

KAT.

MONTAGEBYGGERI 4

DANSK INGENIØRFORENING · BYGGERATIONALISERINGSUDVALGET

**MONTAGEBYGGERI**

PUBLIKATION NR. **4**

FUGER

# FUGER

Samling af elementer,  
specielt betonelementer

*Joints in Pre-cast Constructions*

ARBEJDSUDVALG 4 KØBENHAVN 1956

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG

LABORATORIET FOR BYGNINGSTEKNIK

I henhold til lov nr. 209 af 7. juni 1952 har boligministeriet af midlerne til teknisk-videnskabelig forsknings- og forsøgsvirksomhed stillet 194.000 kr. til rådighed for Dansk Ingeniørforening til brug for et udvalg vedrørende BYGGERIETS RATIONALISERING, især MONTAGEBYGGERI.

Denne publikation er en del af udvalgets arbejde i årene 1954-57.

Arbejdet har været fordelt på nedenstående udvalg:

#### Hovedudvalg

- Arbejdsudvalg 1. Montagebyggeriets nuværende stade.
- Arbejdsudvalg 2. Facadeelementers rationelle opbygning og virkemåde.
- Arbejdsudvalg 3. Statistiske problemer i montagebyggeri.
- Arbejdsudvalg 4. Fuger, tolerancer og installationer.

#### Udvalgsmedlemmer:

#### Medlem af udvalg:

Civilingeniør POVL R. ANDERSEN, formand for udvalg 4 .....	Hovedudvalg, 2, 4
arkitekt PH. ARCTANDER, M.A.A. ....	Hovedudvalg, 1
underdirektør, civilingeniør J. CHRISTOFFERSEN .....	3
civilingeniør P. M. FREDERIKSEN .....	4
direktør, civilingeniør JOH. HARTMANN .....	1
arkitekt EDV. HEIBERG, M.A.A. ....	4
civilingeniør W. JØNSSON .....	3
civilingeniør JOHS. JØRGENSEN .....	1
civilingeniør C. C. KIRCHHEINER .....	2
professor P. KJÆRGAARD, M.A.A. ....	4
civilingeniør V. KORSGAARD .....	2
arkitekt ESKE KRISTENSEN, M.A.A. ....	Hovedudvalg, 1, 2
civilingeniør A. K. KROG .....	2
civilingeniør P. E. MALMSTRØM, formand for hovedudvalget .....	Hovedudvalg
civilingeniør, dr. phil. P. W. MARKE .....	2
civilingeniør E. PHAFF MØRCK .....	4
civilingeniør EW. OLSEN .....	4
civilingeniør E. C. PEDERSEN .....	Hovedudvalg, 1
professor, dr. techn. B. J. RAMBØLL, formand for udvalg 3 .....	Hovedudvalg, 3, 4
civilingeniør B. HØJLUND RASMUSSEN .....	Hovedudvalg, 3
civilingeniør SØREN RASMUSSEN .....	Hovedudvalg, 3
civilingeniør W. R. SIMONSEN, formand for udvalg 1 .....	Hovedudvalg, 1
civilingeniør H. C. E. TEISEN .....	4
ingeniør J. THORSEN, M. af I. ....	4
civilingeniør V. USSING, formand for udvalg 2 .....	Hovedudvalg, 2, 3
arkitekt M. VOLTELEN, M.A.A. ....	4
civilingeniør J. N. M. WÆRUM .....	1
civilingeniør JOHS. F. MUNCH-PETERSEN, sekretær for .....	Hovedudvalg, 1, 2, 4

I udvalgenes arbejde har endvidere deltaget civilingeniørerne M. EGESKJOLD (2), JØRN LUND (2), H. O. SONNE ANDERSEN (3), K. NOMMESEN (3), FL. MØLLER (4) samt nogle polyteknikere ved løsning af specielle opgaver.

Arbejdsudvalg 4:  
Fuger, tolerancer og installationer.

# FUGER

Samling af elementer, specielt betonelementer

*Joints in Pre-cast Constructions*



INDLEDNING .....	4
KRAV TIL FUGENS UDFORMNING ..	5
A. Kraftoverførsel .....	5
B. Tæthed over for vind, varme, lyd og især fugt .....	6
C. Bevægelsesmulighed .....	6
D. Økonomisk sideform .....	7
E. Økonomisk montage, fugning .....	7
F. Målafvigelsers optagelse .....	7
G. Fremføring af installationer .....	8
H. Tiltalende udseende .....	8
FUGENS UDFORMNING .....	10
FUGETYPEN, især i betonelementer .....	11
1. Lodrette facadefuger .....	11
2. Vandrette facadefuger .....	13
3. Vandrette fuger mellem etageadskillelselementer .....	14
4. Indervægges lodrette fuger .....	15
5. Indervægges tilslutning til etageadskillelser .....	15
6. Samling mellem bjælker, søjler og vægge, hvor kravet om kraftoverførsel – kontinuitet er det dominerende .....	16
7. Vinduesfuger .....	16
EKSEMPLER PÅ FUGELØSNINGER ...	20
SUMMARY .....	38

## **Indledning.**

Efter de utraditionelle byggemetoders fremkomst er fugeproblemet blevet en væsentlig faktor ved byggeriets udformning. Problemerne er i hovedsagen opstået ved samling af betonelementer, medens f. eks. fuger langs snedkerelementer i vid udstrækning er udført efter traditionelle metoder. Fugeproblemerne er naturligt opstået i forbindelse med montageproblemerne og de statiske forhold, men problemet fugers tæthed over for vand er blevet stærkt understreget, dels fordi de traditionelle mursten er så vandsugende, at de til en vis grad holder fugen tør, dels fordi de større, og mere vandafvisende betonelementer leder større vandmængder til en fuge, der netop på grund af elementernes størrelse er mere udsat for at få revner fra bygningens uundgåelige bevægelser, svind etc.

## Krav til fugens udformning

Fugematerialerne og fugeprincipperne er ofte valgt som kompromisløsninger i relation til de krav, der må stilles til fugerne:

- A KRAFTOVERFØRSEL
- B TÆTHED
- C BEVÆGELSESMULIGHED
- D ØKONOMISK SIDEFORM
- E ØKONOMISK MONTAGE OG FUGNING
- F MÅLAFVIGELSERS OPTAGELSE
- G FREMFØRING AF INSTALLATIONER
- H TILTALLENDE UDSEENDE

Disse krav omtales nedenfor i almindelighed og derefter dels i relation til de enkelte fugetyper, dels ud fra de viste illustrationer.

Der henvises til illustrationerne, blad I-XXII, hvor også de omtalte byggeriers metoder refereres kortfattet.

### A. Kraftoverførsel.

*De kræfter, der skal optages, kan være*

- a) Egenvægte
- b) Mindre ydre kræfter som f. eks. de vandrette belastninger på altanbrystninger fra vind og rækværk.
- c) Væsentlige ydre kræfter, som f. eks. etagepladers bevægelige belastning og belastninger i bærende vægge.

*Påvirkningsmåder:*

Alt efter kræfternes, fugens og elementplanens gensidige beliggenhed kan fugen tænkes påvirket på tre principielt forskellige måder, der resulterer i tre væsensforskellige påvirkninger i fugematerialet: a, b og c.

a) *Tryk.*

Denne påvirkning er i reglen den gunstigste. Den findes f. eks. i vandrette fuger i vægge opbygget af elementer og i fuger mellem etageadskillelser og vægge.

b) *Forskydning i fugens længderetning.*

Denne påvirkning er meget ofte forbundet med konstruktive problemer. Den optræder f. eks. mel-

lem etageplader, der skal virke som een skive og i facader, hvor elementerne ophænges i bærende tværvægge. Fugematerialet selv er ofte stærkt nok, men det kniber med at få kræfterne overført i støbeskellet mellem fugemateriale og element. Støbeskellet er i sig selv svagt, og dertil kommer, at der oftest dannes en revne her som følge af svind og krybning i fuge- og elementbetonen, som følge af temperaturvariationer og som følge af, at bygningen sætter sig. Helt galt bliver det, hvis man – f. eks. i lodrette facadefuger – med vilje fikserer de uundgåelige revner til denne flade ved at behandle elementendefluden f. eks. med asfaltstrygning, se C. Bevægelsesmulighed pag. 6. I disse fuger må man da gribe til fortanding af elementfladerne, blad XVII og XXI, indførelse af udragende jern, blad VII, eller andre forholdsregler, se f. eks. beskrivelsen til blad VII. Se også publ. nr. 1, Skiver opbygget af Elementer, Teknisk Forlag.

c) *Forskydning vinkelret på fugens længderetning.*

Denne påvirkning er oftest af sekundær karakter og optages let, men den kan ikke negligeres. Den optræder f. eks. i fugen mellem loft og væg-elementer, når disse påvirkes af en vandret kraft og i facadefuger, når elementerne påvirkes af vind eller andre vandrette kræfter. Specielt kan nævnes altanbrystningers fuger.

*Kraftoverførslen kan tænkes at ske ved*

a) bolte, armeringsjern el. lign.

Denne løsning, der indfører et „fremmedelement“ i betonkonstruktionen, har stor betydning ved demontable bygninger. I almindelige konstruktioner begrænses anvendelsen af, at de udragende jern er til gene for formarbejdet og af, at det ofte kan være vanskeligt at sikre den nødvendige omstøbning. Af hensyn til formarbejdet bør udragende jern erstattes med inserts, der vel er en ekstradel, der skal fastholdes i formen, men som ikke betyder en væsentlig besværlighed ved af-formningen. Ved nogle former for kraftoverfø-

sel, f. eks. momenter i bjælker, kan det dog være den eneste løsning at benytte udragende U-bøjler og låsejern. I bolte vil tilspændingskraften forsvinde som følge af svind og krybning i betonen. Forspændte fugesamlinger vil derimod til tider være en løsning ved samlinger med træk. Problemet vil blive behandlet i udvalget vedrørende den forspændte beton. Udvalg 3 vil behandle spørgsmålet om bolte, specielt problemerne ved tværbelastede bolte (hvor tilspændingskraftens forsvinden ikke er af vital betydning for samlingen), se den kommende publikation Bæreevne af tværbelastede, indstøbte Bolte, Teknisk Forlag.

Mindre kraftigt påvirkede dele som f. eks. vinduer vil dog ofte blive fastholdt med søm, men herudover er bolte og armeringsjern oftest kun anbragt som bærende (og justerende) detalje under montage.

b) fugematerialet, der i så fald er mørtel; ved udformningen må man tage hensyn til de bevægelser, der som nævnt under C evt. kan optræde, og til fugematerialets eget svind.

c) ved a) og b) i forening, hvorved omstøbningsen oftest samtidig er etableret.

d) ved knasfuger, d.v.s. fuger uden mørtel, hvor kraftoverførslen sker ved direkte kontakt mellem elementfladerne; kan principielt udformes til optagelse af kræfter efter alle tre påvirkningsmåder, specielt ved fjer og not-udformning, fortanding o. l., men det kræver meget små tolerancer på elementet (se afsnittet F om målafvigelsers optagelse pag 7).

Kraftoverførslen sker ved knasfuger mellem elementfladernes „toppe“, således at kontaktfladens størrelse er ubestemt. Ved voksende belastninger vil toppene brydes eller deformeres, således at kontaktfladen vokser, men kræfternes fordeling over fugen er ubestemmelig. Det må derfor være et krav, at alle elementendefladerne er så plane og parallelle som muligt, for at man kan anvende knasfuger, men styrken af en sådan samling må bero på et meget usikkert skøn. Ved oplægning af etageplader har man i nogle tilfælde benyttet knasfuger mellem væggenes velafrettede oversider og etagepladens lejeblade. Men efter oplægningen er mellemrummet mellem etagepladernes endeflader over væggen udstøbt og vibreret, således at alle spækker fyldes med mørtel. I sådanne tilfælde kan man bedre stole på opnåelsen af en forsvarlig lejeblade.

## B. Tæthed over for vind, varme, lyd og især fugt.

Vindtæthedsproblemet spiller især en rolle ved

åbne fuger med drænet isolationslag af f. eks. glasuld. De indvendige fuger er her ofte kun mindre tilfugninger, således at der gennem sprækker kan blive tale om et fugetab, der hidtil ikke har været taget i regning. Endvidere må opmærksomheden henledes på, at en kraftig ventilation af et isolationslag nedsætter isolationsværdien. Ved lette facader og loftsbeklædninger giver udluftede tagrum og ventilerede luftlag ofte anledning til besværlige forholdsregler mod utæthed. Mange letbetoner, f. eks. lecabeton, er ikke vindtætte, og problemet kompliceres da ofte yderligere, se f. eks. blad VIII og XII.

Varmeproblemet er (udover fugetabet) begrænset til en eventuel misfarvning som følge af en kuldebro. Dette er oftest undgået ved at indlægge „snore“ for at afbryde kuldebroen og kapillareffekten. Kuldebroer er i øvrigt behandlet af udvalg 2 (Publikation nr. 2, Kuldebroer, Teknisk Forlag).

Lydproblemet spiller i reglen kun en rolle, hvor f. eks. lette skillerum „slår fra“ ved tilslutningen til betonbygningen.

Ved en fremtidig bedre lydisolering, f. eks. med svømmende gulve eller ved isoleret oplagte trappebånd og -reposer vil dette blive et væsentligt spørgsmål, der indtil nu knapt er taget op endsige løst tilfredsstillende.

Fugtproblemet er som nævnt i indledningen et af de væsentligste i montagebyggeriet.

I første række skabes problemerne af facadefugerne, men også i fuger langs altanplader, badeværelsesvægge og nedstyrtningskakte er spørgsmålet om vandtæthed afgørende. Problemet skærpes yderligere ved egentlige dilatationsfuger, der i reglen er klareret ved plastisk kit el. lign. Løsningsmulighederne er utallige, som det vil fremgå af de følgende afsnit under „Fugetyper“.

## C. Bevægelsesmulighed.

Som følge af svind og krybning i beton og mørtel, som følge af temperaturbevægelser og som følge af sætninger, f. eks. i fundamenter, vil bygningskroppens dele undergå små, gensidige bevægelser. Dette vil gælde alle bygninger, hvad enten de er opført i murværk, beton eller stål, og hvad enten de er traditionelle eller utraditionelle, men det er klart, at jo større de enkelte dele, elementerne, er, desto større vil bevægelserne i fugerne blive.

Det er ikke muligt at hindre bevægelserne, men deres virkning, revnerne, må bringes under kontrol, således at revnerne opstår på fikserede steder. I fuger med mørtel har man f. eks. behandlet

elementendefladen med asfalt eller et andet glat materiale, således at revnerne opstår i skillefladen og ikke på et tilfældigt sted i fugematerialet med forvitring og skæmmende udseende til følge. Fugematerialet må heller ikke være så stærkt, at revnen opstår i elementet i stedet for; specielt ved letbetonelementer er dette vigtigt. Anvendelse af Betoflex i fugemørtel må af samme grund ske med varsomhed.

*Bevægelses*problemet optræder i to udgaver: Tilladelse af bevægelser på fastlagte steder, f. eks. fuger i facadeelementer, hvor temperatursvingningernes virkning udlignes, og hindring af bevægelser f. eks. ved fortandede fuger mellem etageplader, der skal virke som een skive, se publ. nr. 1, Skiver opbygget af elementer, Teknisk Forlag.

#### D. Økonomisk sideform.

Sideformen må være relativt simpel og højst bestå af et stykke langs hver af de fire sideflader. Jo mindre produktionen er, desto simple må sideformen udføres. Fugerne bør derfor være så ensartede som muligt, men naturligvis kan fuger i facaderne og mellem etagepladerne ikke udføres ens; men alle lodrette facadefuger bør f. eks. udføres ens. Har byggeriet et vist omfang, kan mere indviklede sideforme benyttes, f. eks. med fortandinger o. lign., og hvis udviklingen skaber mulighed for standardprodukter – måske en egentlig industri – hvor sideformene kan anvendes et meget stort antal gange, kan man måske endog forsøg at anvende komplicerede sideformer, f. eks. hængslede sideforme eller sideforme med bevægelige dele. Der kan eksempelvis henvises til vægelementfugen blad XXI, der anvendes for alle vægelementer i 350 lejligheder.

Afformningen må være simpel og uden fare for brækage. Af hensyn til formen og til afformningen bør udtagende jern så vidt muligt undgås. Samlingerne må anbringes med omtanke, også af hensyn til H: Tiltalende udseende.

#### E. Økonomisk montage, fugning.

Fugen må udformes således at følgende montagehensyn opfyldes:

Minimum af materialeudgift + arbejdsløn, d.v.s.

- a) Simpel og hurtig anbringelse af elementet: Kranen må ikke vente, mens en tidsrøvende samling og opretning foretages.
- b) Simpel udførelse af fugningen, d.v.s. ikke for

dybe fuger, med modhold og bekvem arbejdsstilling.

- c) Simpel udstøbning, d.v.s. god plads, ingen hjørner, og (helst) selvforskallende hulrum.
- d) Få fugematerialer, der kan påføres i det mindst mulige antal arbejdsoperationer – helst *enten* udstøbning *eller* efterfugning.
- e) Ensartede, helst symmetriske fuger.
- f) Endvidere opfyldelsen af punkt F.

Problemerne vil i reglen kunne opdeles i hensyn til montageoperationen, d.v.s. minimum af ventetid for kranen, og hensyn til et økonomisk efterarbejde, d.v.s. eventuel opretning og fugning. I det ideelle tilfælde glider elementet automatisk på plads og fastholdes straks uden efterarbejder.

I praksis er teknikken i dag mindre fremskredt, og elementet placeres oftest på kiler eller indstillelige dorne, der senere justeres. Den foreløbige fastholdelse kan f. eks. ske ved låseordninger som fjer- og not, U-bøjler i begge elementer, der gensidigt fastholdes af dorne, korte rundjernstykker, gennem U-bøjlerne eller ved afsværtninger. Benyttes afsværtninger, må disse stå parat, således at kranen kun skal afvente en hurtig samling mellem stiver og element. Efter denne operation følger senere, uafhængigt af kranen, eventuel opretning og udstøbning samt efterfugning.

Noter, der udstøbes, bør være selvforskallende. I praksis viser det sig, at 1 cm mellemrum mellem to begrænsningsflader kan standse en nøje graderet mørtel, hvis der ikke vibreres. Fugen kan udføres svalehaleformet for at fastholde materialet (blad VIII). Lignende noter fræses ud i snedkerelementer, der tilsluttes under anvendelse af mørtel.

Samlingerne kan også udformes således, at elementerne gensidigt fastholder eller støtter hinanden gennem knaster, udsparinger o.s.v., således at vægelementer, facadeelementer og etageadskillelser allerede umiddelbart efter montagen udgør en stabil bygning, der senere kan efterfuges. Enkelte elementer vil det dog være nødvendigt at afstive med afsværtninger, men disse bør udformes specielt til formålet.

#### F. Målafvigelsers opfagelse.

Der henvises til udvalgets redegørelse for modulforslagets grundlæggende ideer, der forhandles af Teknisk Forlag.

Her skal kun omtales, at hvert element må holde sig inden for sit modulområde, (når bortses fra montageknaster, bøjler o. lign.), at fejlphobning derfor udelukkes, og at fugebredden må fastsæt-



tes således i relation til tolerancerne, at man sikrer sig, at fugen aldrig bliver hverken for stor eller for lille til at udfugningen kan finde sted. Det må nævnes, at fjer- og notprincippet enten giver fejlphobning eller utætte, ikke-kraftoverførende samlinger, således at der alligevel må efterfuges, hvorved en væsentlig fordel går tabt. Elastiske indlæg kan løse tæthedsproblemet, men ikke kraftoverførselsproblemet. Kun hvor fejlphobningen kan tillades, f. eks. hvis elementerne kan stilles i række og afsluttes med et udligningsstykke (lette vægge?), kan fjer- og notprincippet benyttes rationelt. Princippet fejlphobning og afsluttende udligningsstykke benyttes i øvrigt ved opstilling af køkkenelementer. For overordnede konstruktioner må fejlphobning derimod undgås.

Om fastsættelse af tolerancer, kontrol med disses overholdelse m. v. henvises til udvalgets beretning, publ. nr. 6, „Byggeriets Nøjagtighed“ (Teknisk Forlag). Ved samlinger, der skal fuges, kan tolerancen ofte sættes til ca.  $\frac{1}{4}$  af fugebredden.

