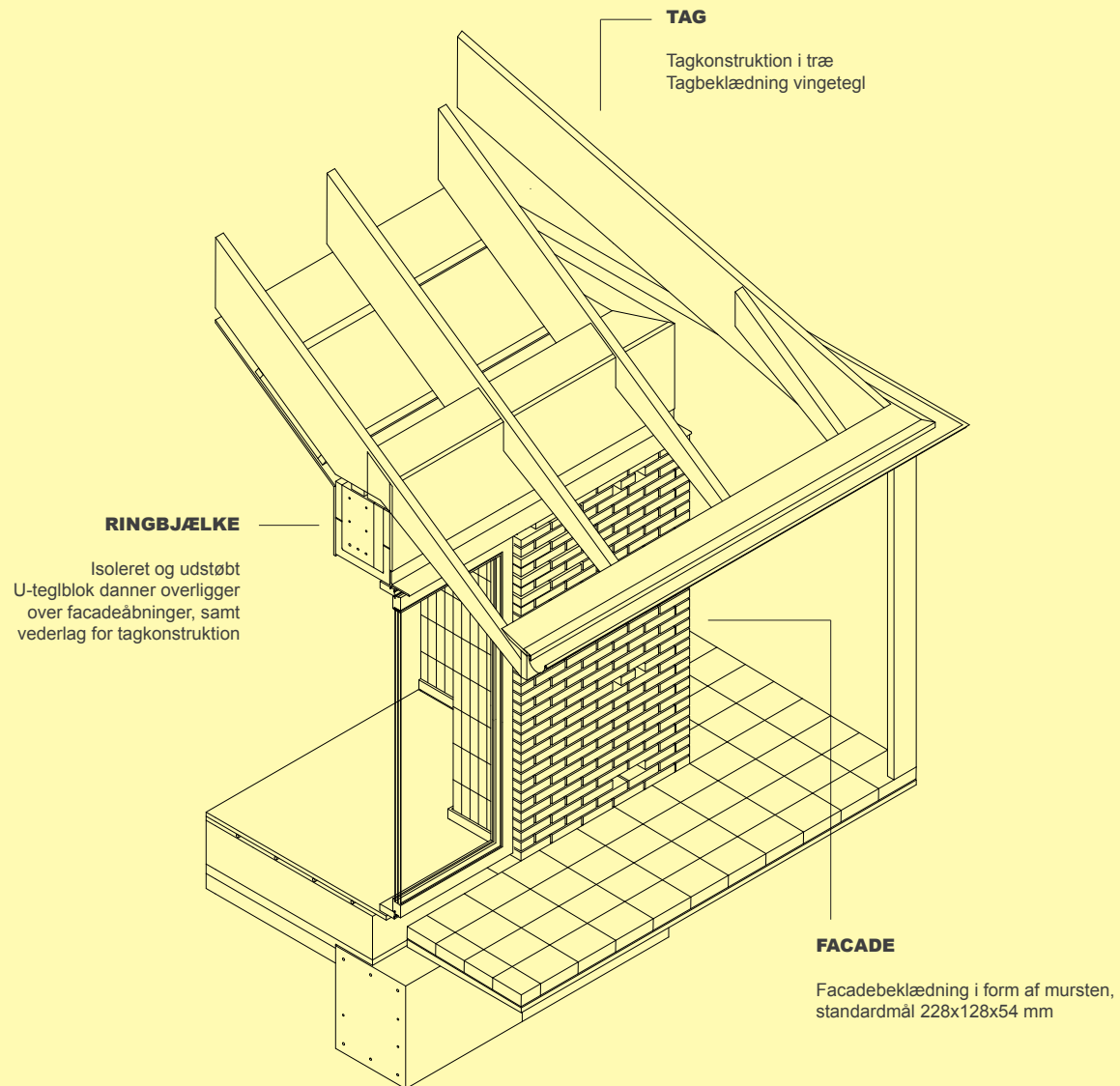
Fotografi  
Brick House  
Leth & Gori, 2014  
Copyright, Laura Stamer



Byggeplads  
Brick House  
Leth & Gori, 2014



# KNUDEPUNKTER



Isometri, 1:50  
Brick House  
Leth & Gori, 2014



### FASTE BINDERSTEN

Mursten, standardmål 228x128x54 mm  
forbinder facadebeklædning med  
bærende væg af teglblok