### G. Fremføring af installationer.

Det er en nærliggende tanke at udnytte fuger i vægge og etageadskillelser til fremføring af skjulte installationer. Myndighedernes krav om f. eks. at vandrør skal være tilgængelige, og at el-ledninger skal være sikrede mod overlast fra søm og lignende, kan dog begrænse mulighederne noget, men i hvert fald for el-installationens vedkommende skulle fugerne give gode muligheder for en let løsning. Forudsætningen er, at samlinger og udtag let kan etableres, og at der kan arrangeres et gnidningsløst samarbejde mellem elektriker og montagesjak, således at montagen af elementerne ikke sinkes – kran + mandskab koster 1–2 kr./minut.

Indstøber man installationer i elementerne, eller er elementerne selv en del af installationen, (f. eks. hvis et element har hulrum til luftopvarmning) opstår et samlingsproblem, der stiller krav til nøjagtighed, fugeudformning og montagemetoden. Samlingen mellem installationsdelene må kunne optage små målafvigelser, være let at etablere og hurtig at udføre. Samtidig må de indbyggede dele være beskyttede mod overlast.

Benytter man f. eks. elementer til konstruktion af nedstyrtningskasse, stilles der skarpe krav til fugningens udførelse, idet rørets inderside ikke må kunne samle urenheder.

I almindelighed er installationsproblemerne meget komplicerede, og der er kun gjort få erfaringer. Der er dog ingen tvivl om, at nye metoder

i mange tilfælde vil kunne give væsentlige besparelser. Nogle spørgsmål og løsninger i denne forbindelse er beskrevet i udvalgets oversigt over rør- og el-installationsproblemer, der udkommer på Teknisk Forlag.

Problemerne er i øvrigt ikke blot af teknisk-rationel karakter. En del løsninger kan ikke gennemføres idag som følge af, at myndighedernes krav er opstillet ud fra forudsætninger om traditionelle installationer, og en revision må anses for påkrævet, hvor den kan foretages uden at ned sætte sikkerheden. Endvidere er prisaftalerne en alvorlig hemsko, idet priser på en given, traditionel operation overføres direkte til nye metoder, selv om forudsætningerne er ændrede. Selve tendensen til prislister er ligeledes uheldig, f. eks. kan det nævnes, at et formodentlig i den givne sag rimeligt krav om ekstra betaling (3 kr. pr. gang) for tilslutning af installation til et i elementer indstøbt el-rør har ført til, at samtlige sådanne løsninger fremover vil blive belastede med denne udgift. Der kan nævnes mange andre eksempler (f. eks. gevindskæremaskinerne) på, at nye metoder må betales som gamle, således at rationaliseringsforanstaltningerne bliver ekstraudgifter for mestre og bygherrer – og prislisterne er årsag til, at mestrene ikke bliver økonomisk interesserede i rationaliseringen. Disse spørgsmål må dog formodentlig anses for at være af forbigående karakter. Også andre industrier har mødt disse vanskeligheder ved overgang fra håndarbejde til maskinarbejde, men efterhånden som det nye blev indarbejdet, viste det sig, at det samlede resultat blev fordelagtigt for forbrugeren såvel som for arbejderen.

Installationer og indbygningsdele kan i visse tilfælde benyttes til at dække over „mangler“, eller rettere give anledning til mindskede krav og følgende simple produktion og montage af elementerne, f. eks. hvis en skabsrække med bagklædning dækker en væg eller hvis en klemliste dækker fugen mellem etageadskillelser- og vægelementer.

### H. Tiltalende udseende.

Alle synlige fuger f. eks. udvendige facadefuger, lodrette vægfuger og fuger langs loft, må placeres på en harmonisk måde efter et givet mønster. Fugen selv må også udformes, således at den virker tiltalende. Dette betyder, at fugeplacering, fugebredde, tilbageliggende fugers dybde, elementkanter og fugematerialets overfladekarakter må overvejes nøje. Det er kun en lille del af arkitekternes opgave gennem udformningen at give de nye byggemetoder deres eget arkitektoniske

udtryk. I pudsede bygninger kan fugen til en vis grad skjules, men i montagebyggeri (hvor pudsen udelades) er det i reglen praktisk umuligt at gøre fugen usynlig. Den udføres da oftest tilbageliggende. Derved opnås, at en ændring i overfladekarakteren ikke virker skæmmende, at revner o. l. skjules i skyggen, at man er friere stillet ved valg af fugemateriale og dettes færdige overflade og sidst, men ikke mindst, at flader, der som følge af element- og montageunøjagtigheder er ude af plan, ikke virker skæmmende. Hvis fladen efterbehandles f. eks. med maling eller tapet, vil man eventuelt kunne anvende fugning i plan med elementfladerne. I reglen vil dette dog kun være muligt i plane flader med fuger, hvis elementerne slibes, behandles med Kåbetäck eller lignende, da små tykkelsesvariationer ellers vil blive synlige.

Fugen kan eventuelt dækkes med en træ-, gips- eller plasticliste, men bortset herfra må frem-

springende fugemateriale anses for udelukket af økonomiske årsager. Endvidere er der muligheder for, at fugematerialet slet ikke ses, f. eks. hvis det ene element „forsvinder“ bag det andet.

Af hensyn til udseendet er det vigtigt, at man overvejer formens opbygning under projekteringen. For det første må fugen udformes således, at afformningen kan ske uden fare for sår på synlige kanter og flader; for det andet må formsamlingerne kunne anbringes således, at det næsten uundgåelige „skæg“ langs samlingen skjules i den endelige konstruktion. Samlingen må derfor ikke ligge langs den synlige kant, men må trækkes så langt tilbage, at fugematerialet (oftest tilbageliggende) dækker uregelmæssighederne. Endelig skal det i denne forbindelse nævnes, at man så vidt muligt bør undgå skarpe kanter, idet afrundede kanter er væsentlig mindre sårbare under montagen. Tynde fremspringende flige bør af samme grund undgås.

## Fugens udformning

For at opfylde de i foregående afsnit omtalte krav må der vælges en passende konstruktiv udformning og et passende fugemateriale. De hidtil anvendte metoder og materialer opdeler i hovedsagen operationerne på følgende måde:

- 1) Sammenstøbninger af betonelementer, udført med *forholdsvis flydende cementmørtel*, i reglen i selvforskallende hulrum, i synlige flader ofte med efterfugning.
- 2) Oplægning af elementer på kiler (eller mørtelpølser) med efterfølgende understopning (bærende vægge og facaders vandrette fuger) med *forholdsvis stiv cementmørtel*.
- 3) Sammenfugninger med *kalk- og bastarmørtler* (ikke-bærende fuger), ofte efterfulgt af 4).
- 4) Efterfugning med *plastics*, med vandtætnende fugemateriale (f. eks. plastisk kit) eller blot som en påsprøjtet hinde over kalk eller bastarmørtel.
- 5) *Andre former for plastiske fugematerialer*, f. eks. strygning med asfalt.
- 6) Fuger omkring vinduer, oftest med drypkanter i overliggende element eller med *zinkkanter*. Tætning i reglen med *værk* og *lister*, udført efter ret traditionelle principper.
- 7) Fuger mellem metal- eller eternitplader. Der er benyttet mange principper, oftest *sammenstødende plader* skruet på lægteskelet med underliggende *asfaltpapstrimmel* og i vandrette fuger eventuelt yderligere metaldrypkant.
- 8) Lejlighedsvis er der udført fuger med mange *andre materialer*, også fuger uden egentlig fugemateriale (f. eks. vandrette not- og fjerfuger og åbne fuger ved facadefliser, hvor tætningen findes i den bagvedliggende (f. eks. støbte) konstruktion), men disse vil kun blive beskrevet ved efterfølgende eksempler.

## Fugetyper, især i betonelementer

Afhængig af fugens art er flere eller færre af ovennævnte krav væsentlige eller problemskabende. I henseende til udformningen og kravenes opfyldelse kan fugerne i hovedsagen opdeles i følgende fugetyper:

1. LODRETTE FACADEFUGER.
2. VANDRETTE FACADEFUGER.
3. VANDRETTE FUGER MELLEM ETAGEADSKILLELSESELEMENTER.
4. INDERVÆGGES LODRETTE FUGER.
5. INDERVÆGGES TILSLUTNING TIL ETAGEADSKILLELSER.
6. SAMLING MELLEM BJÆLKER, SØJLER VÆGGE M. V., hvor kravet om kraftoverførsel – kontinuitet er det dominerende, pkt. A, pag. 5.
7. VINDUESFUGER.

### 1. Lodrette facadefuger.

(A) De *kræfter*, der skal overføres i de lodrette facadefuger, er ofte kun vandrette (vind-)kræfter, så små, at de ikke volder vanskeligheder. Overførelsen kan ske ved fjer og not (blad II og XI) gennem dobbeltnoter (blad III, IV, V, VII, IX, X, XI), gennem søm, bolte o. lign. ved vinduer (f. eks. blad XIII) eller ved at elementet er støttet på andre bærende dele (gennemgående facadeelementer eller blad I, bellahøjfliser).

Forskydende kræfter kan dog også tænkes at optræde, f. eks. ved udfyldninger over gennemgående vinduer eller ved selv bærende facadeudfyldningselementer i fleretages byggeri, hvor facadeelementet på grund af sin store højde kan udnyttes som skive uden at belaste den i sammenligning hermed slappe etageadskillelse (der ofte er svækket af store udsparinger til rørskabe etc.).

De bærende søjler eller tværskillerum kan da forsynes med knaster, men i reglen er det fugen, der må optage vægten.

Det er muligt at fortande fugen (se under vægge nedenfor).

I konstruktionen, der er vist på blad VII, benyttes en afslutning af søjlens not et stykke over undersiden, således at fugemørtlen kan overføre

kræfterne som tryk mod notens endeflade. Kræfterne overføres fra facadeelement til mørtel ved friktion og de udragende U-bøjler (der også tjener montageformål, se nedenfor). En afslutning af fjer- og notsamlinger ville give en tilsvarende kraftoverføringsmulighed, på grund af de nødvendige tolerancer måske knap så sikkert. Endvidere kan en del af elementets vægt overføres ved, at elementet står på den del af etageelementet, der ligger nærmest vederlaget.

(B) *Vindtæthedskravet* er ofte løst i forbindelse med opfyldelsen af andre krav, men man må være opmærksom på, at isolationen ikke gennemblæses, således at isolationsværdien nedsættes.

I forbindelse med *varmespørgsmålet* bør der træffes foranstaltninger, således at svindrevner o. lign. ikke giver anledning til uforudset store eller ubehageligt virkende fugetab. Derimod betyder varmetabet på grund af en eventuel kuldebro ikke noget, undtagen for en eventuel misfarvning. I mange tilfælde fortsættes isolationen ubrudt eller næsten ubrudt forbi fugen, se f. eks. blad II, III, VII, VIII, XI.

*Lydtæthedskravet* i en facade er i reglen underordnet, da glasarealerne er relativt de væsentligste i denne forbindelse.

*Fugtighedsproblemerne* er ofte store, selv om de lodrette fuger er bedre stillede end de vandrette i denne forbindelse.

Løsningsmulighederne er:

a) *Dræning af gennemsvivende vand*, således som det kan opnås ved sandwich-elementer med gennemgående hulrum (blad VIII, XII udv. fuge) eller ved dræn i fugen (blad X).

b) *Vandtæt fugelukning* ved påsprøjtning af plastichinde eller brug af plastisk fugemateriale (blad IX og XIV plastisk kit).

c) *Bastard- eller cementmørtel, elementendefladerne behandlet med asfalt* eller andet glat materiale. Herved opnås, at revnerne fikses til disse flader med mulighed for, at vandet ved en passende fugeudformning ledes ud igen (blad IV og VII).

d) *Bastard- eller cementmørtel uden yderligere forholdsregler.*

I dette tilfælde spiller fugens form og dybde en afgørende rolle. Stærkt knækkede elementendeflader som ved fjer- og notsamlinger eller dybe dobbeltnoter (blad III, V, XI), evt. i forbindelse med åbne vandrette fuger viser sig tætte. Bella-højfliserne (f. eks. blad I) krævede heller ikke særlige forholdsregler i de lodrette fuger mellem fliserne, da de var opsat på en udstøbt indervæg, og da det indtrængende vand kunne ledes ud gennem de åbne, vandrette fuger. I dette tilfælde var den lodrette mørtelstrengs opgave at hindre, at det isolerende lag blev gennemvædet fra siden.

e) *Intet vandtætnende fugemateriale.* I forbindelse med åbne vandrette fuger med fald udad eller hvor elementerne bagstøbes efter montagen, har man udeladt tætnende fugemateriale i de lodrette fuger. Fugerne er da ofte dybe eller forsynet med fjer og not (blad II), således at indtrængende vand vil løbe ned og ud i de vandrette fuger, altså som d) uden mørtel i tilfælde, hvor isolationslaget ikke udsættes for direkte vandtilledning.

f) *Andre muligheder.* Den lodrette fuge langs vinduer, tætnet med værk og lukket ved en træliste, er i princippet af ovennævnte type e). Med tætning af plastisk kit som type b). Andre løsninger langs vinduer og nye principper vil blive benyttet efterhånden som nye materialer f. eks. plastic (og -fugemateriale) fremkommer.

Civilingeniør Flemming Møller har for udvalget undersøgt, om en eventuel påføring af vandafvisende materiale vil kunne sikre fugens vandtæthed. Det viser sig, at selv for et (teoretisk) 100 % vandafvisende materiale, vil de kapillære kræfter kun kunne holde vandet ude for en vindpåvirkning på  $80 \text{ kg/m}^2$ , når fugebredden er mindre end  $\frac{1}{5}$  mm. I praksis er materialerne ikke maksimalt vandafvisende, og det nedsivende vands overfladepænding kan i mange tilfælde være nedsat på grund af opløste stoffer. Denne vej er altså ikke umiddelbart farbar, da man kan forudse, at der kan optræde revner med bredder op til 1 mm. Forsættes fugetværsnittet, f. eks. med en fjer- og not-løsning eller lignende som vist f. eks. på blad VII, vil fugebredden dog, for en forskydning på 1 mm i facadens plan kun være en ringe brøkdelen langs de flader, der danner fjerens sider, afhængigt af fladens anlæg ( $\frac{1}{5} \times 1$  mm i det på blad VII viste tilfælde). Erfaringerne synes at vise, at f. eks. den omtalte konstruktion er vandtæt. (En eventuel ganske lille gennemsvivning af facadens „1 mm revne“ og fjerens  $\frac{1}{5}$  mm brede

revne vil blive standset i den 1 mm brede revne i fjerens bund. Vandet vil løbe ned og atter ud gennem den åbne, vandrette fuge).

(C) *Bevægelsesmulighederne.* Egentlige dilata-tionsfuger udføres i reglen som specialløsninger nogle få steder i bygningerne. Alle fuger vil derimod være udsat for små elementbevægelser som følge af svind, krybning, sætninger og temperaturvariationer. I reglen vil lodrette facadefuger efter bygningens opførelse åbne sig hurtigt som følge af svind, mens temperaturvariationerne vil åbne og lukke fugen mere eller mindre. Større trykspændinger vil således næppe optræde. For at hindre mørtlen i at forvitre og falde ud og af æstetiske grunde er det ofte forsøgt at fikser de tilfældige revner i facaden til en elementendeflade ved strygning med et glat materiale, f. eks. asfalt (blad IV, VII, sammenlign fugtighedsfor-holdsreglerne ovenfor).

Der må kraftigt advares mod at søge at hindre disse bevægelser, da en bygning, uanset materialets art, altid vil give anledning til forskydninger af enkeltdele. Udføres fugen for stærk, vil dette blot resultere i revner uforudsete steder i elementerne.

(D) *Økonomiske sideforme etc.* De almindelige regler for fugens udformning af hensyn til sideformene er allerede omtalt ovenfor. Her skal kun nævnes, at udragende montagejern bør undgås eller i hvert fald have en form, der tillader en nem afformning. U-bøjler, der som f. eks. på blad VII har en simpel form, kan tillades, mens f. eks. vinkelbøjede beslag o. lign. absolut må frarådes. Sådanne beslag *kan* tænkes anbragt i den del af elementet, der under støbningen vender opad, men dette kræver et dyrt og omstændeligt forarbejde. Det er forbundet med store vanskeligheder at have udragende jern gennem bundformen (ved betonforme så godt som umuligt). *Skal* man have forbindelsesmidler af denne art, bør det overvejes om ikke inserts er mulige. For forarbejdet er de en lettelse, da de kun kræver et boltehul i formen. Bolten fjernes let før afformningen. Under alle omstændigheder må placering og form af jern, inserts o.s.v. overvejes nøje og forelægges producenten i vanskelige tilfælde.

(E) *Montage.* Fugerne er i reglen ubelastede under montagen, kun skal elementet eventuelt hindres i at „falde ud“. I den simpleste form benyttes en „*parallelfuge*“, d.v.s. fuge med samme fugebredde på hele dybden. I så fald kræves modhold og en ikke for stor fugedybde (blad VII og VIII, indiv. fuger) for at fugningen let kan udføres.

Fjer og not princippet kræver ingen eller kun en mindre efterfugning, men symmetrien mangler, således at en bestemt montagerækkefølge kan blive nødvendig, ligesom antallet af forskellige elementer ofte bliver større end for symmetriske løsninger (blad II, XI).

*Dobbeltnoter* udstøbes (og efterfuges eventuelt), (blad III, IV, V, VII, IX, X, XI).

Montagen og fastholdelsen af elementer under udstøbningen kan ved dobbeltnoter udføres ved, at elementet fastholdes til naboelementerne ved kiler eller U-bøjler. U-bøjlerne er ofte samtidigt bærende, se under kraftoverføring ovenfor. Benyttes U-bøjler, må elementet enten hejses ned ovenfra, eller U-bøjlerne må bøjes op og efter placeringen af elementet atter bøjes ned. I praksis har begge fremgangsmåder vist sig ikke at volde besvær (f. eks. blad VII), men sidstnævnte giver mulighed for vilkårlig montagerækkefølge.

En sådan fastholdelse kan naturligvis kun ske, såfremt naboelementet på forhånd er fastholdt, f. eks. når naboelementet er en søjle i fast forbindelse med en støbt væg (blad VII) eller selve den støbte væg. Forbindelsen kan også tænkes etableret ved, at begge elementer forsynes med udragende U-bøjler, der sammenlås med dorne, eller ved udragende knaster, udsparinger o.s.v.

Egentlige beslag til fastholdelse af elementer, f. eks. gennem boltesamlinger, er ofte en mindre god løsning. En sådan samling er ikke så sikker som udstøbning/udfugning statisk set, da bolte-tilspændingen forsvinder som følge af svind og krybning i betonen. I almindelighed må der benyttes kobber, rustfrit stål eller lignende, og nøjagtighedskravene til beslagene vil ofte virke fordyrende. Hertil kommer, at sådanne beslag i mange tilfælde vil besværliggøre produktionen, specielt forarbejdet. Til gengæld kan der opnås en samling, der hurtigt er etableret, og som kan udføres til at optage store bevægelser ved hjælp af hængsler, bøjelige blik o. lign. Af hensyn til forarbejdet vil inserts, hvori beslaget skrues, i reglen være at foretrække.

(F) *Målaftvigelers optagelse.*

Fugebredderne er i reglen mellem 10 og 25 mm. Af hensyn til udstøbningen f. eks. i (selvforskallende) dobbeltnoter var en udv. fugebredde på 10 mm ønskelig, men længdetolerancerne på elementet og tolerancen på afstanden mellem tilsluttende vægge eller lignende er i reglen  $\pm 5$  mm, således at man, når hensyn også tages til montage-tolerancen, eller hvis efterfugning er nødvendig, oftest vil benytte 15–25 mm fugebredde.

(G) *Installationer* f. eks. el-rør kan fremføres i dobbeltnoter eller udsparinger.

(H) *Æstetiske hensyn.* Der benyttes næsten udelukkende tilbageliggende fuger, ofte med skin-fuger i elementerne. Se iøvrigt det almindelige afsnit H.

## 2. Vandrette facadefuger.

(A) *Kræfterne*, der skal overføres, er a) *lodrette belastninger*, f. eks. egenvægte, der *teoretisk* let overføres gennem fugemørtlen (f. eks. blad III, cfr. blad VII, hvor elementet bæres af tværvæggene) og b) *vandrette vindbelastninger*, der er små og ofte føres ud til de lodrette fuger (f. eks. blad VII, hvor vinden optages i fugen) eller optages f. eks. ved fjer og not (blad IV, VIII, IX) eller ved fugemørtlen (f. eks. blad III) eller ved bagstøbning (f. eks. blad I). Vinduer o. lign. fastholdes oftest ved søm.