### MELLEMRUM

Afstand mellem bærende væg af  
murblok, og murstensbeklædning, 30  
mm. Opfyldes løbende med mørtel

### BÆRENDE VÆG

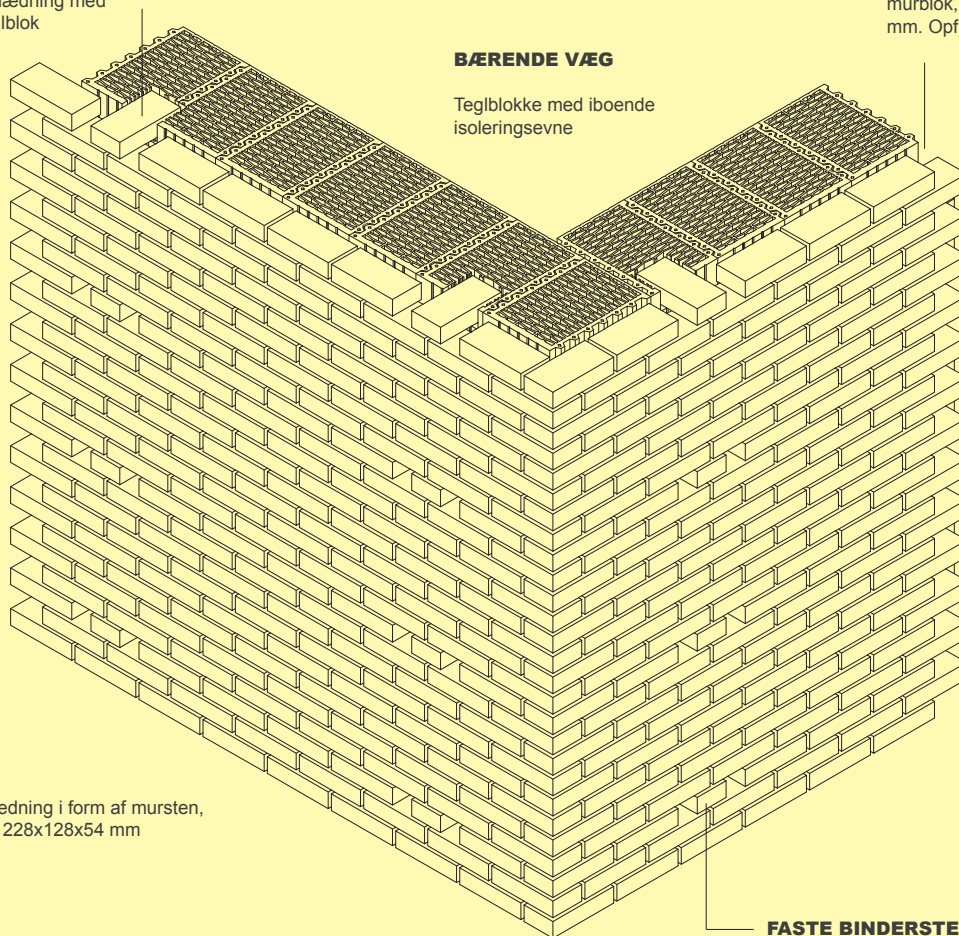
Teglblokke med iboende  
isoleringsevne

### FACADE

Facadebeklædning i form af mursten,  
standardmål 228x128x54 mm

### FASTE BINDERSTEN

Mursten, standardmål 228x128x54 mm  
forbinder facadebeklædning med  
bærende væg af teglblok



## Litteraturliste

Erhvervs phd: *Blokmurværkets arkitektoniske potentiale*

Leimand, N., 2008. BLOKMUR – MURBLOK – Det beklædte blokmurværks enkle natur og arkitektoniske potentiale.  
<https://kglakademi.dk/case/blokmurvaerkets-arkitektoniske-potentiale>

Paper: *A slim concrete skeleton within thick block masonry: multi-story building construction*

Leimand, N., 2022. A thin Concrete Skeleton in Thick Block Masonry, ICSA 2022, Aalborg  
<https://adk.elsevierpure.com/en/publications/a-slim-concrete-skeleton-within-thick-block-masonry-multi-story-b>