At det i praksis er vanskeligt at udføre en fuge, der kan overføre lodrette kræfter (blad III), fremgår af afsnittet om montage nedenfor.

(B) *Tæthed over for vind og lyd* opnås i reglen i tilstrækkelig grad, når de øvrige krav opfyldes. Dog må problemet ved de åbne fuger som nævnt i afsnit B undersøges. Ved nogle åbne fuger er vindtætheden opnået, dels ved eventuelle indlagte strimler, dels ved en indvendig efterfugning. En stopning må foretrækkes, da elementets bevægelser og svind får fugerne til at revne. *Uarmeproblemet* spiller som for de lodrette fuger ikke nogen rolle udover ved misfarvninger. I mange konstruktioner afbrydes kuldebroen ved indlagte vat-snore eller værk (bladene II, III, IX, XII, XIII) eller ved at føre isolationen forbi fugen (bladene VII, XII).

*Fugtighedsproblemerne* er større end for de lodrette fugers vedkommende, særlig fordi det vand, der løber ned ad facaden af vinden presses ind (og eventuelt op) i konstruktionen via de vandrette fuger. Løsningsmulighederne er – foruden den ofte anvendte vandnæse i det overliggende element:

a) *Vandtæt fugelukning* ved påsprøjtning af plastichinde eller brug af plastisk fugemateriale (blad IX, XIV) eller f. eks. metalinddækning eller lignende i forbindelse med vandnæsen i det overliggende element (blad IX, XII, XIII). Sidstnævnte løsning kræver, at metalinddækningen er tilstrækkelig over for slagregn, hvad der i visse tilfælde kræver ekstra vandnæse; blad XIII, samlingen over betondrageren viser et lignende princip, udført i træ. Svind og krybning i beton eller træ må tages i betragtning, hvis man benytter en af de her nævnte muligheder.

b) *Konstruktioner, der ikke er egentlig vand-tætte*, men hvor vandets indtrængen hindres af *tyngdekraften* og i nogen grad af fugemørtel eller knasfuger. Denne gruppe omfatter en mængde forskellige løsninger, med eller uden mørtel og med eller uden plastiske fugematerialer, men indeholder visse fælles træk: Det vand, der driver ned ad facaden holdes borte fra fugen ved vandnæse i det overliggende element.

Det vand, der rammer selve fugen, hindres i at blive presset op i fugen af vinden ved at det underliggende element er forsynet med skrå overside. Hvor det underliggende element er et sandwich-element, er den tætte overflade ført ind i elementoversiden (bladene I, II, III, VII).

Den skrå overside kan være

b 1) svagt skrånende (blad III med mørtel),

b 2) skrå overside med moderat lodret spring (blad V med mørtel; blad I, II, XIII uden mørtel; blad XIV uden mørtel, med plastisk kit),

b 3) opadvendt fjer og not (blad IV, VIII, IX) med eller uden mørtel, evt. med plastisk kit-tætning (blad IX), evt. med indlæg af plastiske „pølser“.

b 4) egentligt „fiskeskælsprincip“ (blad VII).

Ved disse fugeprincipper opnås en mere eller mindre åben fuge, der tillader dræning af isolationslaget og eventuelt af den lodrette fuge.

c) *Konstruktioner, der er helt beskyttede*, f. eks. ved store tagudhæng, kræver i reglen blot en vandnæse.

d) Ved overside-vindue udføres samlingen oftest kun ved, at det overliggende betonelement med drypkant føres ned over trærammen (blad V, smlg. fiskeskælsprincippet) eller ved metalinddækninger (se pkt. a) ovenfor).

Problemerne bliver ofte særligt vanskelige at løse, hvor den lodrette og vandrette fuge mødes, og tilsyneladende sikre konstruktioner har ofte her et svagt punkt, smlgn. f. eks. blad XII.

(C) *Bevægelserne* spiller i reglen ingen rolle.

(E) *Montage*.

Fjer og not giver en hurtig centrering af elementet (f. eks. blad IV, specielt er fugeoversigten VIII god, men dyr), men ved bygninger udover 1 etage, eller med små tolerancer, hvor en justering i højden skal foretages, forsvinder en del af fordelene, og brugen af kiler og efterstopning med mørtel vanskeliggøres. Indstøbte bolte (blad V) benyttes en del, og de giver en hurtig justering. Efter udfugningen løsnes mørtikken, og mørtlens svind er derved udlignet.

Almindeligvis foretages elementets montage med mørtel og kiler, enten 1) ved opstilling af ele-

mentet på kiler, justering og understopning, eller 2) ved opstilling af elementet på mørtelpølser og kiler, justering ved at banke kilerne ind og efterstopning. Den sidste metode er den, der oftest udføres. Det er vanskeligt (og kræver ansvarsfølelse og forståelse) at udføre en effektiv efterunderstopning, og kontrollen kan ikke blive effektiv. Først efter nogle dage, når andre elementer er monteret, fjernes kilerne, hvorefter sætninger vil blive resultatet af skjulte unøjagtigheder i understopningen. Den første metode er udmærket, når den udføres rigtigt, bl. a. må fugebredden ikke være for lille i forhold til fugedybden, især hvis man stopper fra een side. Ved rumstore elementer har man i Frankrig benyttet forskellige metoder, der bygger på, at elementerne er meget nøjagtige. I et tilfælde var væggen underside forsynet med fremspringende bølger, som elementet midlertidigt hvilede på, mens den egentlige elementunderside var hævet over underlaget. Mellemrummet mellem væg og etage understoppedes. Normalt var justering unødvendig, og knasternes formål var blot at sikre, at der kun blev lokale knasfuger, men hvis en justering var nødvendig, dannede knasterne fastlagte, lettilgængelige justeringspunkter for kiler. I et andet tilfælde var elementerne så nøjagtige, at man kunne montere 6 etager med knasfuger. For at udligne trykket blev der indlagt en asfaltstrimmel.

På blad II overføres kræfterne gennem indlagte små stykker fladjern, der samtidig sikrer konstant fugebredde. Målafvigelserne opsummeres og må klares ved afslutningen foroven.

(F) *Målafvigelser etc.*

De vandrette facadefuger giver ofte ikke anledning til specielle nøjagtighedsovervejelser, se dog ovenfor under montage og nedenfor under udsend.

(H) Fugerne er oftest åbne eller tilbageliggende, så kun overholdelse af en passende ensartet fugebredde (d.v.s. at den tilstræbte bredde ikke må være for lille) og af fugernes flugt spiller en rolle *æstetisk set*. Ved de forskellige former for inddækninger kan det være vanskeligt at få disse arrangeret på en tiltalende måde.

### 3. Vandrette fuger mellem etageadskillelseselementer.

De væsentligste problemer er her kravene A. kraftoverførsel og E, økonomisk montage (i nær forbindelse med kravene om hindring af gensidige bevægelser, optagelse af målafvigelser og tiltalende udsende). Problemerne behandles her under

et, da de er så nært forbundne. Etagepladerne har hidtil af økonomiske grunde (vægt, materialeforbrug) ofte været udført som ribbeplader (blad XV, XVI, XVII). Blad XV viser en symmetrisk fuger, der udstøbes fra oven og efterfuges (tilbageiggende) nedefra. Den fremkomne not i ribbernes midte får ribben til at syne mindre kraftig, men ved målafvigelse kan notbredden variere procentvis meget, da den nominelle bredde må vælges lille, for at den udstøbte mørtel ikke løber ned. Blad XVI viser en løsning, hvor den dybe V-formede not muliggør undladelse af den besværlige efterfugning nedefra. Blad XVII viser et princip, hvor fugen er usymmetrisk, således at der må indskydes en „vendeplade“ i bygningens midtlinie, men hvor målafvigelserne til gengæld lettere (usynligt) optages. Efterfugningen er lettere og dens fejl er ikke så synlige. Ved denne udformning kan ribben gøres smallere, således at det også æstetisk set er muligt at anvende ribber pr. 60 cm i stedet for som på blad XV og XVI pr. 120 cm. De tættere ribber giver en friere planløsning (og en stærkere etage, hvis der er mange udsparringer for rørskab og gulvafløb etc. i køkkener og badeværelser). Noten midt i ribben er tænkt anvendt til fastholdelse af lette skillerum ved en løs fjer; samtidig får den ribben til at syne smallere.

I den sidste tid er det lykkedes at producere etageplader med plan over- og underside og langsgående udsparringer til en konkurrencedygtig pris, især da de letter tilslutningen til andre elementer som f. eks. vægge.

Blad XVIII viser øverst en løsning med plant loft, der ikke kræver efterfugning, men hvor fugebredden også vil variere ret synligt med målafvigelserne. Kraftoverførslen, der sikrer at etageadskillelsen virker som en skive, kan i alle tilfælde ske mellem pladerne indbyrdes ved en fortanding som vist på blad XVII, og ved at indlægge jern i fugerne i begge retninger over vederlagene (væggene).

Nederst på blad XVIII er vist en løsning, hvor en gipsdækliste skjuler fugen.

Det ideelle må være en samling, der ikke skal behandles nedefra, men dette stiller store krav til nøjagtigheden, ikke blot i produktionen, hvor tolerancer på  $\pm 1$  mm skulle kunne overholdes for den nedre kant, men også til montagen og råbygningen, hvor tolerancerne idag næppe kan bringes under  $\pm 5$  mm. For selve pladeoplægningen kan  $\pm 1,5$  mm dog overholdes, men i så fald må tilslutningen til vægge og facader rumme ud-ligningsmuligheder. Affasede kanter og oplægning med knasfuger er en mulig løsning, der kræver,

at målafvigelse kan optages et eller andet (skjult) sted.

#### 4. Indervægges lodrette fuger.

En del af problemerne er allerede behandlet under den almindelige oversigt over kravene (og under facadeelementers lodrette fuger – tæthedskravene er dog ved indervægge ikke så væsentlige), specielt under pkt. H, æstetiske hensyn.

De største problemer opstår 1) ved tilslutning af lette vægge til betonelementer, da bevægelser, der fremkalder lyd-, lys- og træk gennemgangsrevner, er vanskelige at undgå, og 2) ved bærende elementvægge, der skal virke som skiver. En samling som f. eks. vist på blad III eller IV, vil måske ikke være istand til at overføre forskydende kræfter. Udragende jern er forskallingsteknisk uheldige og dyre. Blad XXI viser et princip, hvor det næsten selvforskallende hulrum udstøbes i fuld højde, og kræfterne overføres gennem fortandingen og vandret armering i alle fuger mellem etageadskillelse og væg.

Fugning i plan er udført med gips eller andre materialer, der kan trækkes tyndt ud, men en sådan samling er i reglen kun god nok, hvor der tapetseres, men ikke males.

#### 5. Indervægges tilslutning til etageadskillelser.

De lette vægge skaber mange problemer, bl. a. hindring af revner langs loftet og tilslutning langs ribbeløfter. Tilslutningen mellem bærende vægge og etageadskillelser rejser i første række problemerne om vederlagets størrelse, der behandles i udvalg 3, og spørgsmålet om knasfuge contra mørtelfuge. Knasfuger er simplest i montage, men målafvigelse kan ikke optages. Endvidere kan en jævn kraftoverførsel ikke sikres (elementet hviler på „tappene“), med mindre mellemrummet mellem pladerne over væggen vibreres, hvorved der trænger mørtel ud i hulrummene, således at leje-fladen „udjævnes“. Metoden er dog fordelagtigere end oplægning på kiler, understopning o.s.v., men kræver en nøjagtig montage (eller afretning) af de bærende vægge.

Blad XX viser dels en kraftoverførende dels en ikke-kraftoverførende tilslutning mellem etageadskillelselement og væg.

I mange tilfælde har etagepladerne kun vederlag i 4 knaster, f. eks. forlængede ribber, mens pladekanten kun går 1 cm ind over væggen og danner en æstetisk tiltalende afslutning. Hulrummet mellem pladekanterne (bredde = væggen



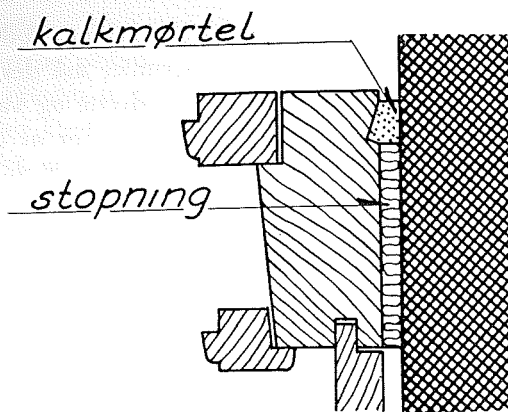


Fig. 1. Eksempel på traditionel fugetætning. Mellemløbet mellem karm og væg udfyldes med stopning (tjæret værk eller stenuld). Udvendig fugning med kalkmørtel fastholdt i kærve i karm. Denne udfugning kan suppleres med eller erstattes af en tætning med plastisk kit.

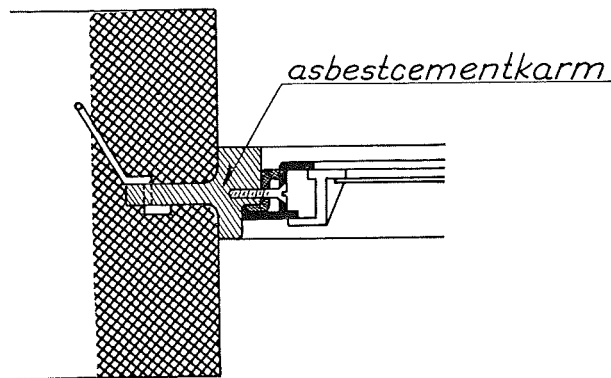


Fig. 2. Hollandsk eksempel på indstøbning af vindue direkte i væggen. Vinduets karm er af asbestcement med indlagt metalforing som anslag for oplukke. Fastholdelsen i betonen sikret ved jernanker.

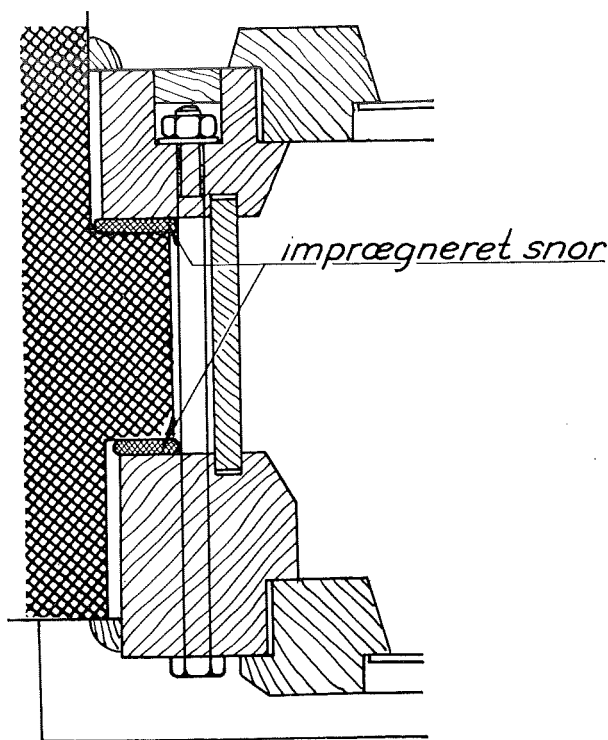


Fig. 3. Tysk eksempel på sammenspænding og pakning. Vinduets karmparti består af to spinkle dele, som ved bolte spændes mod en knast i støbning. Tætningen sikret ved pakninger af imprægneret snor.

(Fra Reitmayer: Holzfenster).

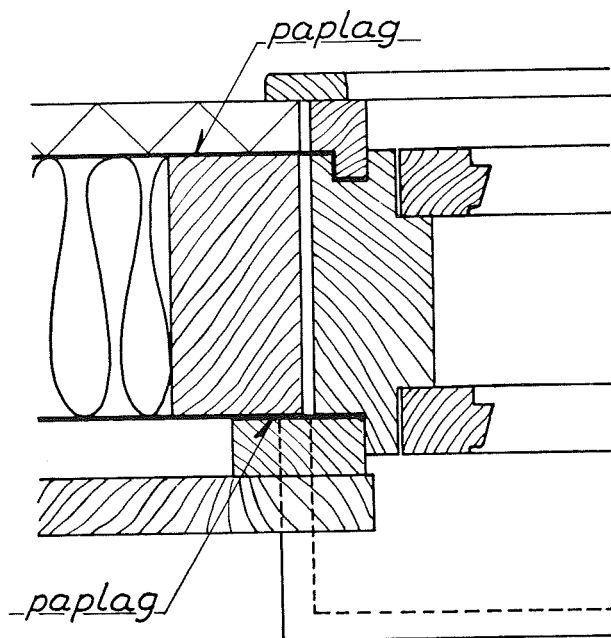


Fig. 4. Norsk eksempel på forsegling. Vinduet sidder i et snedkerelement. Mellemløbet mellem dette og vinduets karm er på begge sider tættet med papstrimler fastklemt med lister.

(Fra Norges Byggeforskningsinstituttets rapport nr. 18).

og tørre flader af både beton, træ og metal. Da disse materialer gennemgående er ganske dyre alene i materialepris, vil deres anvendelse i reglen kræve en anden detaljering end mørtelfugen med henblik på god tætning med det mindste materialeforbrug. (Eksempler: blad IX, XII, XIII og fig. 1).

## 2) Indstøbning.

I mange tilfælde kan vinduer (også af træ, der i så fald må være effektivt fugtbeskyttet) direkte

indstøbes i væggen. Metoden kan give flere fordele, også for så vidt angår tætning af fugen. For eksempel kan en indstøbt liste af træ eller metal låse vinduet helt fast og tætte effektivt. (Eksempel: fig. 2).

## 3) Sammenspænding og pakning.

Hvor vinduesåbningen er helt omgivet af facadeelementet, vil der være mulighed for at spænde vinduet med en fals i elementet og at indlægge en eller anden form for pakning, således at tæt-

ningen på en gang er let at etablere og effektivt virkende. Metoden har iøvrigt i århundreder været brugt i tysk murstensbyggeri. (Eksempler: Blad V; blad XIV viser noget lignende i elementets placering; fig. 3).

#### 4) *Forsegling.*

I facadeelementet kan i vinduesåbningen være indlagt en kantning af træ, ved snedkerelementer kan denne kantlægge være en del af selve træskelettet.

Vinduetts karm fastkiles og sømmes eller boltes i dette kanttræ, der oftest er afpasset således, at det på begge sider lander plant med karmen, d.v.s. har samme tykkelse som denne.

Tætningen etableres ved en strimmel f. eks. af bitumenpap eller plastic, der spændes til både karmen og dens omramning med påsømmede eller påskruede lister af træ eller metal.

Tætningen (der på denne måde kan være relativt billig) bør foretages på både udvendig og indvendig side. (Eksempel: fig. 4).

Set fra et vinduestætningssynspunkt er det en fordel, at vinduet optræder indenfor et stort element, altså omgivet helt af elementet, således at vinduesfugen kan blive en speciel samling mellem element og vindue, konstrueret alene med henblik på den bedst egnede tætning.

Ved *store betonelementer* har man således mulighed for at anvende alle de fire skitserede fugetyper.

Den traditionelle fugetætning (1) kan udføres særligt effektiv, idet fugen kan gøres mere ensartet og samtidig mindre som følge af, at åbningen er indeholdt i eet præfabrikeret element. Stopningen kan derfor udføres tættere, og benyttelsen af plastiske fugetætningsmaterialer bliver mere økonomisk.

Når hele vinduesomramningen udføres i det støbte element, har man gode muligheder for en hensigtsmæssig profilering af kanterne, og ved

alle fire fugetyper kan vinduetts karme ofte gøres spinklere end normalt, idet fastgørelsen i vindueshullet kan fordeles langt bedre ved f. eks. en række inserts med skruer end ved traditionelle 2 søm i hver sidekarm.

Ved vægge af *mindre typiserede betonelementer* er elementernes sideflader normalt profilerede særligt med henblik på samlingen element-element, og kun lidt kan gøres for at opnå en helt ideel samling element/vindue. Der skulle dog i mange tilfælde, f. eks. hvor normalsamlingen er en dobbeltnot til udstøbning, være gode muligheder for at udføre bedre samlinger end ved normalt murværk. Dels kan der i noten indsættes lister af metal eller træ (træfiberplader har også været brugt) til lukning på tværs af den brede fuge. Dels kan der under opstillingen indsættes en vinduesomramning af beton, således at fugen omkring denne svarer til væggenes normalfuge. Omramningen kan være profileret, således at en specielt udformet (og ret spinkel) trækarm kan fastgøres og pakkes eller forsegles herimod.

I *lette vægge* med bærende træskelet vil det i reglen være temmelig ukompliceret at indpasse vinduet, således at vægfeltets udvendige og indvendige beklædning føres hen over karmen og forsegles herimod over papstrimler, således som det anbefales af det norske byggeforskningsinstitut.

I reglen er disse vægge udført af snedker-entreprenører og kan betragtes som specielle større vindueskonstruktioner med faste, beklædte felter.

Normalt leveres sådanne elementer fuldt færdige med indsatte vinduer, men skulle det i enkelte tilfælde foretrækkes at lade selve vinduet indsætte senere, kan god tætning stadig opnås med fugemetoderne 3 og 4, mens 1 er mindre egnet.

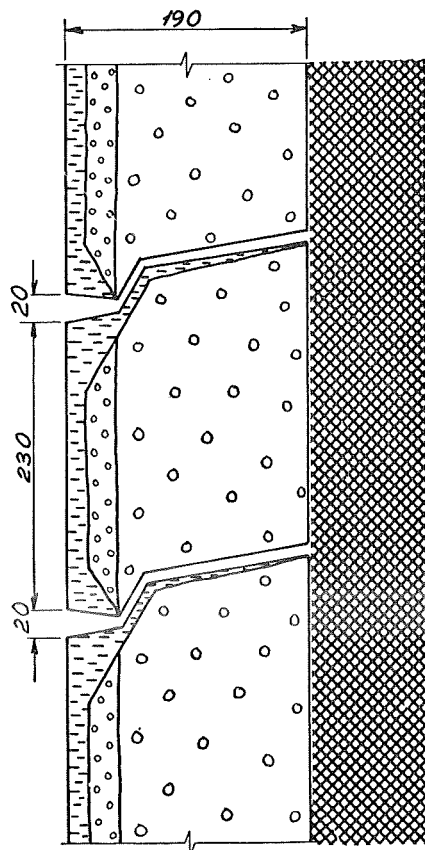
I det hele taget kan vinduer eller vinduesdele af træ eller metal uden større tætningsvanskeligheder indsættes i skeletkonstruktioner af både træ og metal, når blot de anførte principper for pakning eller forsegling iagttages.

## **EKSEMPLER PÅ FUGELØSNINGER**

På de følgende sider vises en række eksempler hentet fra danske montagebyggerier i årene 1952-56. Eksemplerne er stillet til rådighed for udvalg 1's arbejde og for dette udvalg af en række arkitekt-, ingeniør- og entreprenørfirmaer og bringes efter aftale uden kildeangivelse.

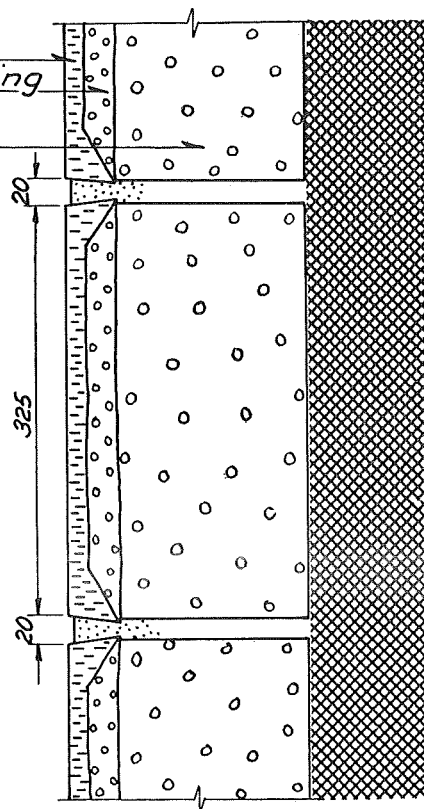
100 50 0 100 200 300 400 mm

I.



Lodret snit

1,5 cm forstøbning  
2,5 cm mellemstøbning  
klinker 1200  
15 cm klinkerbeton  
klinker 600



Vandret snit

### Ikke-bærende facadefliser på støbt væg.

$h=25$  cm,  $b=34,5$  cm,  $t=19$  cm (+ støbt væg) „Bellahøj-fliser“.

Elementet består af 1,5 cm beton, med glat overflade, et overgangslag af 2,5 cm tung klinkerbeton samt isolationslag af 15 cm klinkerbeton mod den bærende, støbte væg.

Elementet fremstilles ved udstøbning af de tre lag, med overfladebetonen nedad i formen.

Af det lodrette snit fremgår det, at isolationslaget er drænet nedad til en åben, vandret fuge. Facadebetonlaget er derfor trukket ind i elementets overside.

Fliserne opsættes i forskallingen og bagstøbes. Fastholdelsen til den støbte væg er etableret ved adhæsion.

De vandrette fuger efterbehandles ikke, da de skal virke som dræn for isolationslaget. Tæthed overfor slagregn er opnået ved at der er vandnæse i elementet over fugen og et

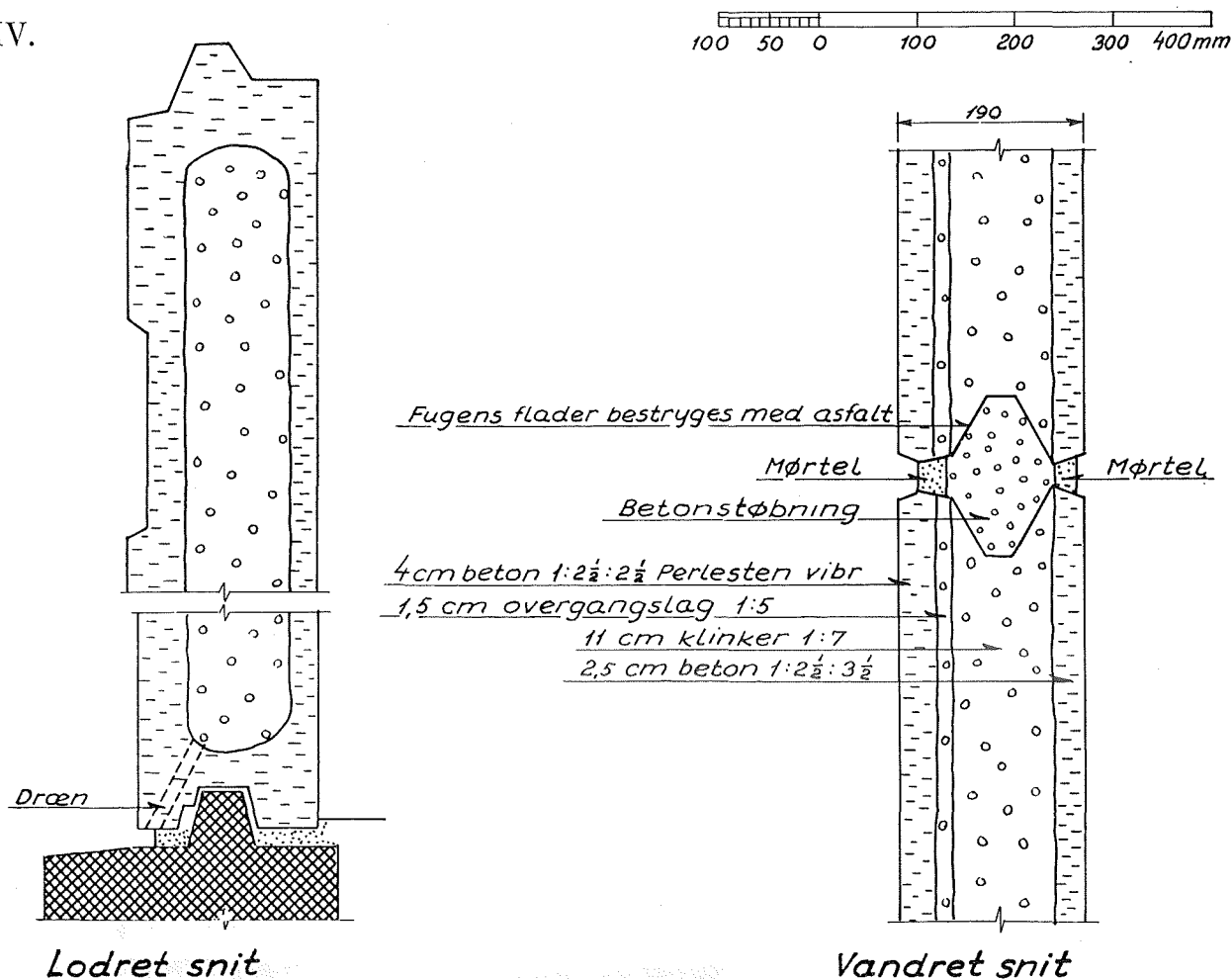
skrånende, tæt betonlag. Tæthed overfor vind er opnået med værkstopning.

De lodrette fuger fuges med bastardmørtel, og der er indlagt paprør for at bryde kapillarkræfterne.

Elementerne har en simpel form, der i sig selv ikke stiller store krav til produktionen. Klinkerbetonstøbningen er derimod vanskelig og kræver megen erfaring. Endvidere må der udvises nogen omhu, når overfladebetonen under støbningen må trækkes op langs den sideform, der begrænser elementets fremtidige overside. Fugebredden var 20 mm udvendig, 10 mm indvendig – tolerancerne  $\pm 2$  mm, hvad der ved så små elementer ikke skulle volde vanskeligheder.

Ud for de vandrette fuger kan der tænkes en vis kuldebro-virkning, hvis de støbte vægge ikke er tykke nok til at fordele fugernes afkølede virkning. Så små elementer vil iøvrigt næppe finde anvendelse i egentligt montagebyggeri.

IV.



### Udfyldningsfacadeelement til fabrikschal.

$h=5,62$  m,  $b=2,08$  m,  $t=19$  cm.

Hallerne består af et skelet af jernbetonsøjler og forspændte dragere, hvori elementerne indgår som facadeudfyldning, fastholdt foroven og forneden. Udvendig består elementet af ca. 4 cm beton med overfladeprofilering. Derefter følger et svagere overgangslag af 1,5 cm beton 1:5 og 11 cm klinkerbeton med rumvægt  $600\text{kg}/\text{m}^3$ . Indvendig overflade 2,5 cm beton.

Elementet støbes med ydersiden nedad, og produktionen forløber uden afbrydelser i støbeprocesserne. Klinkerbetonlaget er forneden drænet udad. Montagen lettes ved, at elementet forneden er styret i tværretningen af fjer- og notsamlingen, smlgn. blad VIII.

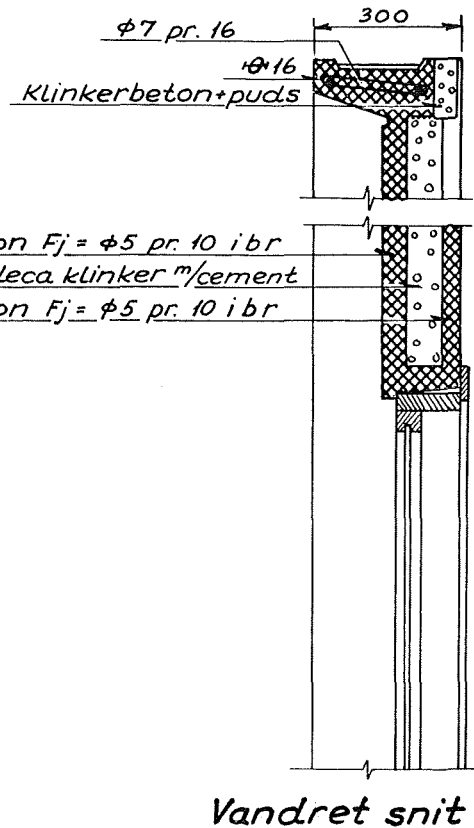
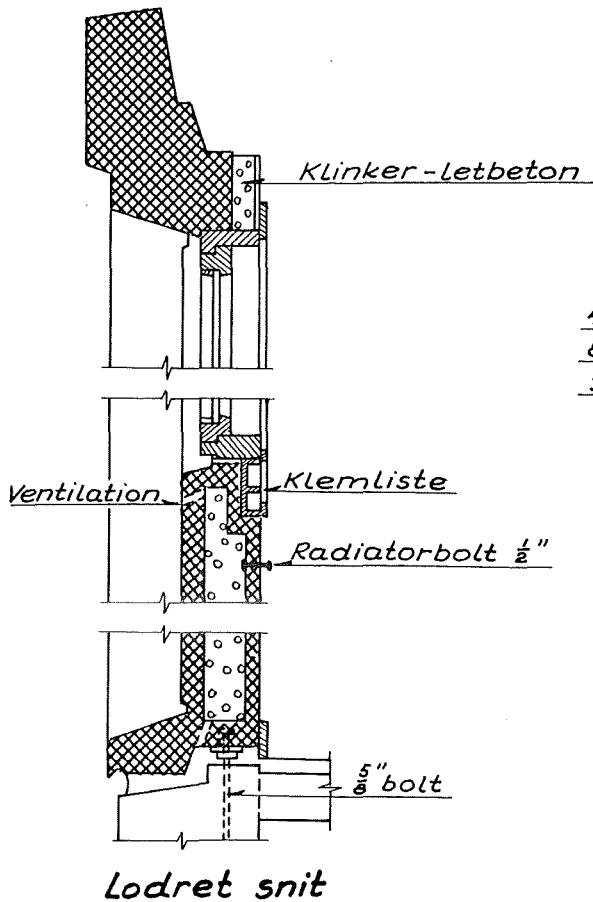
Den vandrette fuger efterfuges med cementmørtel og overfører elementets vægt til fundamentet samt optager en del af vindbelastningen. For at sikre fugens tæthed er fjeren anbragt i fundamentet (og endvidere ville en not i fundamentet være udsat for forurening før og under montagen). Den normale fugebredde er 20 mm, tolerancen på elementet  $\pm 5$  mm. Der skabes en uvæsentlig kuldebro af fugematerialet og elementets kantribbe.

Den lodrette fuger udstøbes med klinkerbeton og efterfuges tilbageliggende med cementmørtel. Fugens form tillader overførsel af vandrette kræfter vinkelret på facaden mellem elementerne uden at hindre, at vandrette bevægelser i facadens plan kan optages. For at fiksere en sådan revnedannelse til elementfladerne, er begge elementflader strøget med asfalt. Derved er fugematerialet sikret mod tilfældig revnedannelse, der ville føre til forvitring, og fugens vandtæthed forbedret. Asfalten virker i nogen grad vandskyende. Den normale fugebredde er 15 mm, tolerancen på elementbredden  $\pm 5$  mm.

Som sædvanlig i konstruktioner af denne art er der benyttet tilbageliggende fuger. Derved opnås, at mindre uregelmæssigheder i elementerne, f.eks. krumme kanter, vindskævheder og lokale afvigelser, skjules. Det samme gælder revner i fuger som følge af svind og temperaturbevægelser etc., idet en revne i det indadgående hjørne er næsten usynlig. Ville man forsøge at fuge i plan med facaden, ville fugen få et uregelmæssigt udseende; revner og elementunøjagtigheder ville blive meget synlige, og fugen vil iøvrigt under ingen omstændigheder kunne skjules, da stofkarakteren (og farven) af mørtel og element altid vil falde (lidt) forskellig ud.

100 50 0 100 200 300 400 500 mm

V.



### Bærende facadeelement til et-etages kasernebyggeri.

$h=2,84$  m,  $b=2,98$  m,  $t=15,5$  (30) cm.

Bygningen har bærende længdevægge og afstivende tværvægge i elementer; tagplader med bæreretning vinkelret på bygningens længderetning udføres som ribbeelementer  $5,25 \times 1,50$  m.

Elementet består i princippet af 4,5 cm jernbeton udvendig, 8 cm løse klinker med lidt cement og indvendig 3 cm jernbeton. Langs elementets kanter er der ribber, der springer 14,5 cm frem foran elementets facadebeton. Elementtykkelsen er altså 15,5 cm, langs kanterne 30 cm.

Elementet støbes med ribberne nedad, d. v. s. med facaden nedad. Denne udformning er arbejdsteknisk at foretrække for løsninger med ribberne opad, som f. eks. blad VIII. Efter udstøbning af ribber og facadebeton udlægges klinkerne, og det indvendige betonlag udstøbes.

Isolationslaget er drænet nedad til den åbne, vandrette fuge, og samtidig er elementet ventileret, idet der også foroven er ført udsparinger ud til det fri fra klinkerlaget.

Montagen er simpel, idet elementet forinden styres i begge retninger af udsparinger, der griber om bolte, indstøbt i fundamentet. Dette kræver meget små tolerancer ved placeringen af såvel udsparinger og fladjern i elementet som boltene i fundamentet.

Efterarbejdet for den vandrette fuge består dels i en justering af elementets placering i højderetningen ved hjælp af møtrikker på boltene, dels i en understøpning med cementmørtel.

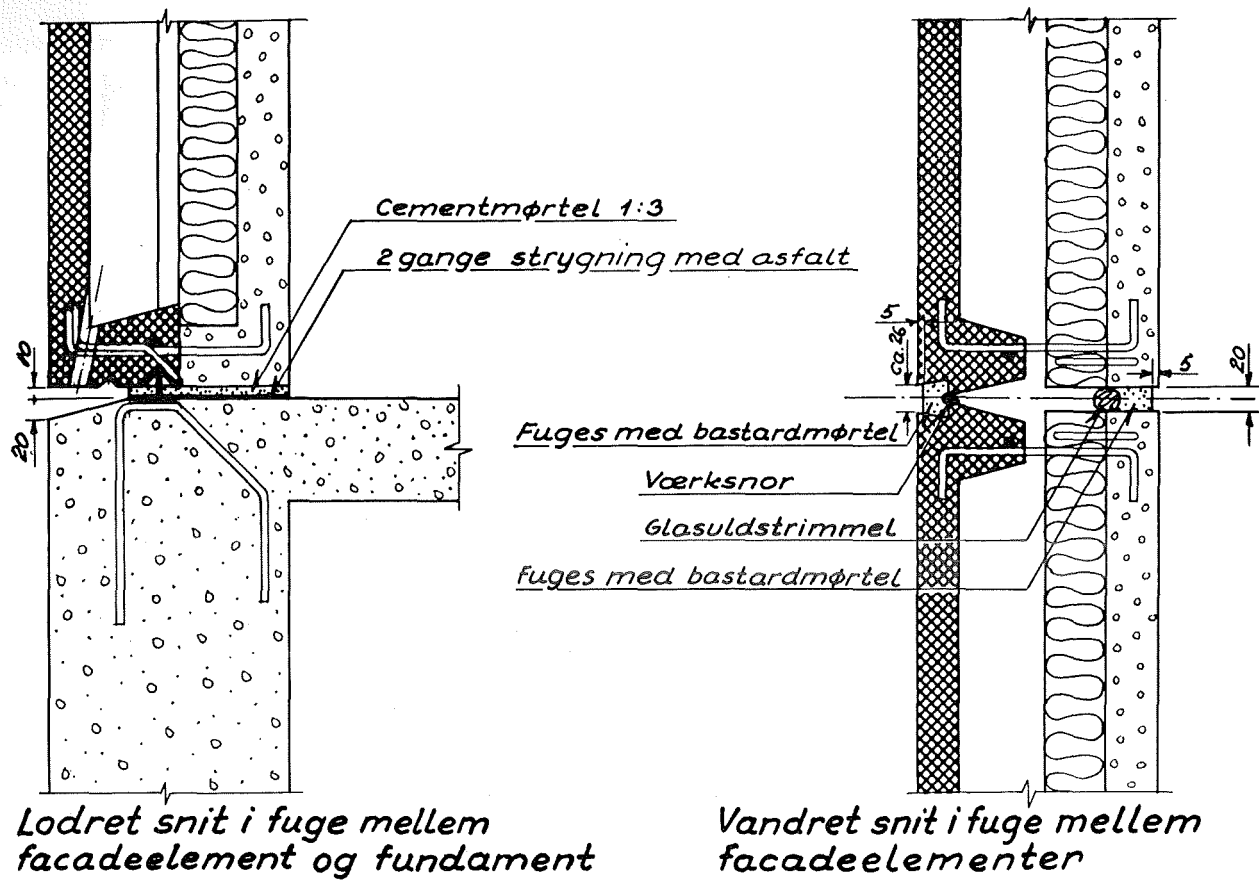
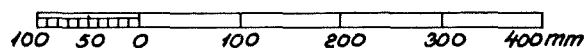
De lodrette kræfter overføres gennem mørtlen ved ribber langs pladekanten; de vandrette vindkræfter optages i fundamentet og tagfladen, hvorfra de overføres til de afstivende tværvægge.

Fugens tæthed er opnået ved mørtlen i forbindelse med vandnæsen i elementet og fundamentets skrå overside og lodrette spring. Fugebredden er normalt ca. 30 mm, tolerancerne  $\pm 5$  mm.

Den lodrette fuge mellem elementerne er en dobbeltnot med en lidt speciel udformning. Elementfladerne er for-tandede, således at forskydende kræfter i fugen kan optages. Fugen kan naturligvis desuden optage kræfter vinkelret på facaden. Den udstøbte fuge virker som bærende søjle i forbindelse med elementets kantribber og de udragende U-bøjler i elementkanten og to lodrette armeringsjern, indstøbt i fundamentet.

Elementfladerne er strøget med asfalt for at fiksere revnedannelsen, fugebredden er 20 mm, tolerancerne  $\pm 5$  mm, og fugningen udføres tilbageliggende.

Det er ikke helt klart, hvorledes forbindelsen mellem søjle og notudstøbning virker. Dels er der asfaltstrygninger, dels de udragende U-bøjler.



Lodret snit i fuge mellem facadeelement og fundament

Vandret snit i fuge mellem facadeelementer

#### Bærende facadeelement til en-etages kasernebyggeri.

$h=2,8$  m,  $b=1,2$  m,  $t=24$  cm.

Bygningen har bærende længdevægge og afstivende tværvægge i elementer; tagplader (ribbeplader) med bæreretning vinkelret på bygningens længderetning griber om facadeelementets øvre kant og fastholder det.

Elementet består udvendigt af en 4 cm jernbetonplade med fliseprofilering og bærende, armerede ribber pr. 60 cm. Derefter følger et luftlag, 5 cm mineraluld, og indvendigt et 5 cm lecabetonlag, der afrettes.

Produktionen begynder med fremstilling af den udvendige ribbeplade, der støbes med ribberne opad af hensyn til overfladens udseende. Derefter udlægges et lag brædder og mineraluldmåtterne, efterfulgt af støbning af lecabetonlaget. Herved sammenpresses isolationen, men når bræddelaget efter afhærdningen fjernes, udvider måtten sig atter til normal tykkelse. De to lag er forbundet dels gennem rundjernsforbindelser, dels ved kantribber foroven og forneden.

Ved denne konstruktion har man opnået, at eventuelle kondenserede vanddampe kan løbe ned ad den ydre betonskal og ledes ud gennem drænene forneden. Luftmellemlummet hindrer, at isolationen bliver fugtig.

Hvis lecabetonens indvendige pudslag af lecarmørtel ikke udføres helt tæt, vil der kunne ske et luftskifte gennem lecabetonen, da denne ikke i sig selv er vindtæt.

Montagen foregår hurtigt og simpelt, idet det i elementet

indstøbte L-jern griber om den T-skinne, der er afrettet og faststøbt i fundamentet. Elementets placering i tværretningen er derved fikseret, og korrektioner i længderetningen udføres let ved en forskydning langs skinnen.

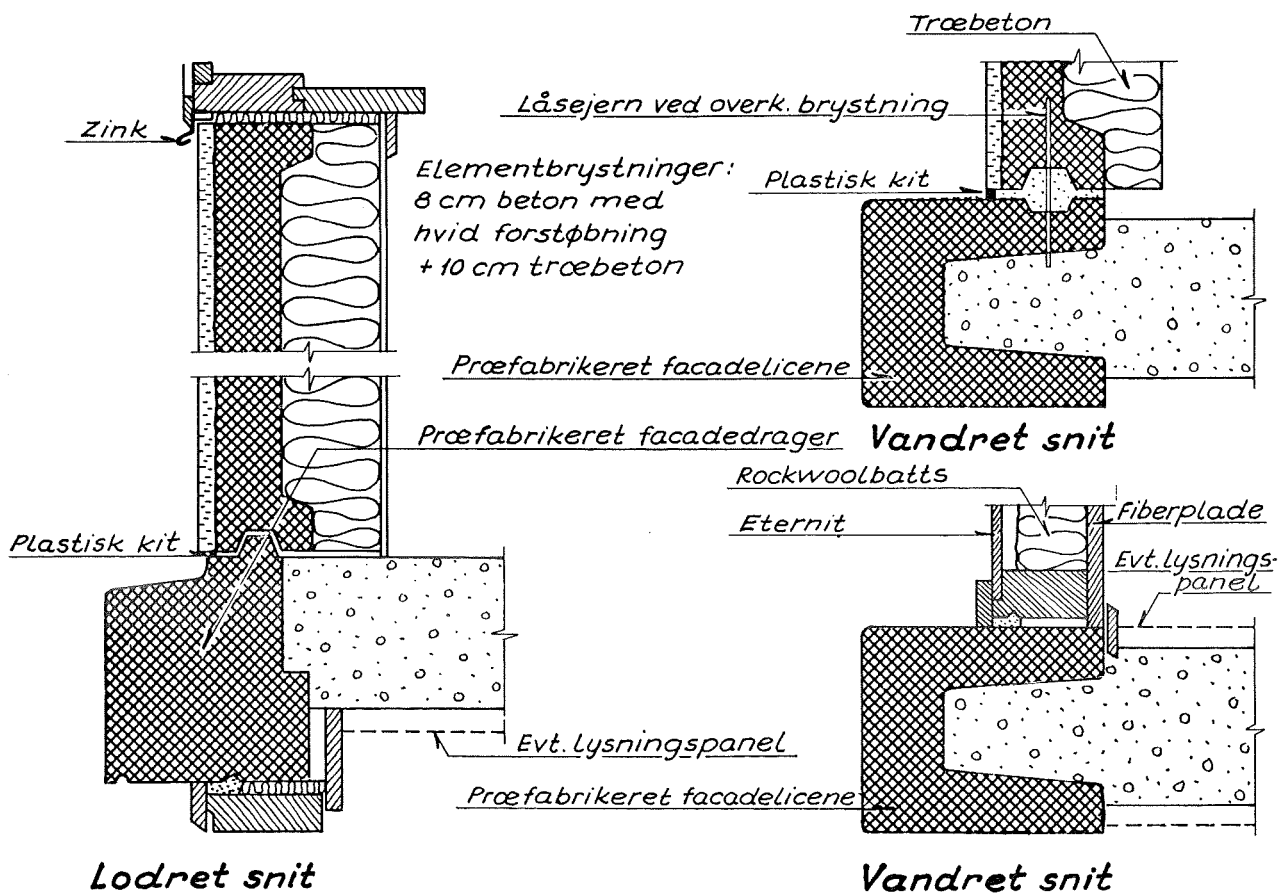
Den nedre, vandrette fuge udføres i cementmørtel, der stemples ind. Kræfterne overføres gennem mørtel og T-jern. Oversiden af fundamentet er skrånende udad, således at slagregn og drænvand ledes ud. Montagemæssigt set er fugen god, men jernene er antageligt i almindelighed for dyre i forhold til de fordele, der opnås; i dette tilfælde var jernene yderligere begrundet med, at man ønskede at sikre facaden mod vandrette forskydninger som følge af lufttryk fra eksplosioner. Jernskinnerne stiller store krav til nøjagtig indstøbning, men udføres arbejdet godt, er montagen som omtalt meget simpel.

Fugningen udføres i de lodrette fuger med bastardmørtel, i indvendige fuger med modhold i en glasuldstrimmel, i udvendige fuger mod en værksnor, (oprindelig tjæret værk, men dette gav misfarvninger). Begge fugninger udføres tilbagemiggende, og den udvendige fuge har svalehaleform for at hindre mørtlen i eventuelt at falde ud ved temperaturens indflydelse.

De lodrette fuger overfører ikke kræfter, men er udelukkende af tætnende art. Fugen er udvendigt ikke absolut vandtæt, men dette spiller ingen rolle, da eventuelt gennemsvivende vand vil løbe ned ad ribbepladen og blive ledt bort uden at berøre det indvendige isolations- og betonlag. Forarbejdet er måske ikke forbilledligt, da støbning af plader med ribber opad er vanskelig. Benyttelsen af bræddelaget under støbearbejdet er naturligvis heller ikke umid-

100 50 0 100 200 300 400 mm

IX.



delbart billig, men i forhold til de opnåede fordele var konstruktionen alligevel økonomisk.

Tolerancerne på bredderne er  $\pm 5$  mm, og de normale fugebredder er indvendig 20 mm, udvendig 26/36 mm, ved værksnoen dog kun 6 mm.

### Ikke-bærende facadebrystning i beton og snedker-udfyldningselement.

Bygningen består af på stedet støbte, pudsfri bærende tværvægge og etageadskillelser. Facaden bæres af præfabrikerede facadedragere. Facadedragere og væglicener danner vandrette og lodrette bånd og er forsynet med noter etc. til fastholdelse af facadeelementerne, brystninger i beton og herover udfyldning med vinduer og lette udfyldningselementer.

Facadebrystningen, 18 cm tyk.

Udvendig er der et par cm hvid betonforstøbning, men den ydre skal består iøvrigt af ialt 8 cm beton med kantribber. Indvendig er der 10 cm træbeton, der beklædes med hårde træfiberplader.

Elementet støbes med ydersiden nedad, d.v.s. med ribberne opad, men træbetonlaget kan benyttes som overform.

Der er ikke truffet foranstaltninger mod kondensvandsdannelse.

Elementerne monteres, idet de er styret i vandret retning

af facadedragerens fjer. Herefter følger opkiling og understopning. Samlingen mellem facadelicener og brystning samt mellem fagets to brystningselementer sker ved udstøbning af dobbeltnoter. I overside brystning indlægges ved samlingerne hæfteklamme-formede låsejern i udsparinger i brystning og licene.

Efterfugningen består for både den vandrette og lodrette fuge i en udvendig fugning med plastisk kit.

Fugernes tæthed beror på den plastiske kit.

Fugebredderne er i vandrette fuger normalt 20 mm, lodrette fuger normalt 10 mm, tolerancer  $\pm 5$  mm.

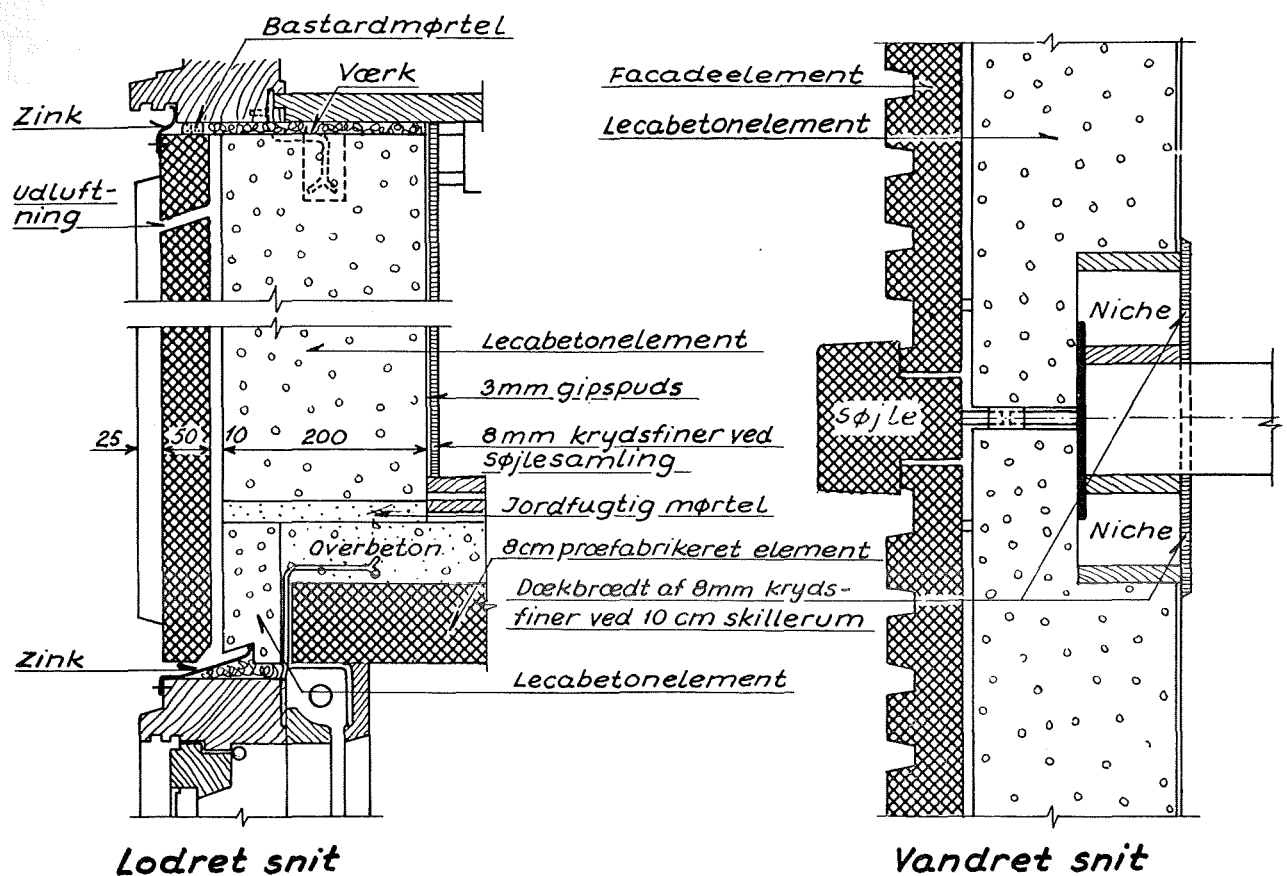
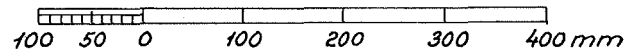
Det lette udfyldningselement, 11 cm tykt.

På en træramme er udvendigt sat eternitplader, indvendigt hårde fiberplader. I mellemrummet er indlagt 7,5 cm rockwoolbatts op ad fiberpladen, således at der dannes et hulrum mellem batts og eternit. Hulrummet er ventileret til det fri. Elementerne opstilles og opkiles på brystningerne og fastspigres til indstøbte klodser i brystning og licener.

Fugningen udføres ved kalfatring med tjæret værk, hvorefter der udfuges med bastardmørtel (lodret not i træelement, vandret not i facadedrager til at fastholde mørtlen) og der påsættes trælister.

Kræfterne overføres i sømforbindelserne, og tætheden opnås ved lister og mørtel. Ved samlingen under vinduet mellem træ- og betonelement er der benyttet zinkindskud, og mellem træelement og facadedrager vandnæse både i drager og på tætningsliste. Disse konstruktioner afviger iøvrigt ikke fra almindelig udførelse af sådanne samlinger.





### Ikke-bærende facadeelementer til tre-etages kasernebyggeri.

Udvendigt facadeelement 5 cm tykt, indvendigt facadeelement 20 cm tykt. Begge elementer er brystningshøje og udfylder vandret mellemrummet mellem søjlerne ( $a = 1,06$  og  $1,96$  m).

Bygningen består af søjler (præfabrikerede facadesøjler og på stedet støbte søjler indvendigt), præfabrikerede trugdragere, 8 cm tykke præfabrikerede etageelementer med 6 cm overbeton og de viste facadeelementer. Udfyldningsvægge udføres af letbeton (16 % cement + 84 % flyveaske). Vindafstivningen udgøres af indspændte søjler og på stedet støbte gavle.

Det udvendige element består af en 5 (7,5) cm tyk jernbetonplade, støbt med ydersiden nedad.

Det indvendige facadeelement er et 20 cm tykt lecabetelement, der pudses med 3 mm gipspuds på stedet.

Isolationslaget er ventileret og drænet udad til luftmellemrummet mellem lecaisolationen og det udvendige element. Luftmellemrummet er drænet nedad til en åben, vandret fuge og er ventileret herigennem og gennem ventilationshuller foroven.

Under montagen opstilles søjlerne ved en indbyrdes dornforbindelse og fastholdes til dækket ved udragende jern, der indstøbes i dækket. Derefter opstilles det udvendige element

med knasfuge på knaster på facadesøjlerne. Endelig opstilles det indvendige facadeelement på etageadskillelsen på en pølse af jordfugtig mørtel. Elementerne fastspændes mod søjlen ved bolte, indstøbt i søjlen. Afstanden mellem udvendigt og indvendigt facadeelement holdes ved påsømmede betonafstandsklodser.

Den vandrette fuge mellem facadebrystninger og vindue. Samlingen er traditionel stopning med værk, fugning udefra med bastardmørtel og inddækning med zink.

Den åbne vandrette fuge minder om flere af de ovenfor beskrevne. Den er tætnet mod vandindtrængen ved zinkinddækning og vandnæser. Vindtætheden er, som på konstruktionen blad VIII, opnået ved lecaelementets puds. De vandrette fuger tættes med værk, henholdsvis jordfugtig mørtel.

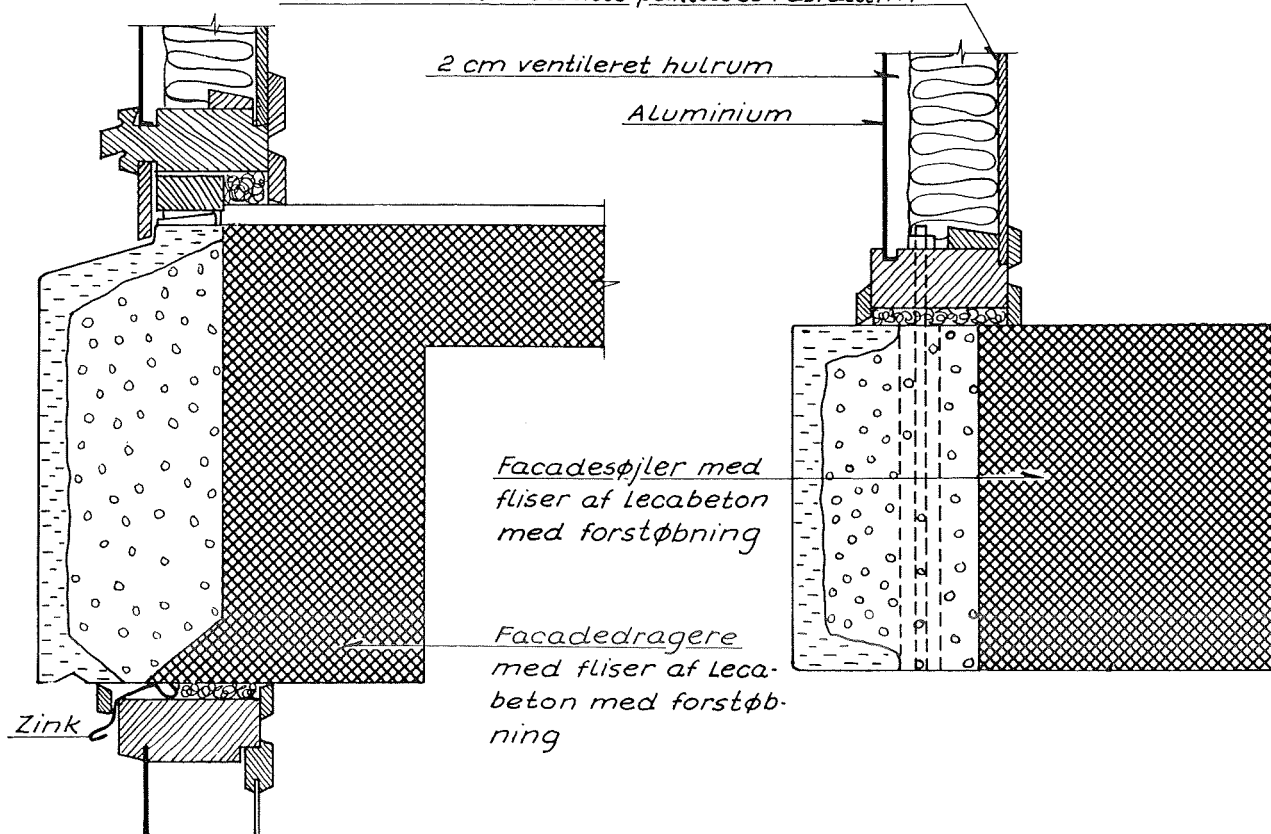
Kuldebroen ind mod etageadskillelsen er afbrudt ved et lille letbetonelement. Fugebredden er 10 mm, tolerancerne på elementerne  $\pm 2$  mm.

Den lodrette, udvendige fuge er en knasfuge, hvis tæthed mentes opnået på grund af det ventilerede, dræned hulrum, sammenlign f. eks. blad VII. Denne fuge er senere tætnet med plastisk kit, da det viste sig, at vand i blæsevejr trænger ind i den lodrette fuge mellem udvendigt facadeelement og facadesøjle. Når vandet derpå løber ned i fugen, trænger det ind bag den zink, som afdækker vinduets overkarm.

Den lodrette, indvendige fuge består af en niche, hvori der fremføres installationer, lukket med påskruede dækbrædder.

100 0 100 200 300 400 mm

*Eternit m. Rockwoolbatts påklæbet i asfaltlim*



*Lodret snit*

*Vandret snit*

**Ikke-bærende facadeelementer til fler-etages fabrik.**

13 cm tykke elementer, der to og to udfylder åbningen mellem søjler og dragere i facaden, h=3 m, b=2 m.

Bygningen er en traditionelt udført hal med på stedet støbte søjler, dragere og etageadskillelser. Facadesøjler og -dragere er på den udvendige side beklædt med „Bellahøj-fliser“, smlgn. blad I.

Elementerne er lette elementer opbygget over et svært træskelet. Den udvendige beklædning består af aluminiumsplade. Derefter følger et 2 cm hulrum, ventileret til det fri gennem huller i træskelettet. Isolationen består af en 10 cm rockwoolbatts påklæbet i asfaltlim på den indvendige eternitbeklædning.

Da der er luftbefugtningsanlæg i fabrikken, er kondensproblemerne her større end normalt. Da den udvendige beklædning er damp-tæt, vil der være stor fare for kondensvandsdannelse, hvis den varme, fugtige luft fra rummene uhindret kan diffundere ud til elementets yderside. Damptrykket må derfor reduceres ved elementets inderside; man har da søgt at skabe et kraftigt dampstandsende lag indvendigt ved det omtalte asfaltlag. Dette i forbindelse med det ventilerede hulrum har vist sig gennem nogle år virke udmærket. Man har som kontrol skilt elementer ad og ikke konstateret fugtansamlinger.

Elementerne leveres i to dele. Den ene del, bestående af skelet og aluminiumsbeklædning monteres først. Elementet rejses indefra, opkiles, fastpiges foroven og boltes fast ved

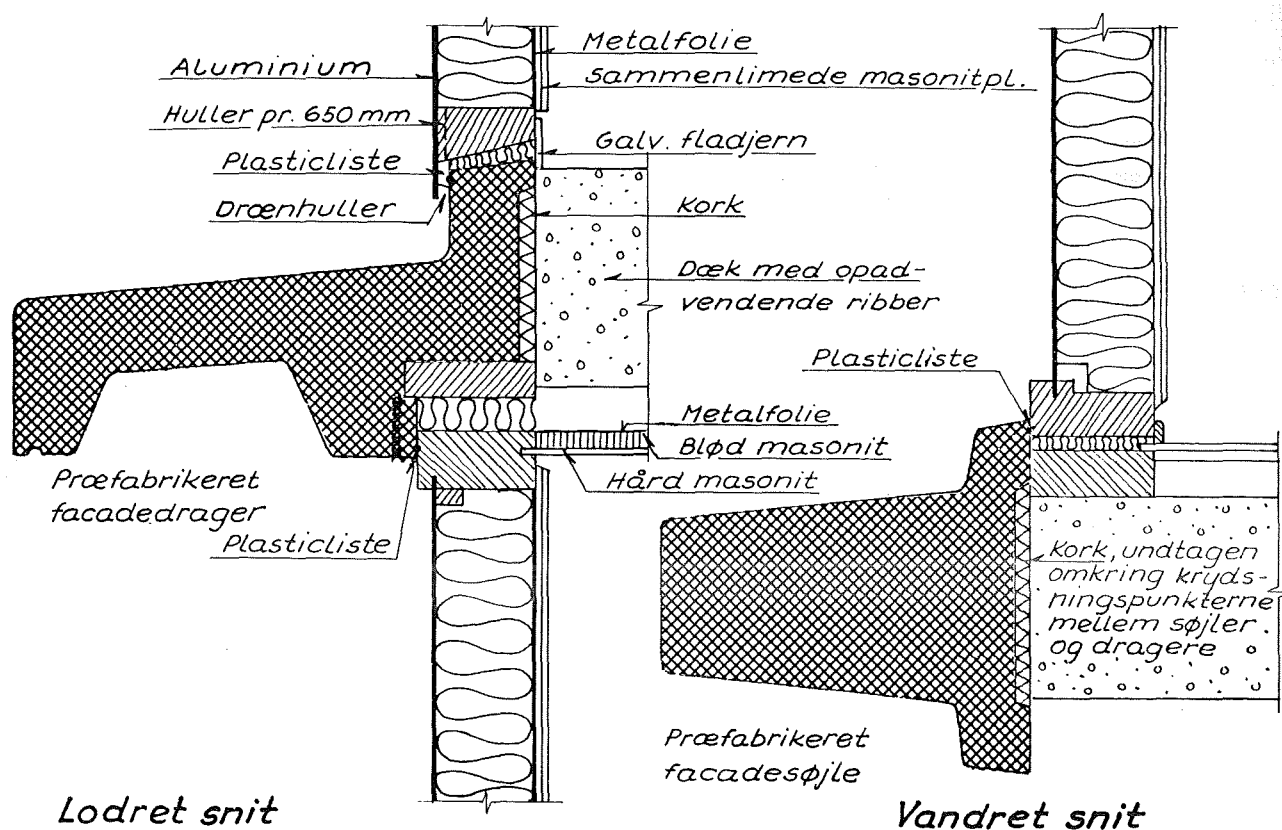
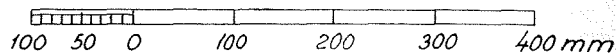
siderne gennem flisernes rørbørsninger. Derefter opsættes eternitbeklædningen med de påklæbte batts. Fugerne stoppes med tjæret værk, og der påsættes kantlister og zinkinds-skud i den øverste, vandrette fuger.

*Den øverste vandrette fuger* er sikret mod vand dels gennem dragerens vandnæse, dels gennem zinkinds-skuddet.

I en sådan konstruktion vil de væsentligste bevægelser hidrøre fra træets eventuelle svind og kastning som følge af varierende vandindhold. Værkstopningen skulle sikre mod utætheder overfor vind, men af æstetiske grunde kan der måske blive tale om at efterregulere kantlisterne. De ret brede fuger kan optage de eventuelle målafvigelser, væsentligst for betonkonstruktionens vedkommende. Værk og kantlister stiller ingen specielle nøjagtighedskrav.

*Den nederste, vandrette fuger* er sikret mod vand gennem de to vandnæser, i ramtræet og kantlisten (-brædtet), iøvrigt gælder de samme bemærkninger som til den øverste, vandrette fuger.

*Den lodrette fuger* indeholder heller ikke yderligere, bemærkelsesværdige enkeltheder, kun skal det nævnes, at fugen næppe altid kan være helt slagregnstæt, da såvel målafvigelser for fliserne og disses montage som træets bevægelser vil forårsage mindre revner mellem søjle og kantliste. Erfaringsmæssigt spiller dette ingen større rolle - konstruktionen er analog til utallige traditionelle konstruktioner, men da elementerne her er usædvanligt store, er boltesamlingen sikkert en udmærket forbedring i forhold til almindelig sømning.



Lodret snit

Vandret snit

### Ikke-bærende facadeelementer til fler-etages boligbyggeri.

$t=11$  cm,  $h=2,50$  m,  $l=4,90$  m.

Den bærende konstruktion består af 20 cm tykke bærende tværvægge, ( $a=5,10$  m) støbt på stedet og etageelementer med plan underside og opadvendende ribber samt afstivende, langsgående trapeendevægge. Såvel vægge som lofter pudses. Facadeelementerne er lette elementer bestående af et træskelet, udvendigt beklædt med aluminium, indvendigt med to lag sammenlimede masonitplader påklæbet metalfolie på den mod isolationen vendende side. Hulrummet er udfyldt med 10 cm rockwoolbatts. Elementerne leveres med indsatte vinduer, dog uden glas.

Elementets udvendige side er damptæt, og man har derfor også forsynet den indvendige side med en damptæt beklædning, metalfolien. Derved vil damptrykkurven også ved indersiden udvise et så stort spring, at faren for dannelse af store mængder kondensvand er borte. Som yderligere foranstaltning er isolationslaget fornedet ventileret og drænet udad.

Elementerne rejses indefra med anslag mod fremspring i den overliggende bjælke og søjlerne. Elementerne fastspigres til indstøbte planker, fornedet fastholdes de ved udvendigt anslag mod bjælken og indvendige fladjernsbeslag. Alle

fuger tætnes udefra ved indlagte plasticlister etc., indefra ved tjæret værk og dækklister.

#### Den øvre, vandrette fuge.

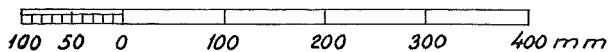
Kræfterne overføres gennem søm til den indstøbte planke. Sømningen er udført således, at plasticlisten klemmes og derved skaber tæthed i fugen. Yderligere tætning er opnået ved værkstopningen. Vandbeskyttelsen ligger i bjælkens drypkanter og plasticlisten. Der er rigelig plads til optagelse af målafvigelse i lodret retning som følge af den brede værkstopning.

Den nedre, vandrette fuge er ikke egentlig kraftoverførende for vandrette kræfter, da elementet under montagen er presset udad mod de tre andre kanter. Elementet er sikret mod at glide udad ved de påskruede, galvaniserede fladjern.

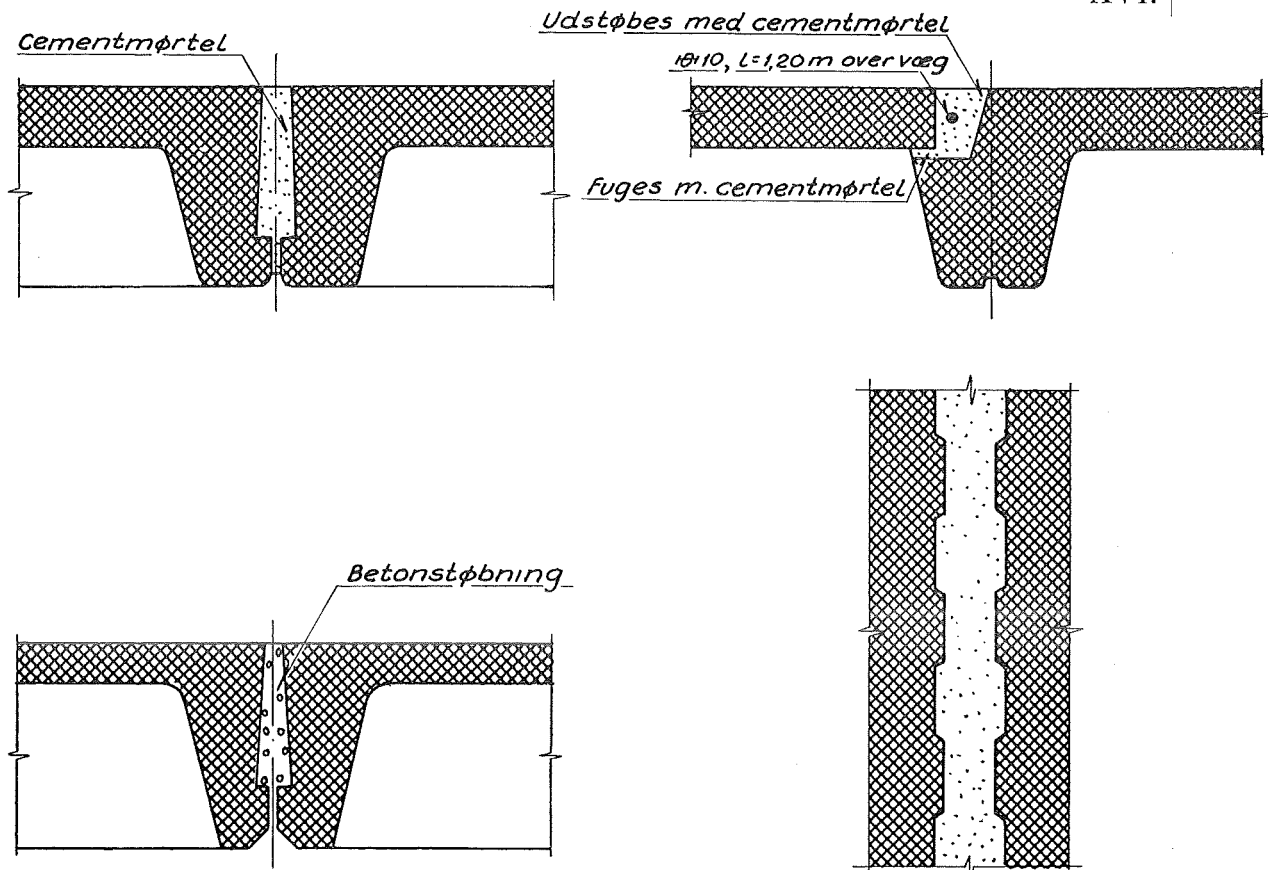
Fugen er sikret mod vand ved bjælkens lodrette opspring og aluminiumsbeklædningens drypkant.

Vindtætheden ligger i værkstopningen, mens plasticlisten næppe kan antages at virke sikkert – elementet er monteret presset udad mod anslag langs de tre andre kanter.

Den lodrette fuge er tætnet ved den indlagte, sammenpressede plasticliste og værkstopningen. Den normale fugebredde er 10 mm, og dette skulle være tilstrækkeligt til at optage målafvigelse dels fra elementet og vel især fra væggene.



XV. | XVII.  
XVI.



## Ribbe-etageplader

### Ribbeplader.

#### Blad XV

Ribbeplader med ribber pr. 120 cm,  $l=n \times 60$  cm,  $b=120$  cm,  $t=6/20$  cm.

Pladerne benyttet i forbindelse med det på blad III omtalte byggeri, se endvidere blad XX og XXII.

Plader og fuger er symmetriske, d.v.s. at deres placering i byggeriet ikke er bundet af „højre/venstre“-regler.

Fugen er ikke udformet til at optage kræfter, da hver plade bærer for sig, og da vindkræfter kan optages uden skivevirkning fra etagen i de langs- og tværgående vægge.

Af hensyn til afformning og æstetik er de nedre ribbekanter afrundede. Derved undgås „skæg“ ved en utæt formsamling og variationer i fugebredden og målafvigelse i elementerne camoufleres i forbindelse med den tilbageliggende fuge.

Samlingen udføres ved udstøbning fra oven og efterfugning fra neden.

#### Blad XXVI.

Konstruktionen er analog til den på blad XV viste. Pladetykkelsen er dog kun 4 cm, ribbehøjden stadig 20 cm. De kraftige afskæringer af ribbekanten er udført, for at man kan undlade den noget besværlige udfugning nedefra.

#### Blad XVII

Ribbeplader med ribber pr. 60 cm.  $l=n \times 60$  cm,  $b=120$  cm,  $t=6/20$  cm.

Pladerne er benyttet i forbindelse med det på blad VII omtalte byggeri.

Ribberne er her anbragt tættere, hvorved tilslutningen af lette vægge kan udformes friere. Når fugen er usymmetrisk, betyder det, at der i bygningen må benyttes en symmetrisk vendeplade med to ribber, uden fri pladekant,  $b=60$  cm udover normalpladerne med to ribber, een fri pladekant,  $b=120$  cm.

Fugen overfører dels lodrette kræfter fra den ene plades flig til den anden plades ribbe, dels de forskydende kræfter, der opstår, når etagen udnyttes som skive ved optagelse af vindkræfter. Af hensyn til disse vindkræfter, er pladekanterne fortandede, og der indlægges langsgående jern, 120 cm lange, i fugen over de bærende vægge. Endvidere er der indlagt tværgående jern i alle fuger mellem pladerne over væggene. Samlingen udføres ved udstøbning ovenfra og udfugning nedefra, fra siden.

Den usymmetriske fuge har forskellige fordele, bl. a. bliver efterfugningen lettere at udføre, fra siden i stedet for nedefra (smlgn. blad XV), og endvidere optages målafvigelse i elementer og under montage „usynligt“.

For at kunne tilslutte lette vægge blot med en simpel notsamling, er ribben udført med skinfuge i undersiden. Dette får samtidig ribberne til at se smalle.

## Summary

### Assembly and Jointing of Building Components, Especially Concrete Elements.

Non-traditional building methods have drawn attention to the joints and clearances, among other reasons, because cracks due to shrinkage and settling are more likely to occur in joints round large components. Problems of wind- and water-tightness have therefore become emphasised.

Jointing materials and principles are often chosen as a compromise between the various *demands that must be satisfied by the joints*.

*A. Transmission of forces*, Live load and dead load, wind pressure etc. The stress in the jointing material are, according to the direction of the forces, either compressive (the most favourable) or shearing (see publ. No. 1 "Composite Prefabricated Reinforced Concrete Structures", Teknisk Forlag). There can be notched joints, bolt assemblies and other similar methods of jointing.

*B. Tightness* against wind, heat, sound and moisture. Not all joints in the face of the building can be locked on account of movements due to creep, temperature variations, etc., and in this connection tightness against wind and moisture are the most important demands. A number of designs that satisfy these demands are shown in the illustrations.

*C. Freedom of movement*. Some joints can be made rigid with cast in locking pieces, but a relatively large number must be able to take up movements, even if the building includes actual expansion joints.

*D. Economic edge-shuttering*. Complicated edges can only be permitted on the components in the case of very large orders, and tapering edges, etc., must be placed so as to permit the finished component being removed from the mould easily. Protruding iron pieces should be avoided if possible, or replaced by inserts.

*E. Economic erection and jointing*. The component must be simple and must be able to be erected quickly. The jointing must be easy to do, preferably self-shuttering, and the edges must be so shaped that a natural base is formed against which the gaps can be stopped.

The crane must not have to wait until adjustment of the locationing are completed. These must be made later.

*F. Dimensional deviations* must be able to be taken up. The tolerance on the component can often be put at  $\frac{1}{4}$  of the gap width. For dimensional deviations and tolerances see also publ. No. 6 "Accuracy in Building Construction", Teknisk Forlag.

*G. Installations* f. ex. tubes for electric leads can occasionally be hidden in the gaps.

*H. Aesthetics*. The pattern formed by the joints and the jointing itself must be aesthetically satisfactory, which, in practice, is most easily achieved by recessed jointing.

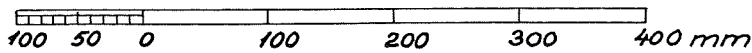
*The jointing material* is usually mortar, preferably fairly dry to facilitate the work and reduce the shrinkage. Sprayed on plastic coass, or mastics are often used in order to ensure water tightness. Traditional methods, such as the insertion of zinc and stopping with oakum are also used.

*Types of joints*, each with its own combination of essential demands that must be satisfied, are: -

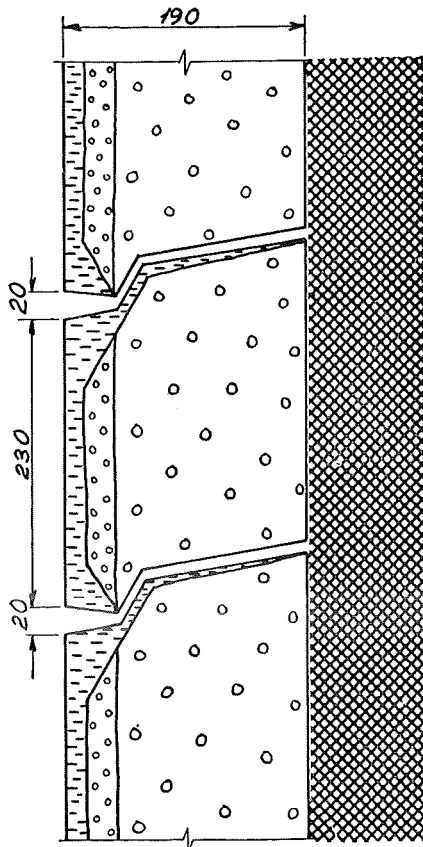
- 1) Vertical facing joints
- 2) Horizontal facing joints
- 3) Horizontal joints between storey partitions
- 4) Vertical joints in inner walls
- 5) Joints between inner walls and storey partitions
- 6) Joints between beams, columns, walls etc, where A is the overriding demand.
- 7) Joints round windows.

The horizontal facing joints are often made on the fish scale principle, which prevents the wind pressure from forcing water into the components. At the same time the insulating layer is often drained and ventilated so that condensation troubles are avoided, and the wind pressure on the vertical joints is equalised. (See Publ. No. 7, Passage of Moisture through Outer Walls, Teknisk Forlag).

Some examples of Danish building practice are shown on the following pages, comprising descriptions of the building, the components, the manufacture of the components, their erection and the joints and jointing. The drawings show on the left a vertical section (lodret snit) and on the right a horizontal section (vandret snit). In most cases the outer face of the wall is to the left in both the sections.

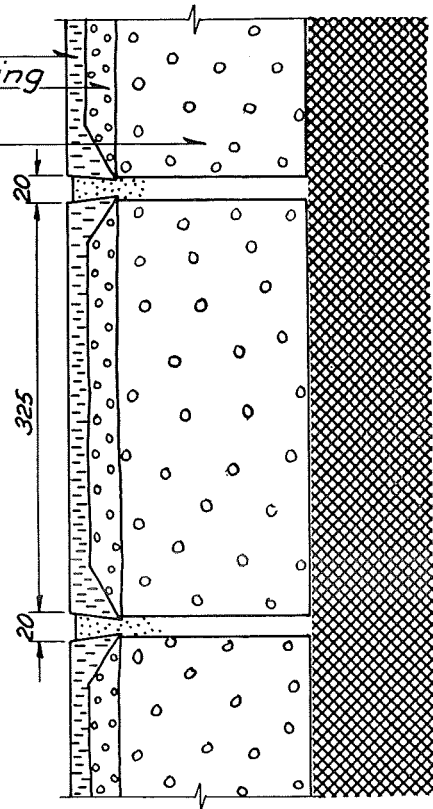


I.



*Lodret snit*

1,5 cm forstøbning  
 2,5 cm mellemstøbning  
 klinker 1200  
 15 cm klinkerbeton  
 klinker 600



*Vandret snit*

### Non-supporting Facing Stones on a Cast Wall.

$h=25$  cm  $b=34.5$  cm  $t=19$  cm.

The stone consists of 1.5 cm concrete with a smooth surface, an intermediate layer of heavy clinker concrete 2.5 cm thick and a 15 cm insulating layer against the load-bearing wall.

The stones are cast with the surface layer downwards in the mould.

From the vertical section it will be seen that the insulating layer is drained down to an open horizontal gap. For this reason the surface concrete layer is continued across the top of the stone.

The stones are mounted in the shuttering and the wall is cast behind them.

The horizontal gaps are not filled as they act as a drain for the insulating layer. Driving rain is prevented from entering the gap by the downward protruding part of the upper stone (which forms a drip) and the oblique water-

tight concrete layer. Wind proofing is attained by means of stopping at the back of the gap with oakum.

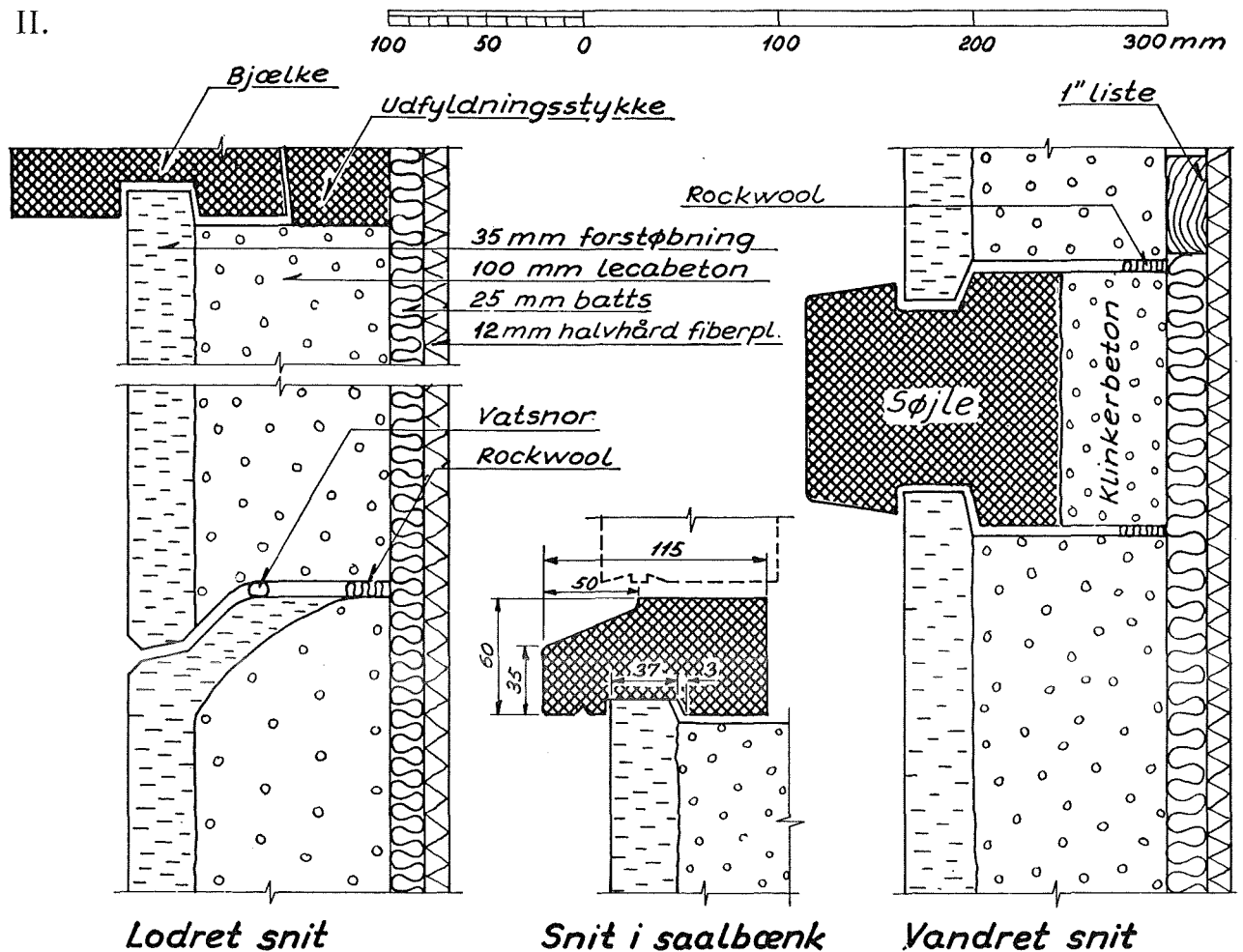
The vertical gaps are filled with lime-cement mortar with cardboard tubing to counteract the capillary forces.

The components have a simple form which in itself gives rise to no difficulties in manufacture. The casting of the clinker concrete is, on the other hand, difficult and needs experience. Care is also needed when the surface layer is being cast, as it must be extended up along the side of the mould corresponding to the top edge of the finished stone. The gap is 20 mm outside and 10 mm inside, and the tolerance is  $\pm 2$  mm which should not cause any difficulties on components of so small a size.

A certain amount of heat loss and other effects connected with cold-conductors may be possible on the inner side of the cast wall opposite the horizontal gaps, if the wall itself is not thick enough to distribute the cooling effect of the gaps.

Components as small as these are, however, unlikely to be used in new building constructions with pre-fabricated components.

II.



**Non-supporting Facing Stones for Single Houses.**  
*h=40 cm, b=110 cm, t=13,5 cm + inside covering.*

The components, which are similar to those described on sheet I, are used in a framework of reinforced concrete columns and beams.

The component consists of a layer of concrete 3.5 cm thick and a 10 cm layer of "Leca" concrete, and are formed and produced in the same way as the facing stones on sheet I.

The procedure is first to erect a column, and then to lay the stones in place with one end secured in a tongue and groove assembly, and finally to erect another column. The next section on the further side of the column can now be built. The columns are connected by horizontal beams (Danish. "Bjælke") which make the tongue and groove assemblies with the stones.

No actual jointing is made as the horizontal gap is considered sufficient to drain off any water that may gather. A cotton cord ("Vatsnor") is inserted in the horizontal gaps, and both the horizontal and vertical gaps are stopped from the inside with strips of Rockwool. Pieces of galvanized iron are laid in the horizontal gaps in order to ensure the necessary clearance between the stones.

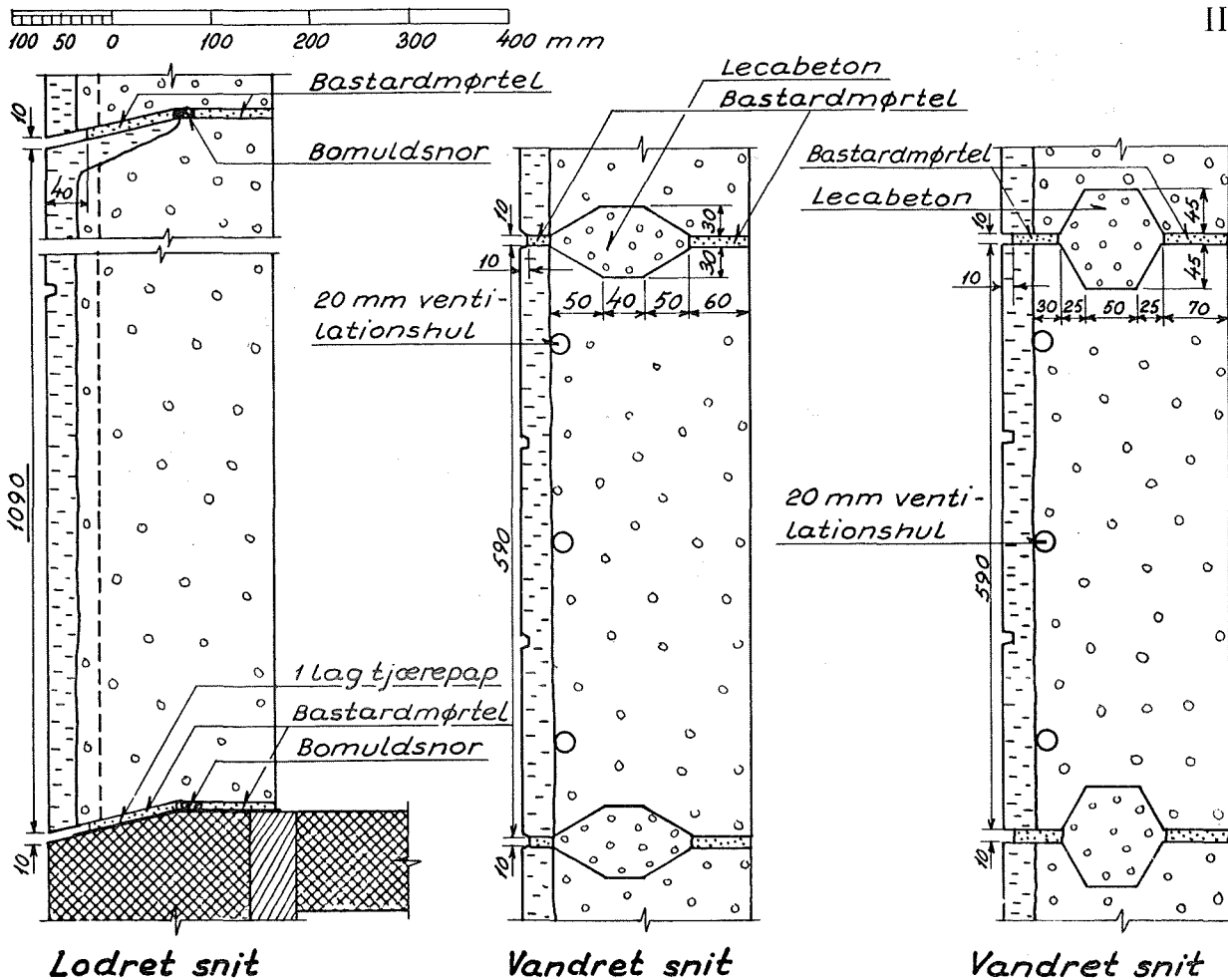
Further insulation on the inner side of the wall is effected by means of Rockwool batts and 12 mm semi-hard fibre boarding ("fiberpl.") on a wooden frame work. This gives the added advantages that the stones, as was the case on sheet I, need not be fitted and finished on the inner surface, and that the heat loss effect of the columns is reduced so much as to be negligible.

The stones are secured horizontally by the tongue and groove assembly to the columns, while their weight is transmitted through the lower lying components, and the galvanized iron pieces to the foundation.

The gaps should be proof against water, but in some cases, in the vertical gaps, water may be hindered in running down and out due to variations in the width of the gap, and it is possible that the water penetrates so far in that the insulating concrete layer does not keep dry. This will not have any practical significance for a material as "Leca" concrete, and the inner insulation will not be affected. The gaps are presumably wind proof, and draughts will in any case be stopped by the fibre boarding. There may, however, be air currents in the insulating layer which increases the thermal conductivity.

This construction permits movements of the components due to temperature variations and other causes. Great accuracy must, however, be observed in the manufacture of the stones. Limited deviations in the nominal size can be taken up in the vertical gaps. In order to prevent rattling, the components are secured at the top by wedges, and, as the supporting iron pieces between the stones are situated on the inclined surfaces, the under side of the next stone will tend outwards.

Dimensional deviations will tend to accumulate vertically and may result in the upper assembly not being sound, or even impossible to make without adjustment, if very strict control is not kept during the manufacture. In the case illustrated here, no trouble was experienced, as the stones were cast in strong and stable concrete moulds from a com-



mon matrix, and so were practically identical. Faults in the matrix will of course be reproduced in all the components so that for example, though identical they may all be a little too big. This will not necessarily prevent the top assembly in being sound, but necessitates only that the horizontal beam is moved up a little higher than projected. ("Snit i saalbænk" = Cross-section through window sill).

### Load Carrying Facing Component for Two-Storey Domestic Buildings.

$h=1.1$  m,  $b=60$  cm,  $t=23$  cm.

The building has load bearing dividing and outer walls and bracing transverse walls. The division between the ground and first floors is constructed of ribbed slabs (with cantilever balconies), see sheets XV and XX, and that above the first floor of wood and boarding.

The component is constructed in a manner similar to the facing stones shown on sheets I and II. It is composed of an outer layer of profiled concrete 3 cm thick and a 20 cm insulating layer of "Leca" concrete. It is cast with the outer side downwards. Initially the "Leca" concrete layer was only roughly smoothed off as the wall were plastered on the inside. Later, however, the casting was finished off with a layer of fine "Leca" mortar which could be stopped with sand filler.

As the outer layer of the component is more impervious to vapour than the "Leca" concrete there is a danger of condensation, which is met by the vertical ventilation holes ("ventilationshul") as shown, which act as a drain to the

open horizontal gap. This principle has functioned well for four years, and no drain-water has been observed.

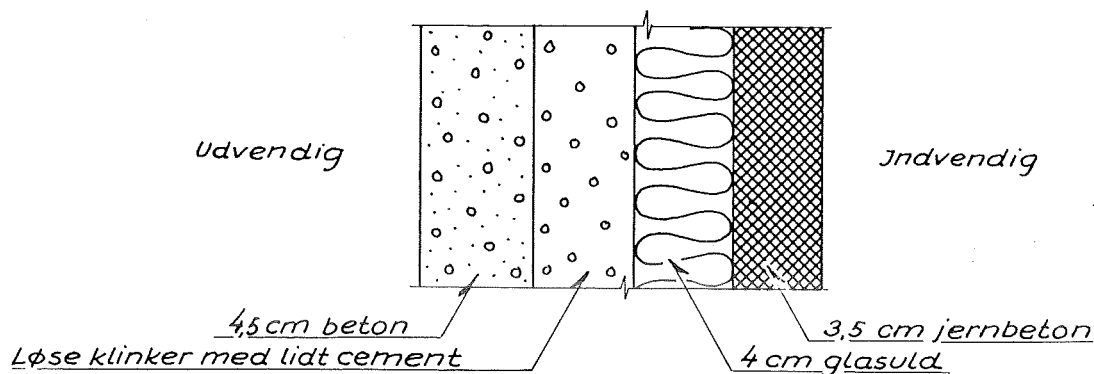
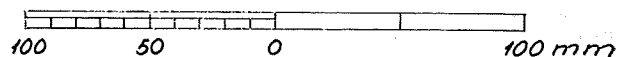
Two courses, with the horizontal beam, see sheet XXII, give the height of the storey. The components are erected on "sausages" of mortar ("Bastardmørtel" = Lime-cement mortar) and wedges, are aligned, and the gaps are then stopped with mortar.

The jointing in the horizontal gaps consists of a cotton cord ("Bomuldsnor") and the mortar sausages as described above. When the erection is complete, the gaps are finished by being stopped from inside and smoothed off, which must be done with great care in order that the vertical forces shall be transferred to the foundation. The gaps are made proof against water in a similar manner to that employed for the stones on sheet I and II, with the difference that the drip on of the upper component has not been made so pronounced, and this has not caused any trouble. The purpose of the cotton cord is to break up the cold-conductor.

The vertical gaps are jointed with "Leca" concrete and finished with lime-cement mortar. The original jointing design as indicated on the drawing to the right was later altered as shown in the middle as this was simpler, the space to be filled not being so deep. This design makes it possible for horizontal forces to be transmitted between the components and, as the jointing material is insulating, no cold-conductor is formed.

The normal gap is 10 mm, but 20 mm would presumably be better in order to allow for work and location deviations. The components must be manufactured and erected





### Variation of sheet V.

The component is in principle constructed like those on sheet V and VII but both "Leca" clinker and glass wool ("glasuld") have been used. This gives good insulation without it being necessary to have to use thick and yielding insulating mats. The component is cast with the outer side downwards, and the inner concrete layer is cast direct on the glass wool mat ignoring the fact that this will be somewhat compressed. At the same time the clinkers act as an excellent drain for the whole of the insulating layer.

### Non-supporting Facing Components for Multi-Storey Housing.

$h$  = height of storey or breast  $b$  = distance between the load bearing walls,  $t$  = thickness, 15 cm.

The building has load-bearing walls ("væg") cast in situ, bracing walls at the stairways and inter-storey partitions of ribbed deck slabs ("Etageplade"). See sheet XVI.

The components ("Facadeelement") are made in two types, 1) with the height corresponding to a storey and 2) with the height corresponding to the breast. Both have an

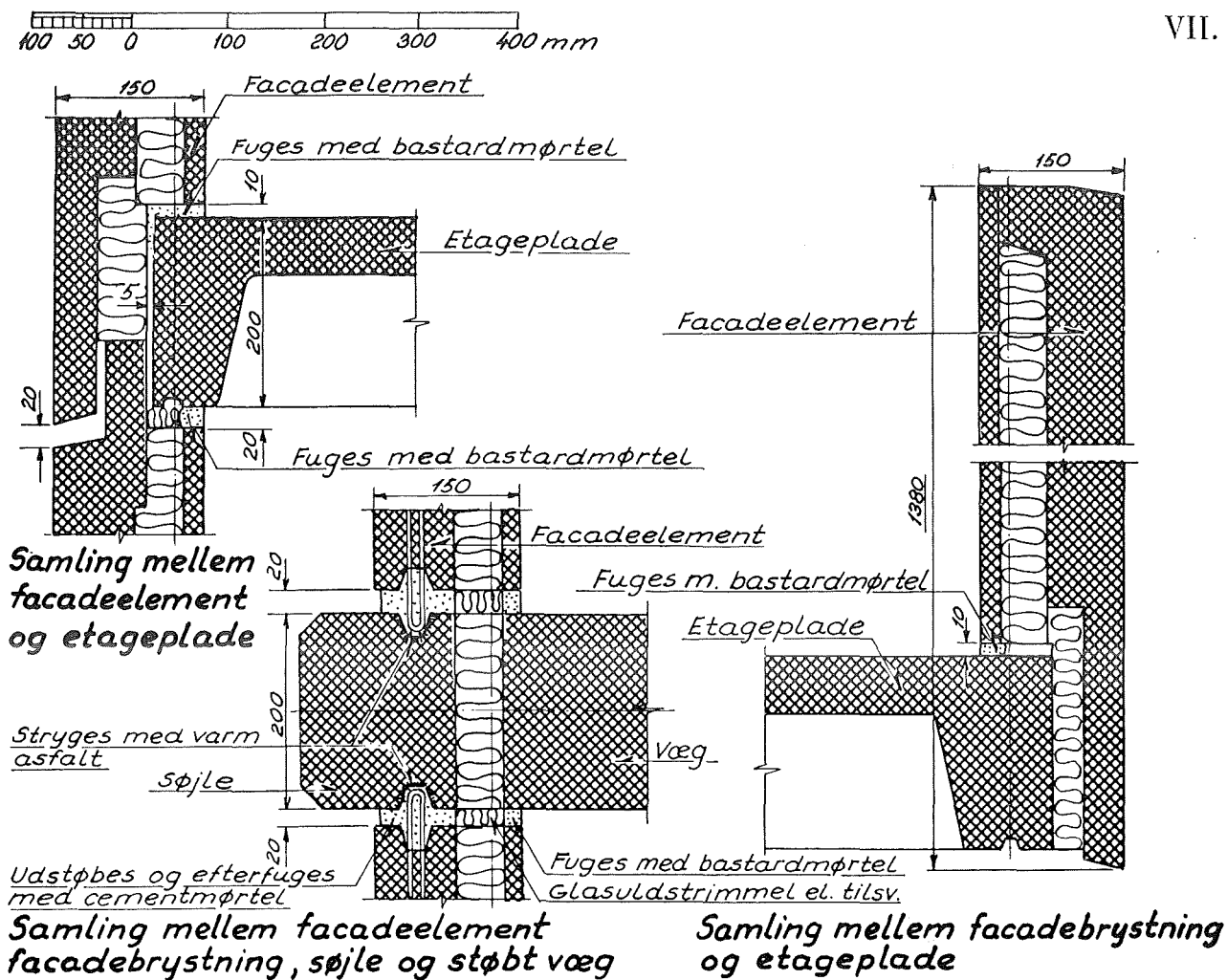
outer layer of 8 cm profiled reinforced concrete, a 5 cm insulating layer consisting of glass wool with bitumenised paper, fine wire netting and reed mats and a 2 cm inner layer of mortar.

The components are cast with the inner side downwards, and small tie bars are inserted in the concrete. The insulating mats are then laid in place, and the tie bars bent down. The mortar layer is added and smoothed over. In order to prevent the insulating matting being compressed, the bitumenised paper, etc., is supported, by metal tubing inserted through the sides of the mould and the matting.

The insulating layer is ventilated downwards to the open horizontal gaps.

The components are cast with the outer side downwards, situated in the face of the building at the ends of the cast bearing walls ("væg"). There are projecting "U" pieces in the components which fit in corresponding grooves in the columns, and the components are erected either by letting them down from above, or, as has often proved advantageous, by bending the "U" pieces up or down, and then bending them back when the components are in place. With a crow bar this only takes a few seconds. The components were mounted on wedges.

The horizontal gap does not transmit any forces, so the jointing shown on the drawing serves only to make the joint tight, and lime-cement mortar ("bastardmørtel") is used. The gaps act as ventilation for the insulating material, and is watertight on the fish scale principle. The upper component projects downwards, covering the upper part



of the lower component. Vertical movements due to variations in temperature can take place without hinderance.

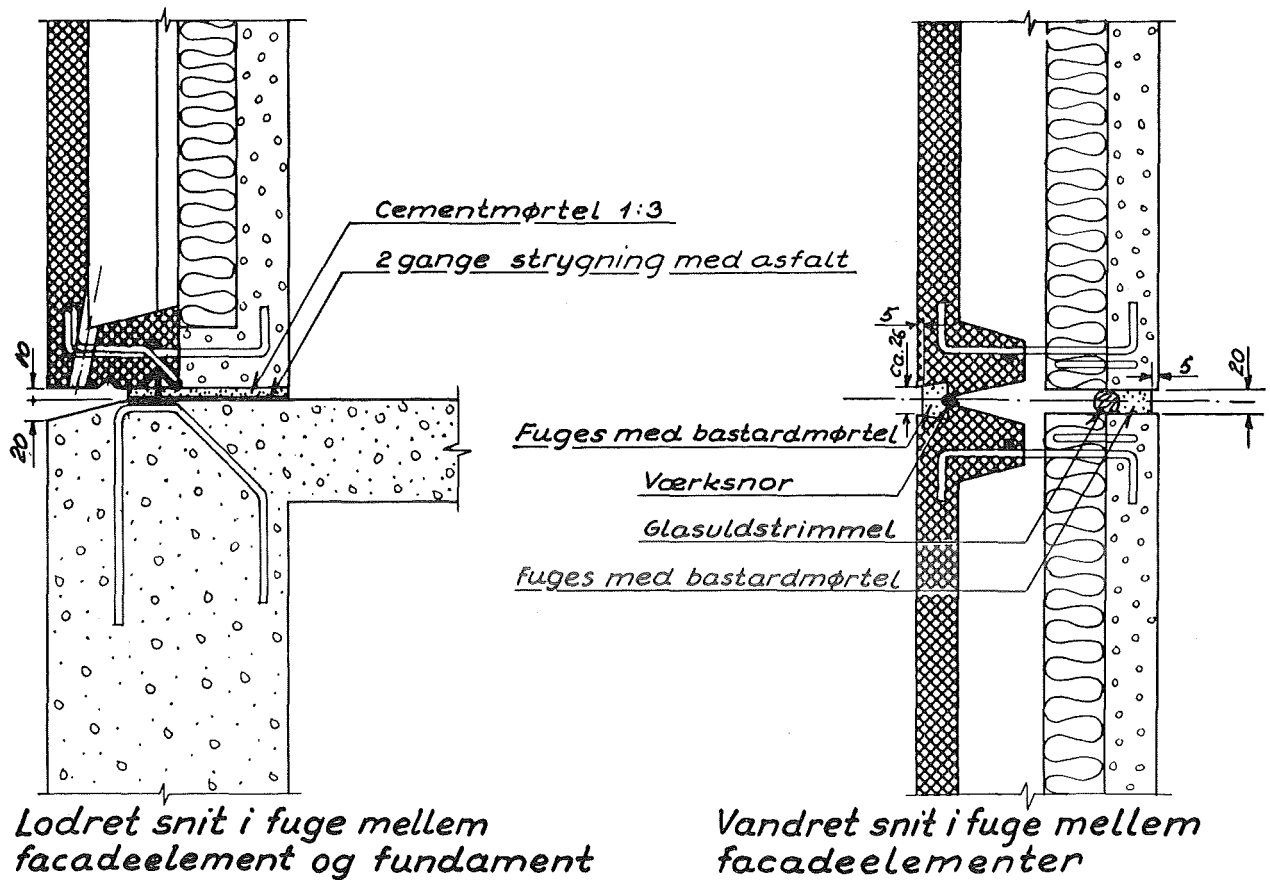
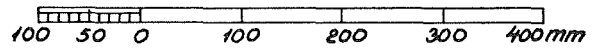
The vertical gap takes up all the forces so that the deck slabs ("Etageplade") are unstressed, which means that special supporting beams in the face of the building, or other reinforcement is not required. The weight of the components is carried by the "U" pieces and the cement mortar ("cementmørtel"), and as the grooves in the columns do not continue to the very bottom, the weight is transmitted through the supporting faces so formed to the columns, and to the upper side of the deck slabs. The mortar also transmits horizontal forces.

As a protection against driving rain, any cracks that may appear have been localised to the grooves in the columns by coating these with hot asphalt, ("varm asfalt") Water will then have to follow a broken course. The width of the crack along the edge of the groove (sloping 1:5 in relation to the face) will be quite small as compared with the cracks that may occur in the joints in the face of the building, which means that the water will have a greater tendency to run downwards under the force of gravity, the more so because there is no appreciable pressure difference between the outer face in the insulating layer, which is freely ventilated through the horizontal gaps. In order to facilitate the work of jointing, and to prevent a cold-conductor being formed, glass wool strips ("Glasuldstrimmel") have been inserted between the insulating layer in the components and the insulation behind the columns

Movements caused by creep, shrinkage, settling and temperature variations can be taken up. The components are independent of the above and below lying rows, as they are carried only by the columns in their own row. The columns are not continuous, but are supported for each storey at the bottom by a projection from the cast wall, and at the top by an assembly permitting vertical movements. There is an expansion joint between the columns vertically above each other, and between the columns and the cast wall there is a 5 cm insulating layer consisting of wood wool in concrete. This serves the double purpose of allowing small movements to take place, and of continuing the insulating layer in the components, so the only cold-conductor is the projecting support for the columns, and this is situated between the deck slabs and the flooring. Vertical movements are taken up in the groove between the column and the component. The vertical gap will open up a little as a consequence of the shrinkage which takes place even after normal setting time. The crack will follow the asphalted groove surface of the column, and all horizontal movements will be taken up here.

The normal width of the gap is 20 mm. With a work tolerance of  $\pm 5$  mm and a location tolerance of presumably the same order, and a tolerance  $\pm 10$  mm on the distance between the walls, a gap of 20 mm must be regarded as the minimum that can be affected.

The gaps are also in this case jointed recessed, and the work is done quickly with a piece of electricians tubing with a flattened end.



### Load Bearing Facing Component for One-Story Barracks.

$h=2.8\text{ m}$   $b=1.2\text{ m}$   $t=24\text{ cm}$ .

The building has longitudinal load bearing walls and bracing transverse walls built up of components. The roofing slabs (ribbed) are placed perpendicularly to the length of the building, and fit over the top edge of the components, thus holding them in position.

The components have a 4 cm outer layer of reinforced concrete with profiling to represent facing stones, and load bearing ribs at 60 cm intervals. There is then an air space terminated by a 5 cm layer of mineral wool, and finally a 5 cm inner layer of "Leca" concrete, which is plastered with "Leca" mortar.

The first stage in the production is to make the outer layer, which is cast with the ribs up in order to ensure a good appearance to the outer face. A layer of boards is then laid down on which the mineral wool mats are placed, and finally the layer of the "Leca" concrete is cast. This will cause the insulating matting to be compressed, but when the concrete is set and the boards are removed, the matting will again expand to its normal thickness. The two layers are joined by steel connecting pieces, and by the ribs at top and bottom.

The advantage of this design is that any moisture or condensate that may be formed can run down the inner side of the outer layer, and be drained off at the bottom. The air space will prevent the insulation from becoming

moist. If the plaster layer on the inner face of the "Leca" concrete is not made perfectly tight, air may pass right through the component as the "Leca" concrete is in itself not windproof.

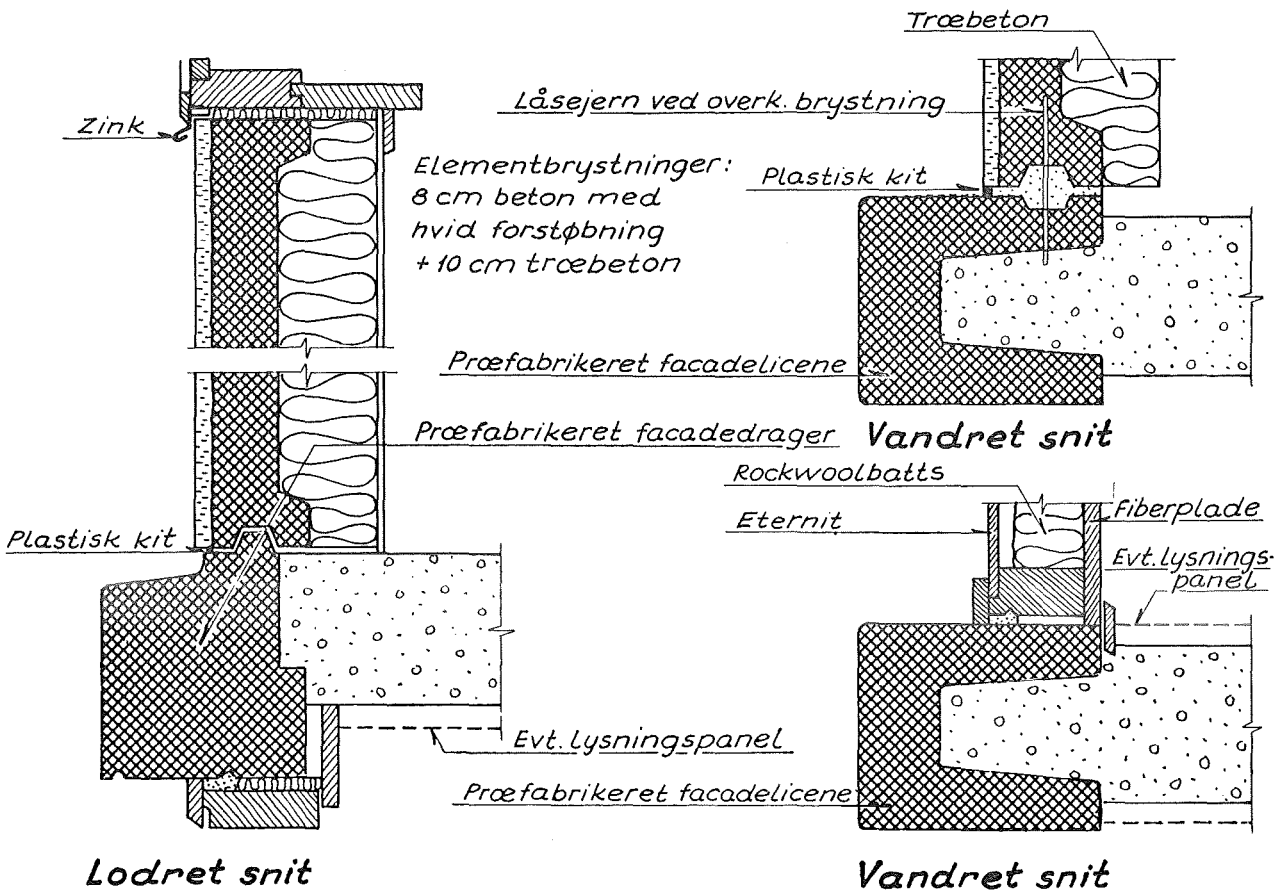
The erection is carried out rapidly and without difficulty as there is a length of angle iron cast in the bottom of the component which fits over a "Tee" piece in the foundation. This fixes the components transversally, and longitudinal adjustments are easily made.

The bottom horizontal gap is jointed with cement mortar which is stopped in, and forces are transmitted through this mortar and the T pieces. The upper surface of the foundations slopes down and out so that rain and moisture is led away. This design for the gap and jointing is good from the constructional point of view, but the use of iron angles and tees is presumably in general too expensive in proportion to the advantages gained. In this case an additional reason for the use of the iron pieces was the desire to secure the wall against blasts from explosions. The positioning of the iron pieces calls for great accuracy, but if the work is done well, the erection will, as mentioned, be very easy to carry out.

The vertical gaps are jointed with lime-cement mortar ("Fuges med bastardmørtel"). A strip of glass wool ("Glasuldstrimmel") is inserted in the inner gap and oakum cording ("Værksnor") in the outer gap forming a support against which the mortar is stopped. (Tarred oakum was used at first, but this gave rise to discoloration). The jointing in both the inner and outer gaps is recessed, and the outer gap is given dovetail form in order to counteract any

100 50 0 100 200 300 400 mm

IX.



tendency for the mortar to fall out under influence of the temperature.

The vertical gaps do not transmit any forces, and are exclusively of a tightening nature. The outer jointing is not absolutely water tight, but this does not matter, as any water that may enter will run down the inner surface of the outer layer, and out at the bottom without coming into contact with the insulation or the inner concrete layer. The procedure followed in the manufacture of these components is perhaps not ideal, as casting the sheets with the ribs upwards is a difficult process. The use of the boards during the casting is not of obvious cheapness, but in relation to the advantages gained, the design is nevertheless economical.

Tolerances on the widths are  $\pm 5$  mm, and the normal gapwidths are 20 mm for the inner gap and 26/36 mm for the outer gap, at the oakum cording, however, only 6 mm.

### Non-supporting Facing Breast and Light Wall Component (panels).

The building consists of unplastered transverse load-bearing walls, and storey partitions cast in situ. The front of the building is carried by prefabricated facing beams ("Præfabrikeret facadedrager") and these, together with the facing columns ("Præfabrikeret facadelicene") form horizontal and vertical bands with notches and grooves which serve to support and secure the facing components, and the concrete breasts with windows and panels above.

*The Facing Breast, 18 cm thick.*

The component has a 2 cm facing layer of white concrete, and the outer shell consists of 8 cm of concrete in all with ribs along the edges. Inside there is a 10 cm thick wood wool slab covered by hard wood-fibre boarding.

The component is cast with the outer surface downwards, that is with the ribs up, and the wood wool slab is used as a mould for the top. No measures have been taken to prevent the formation of condensate.

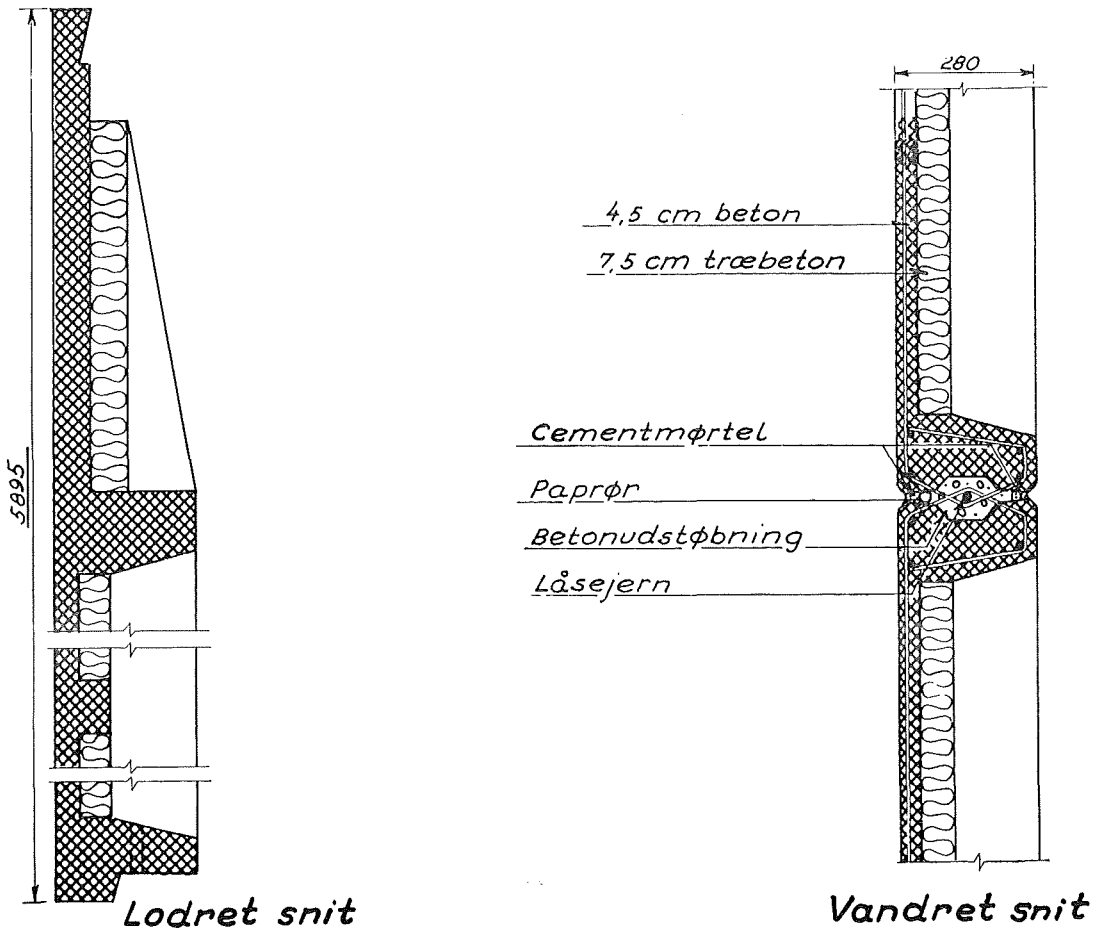
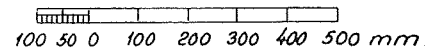
The components are guided horizontally by the tongue in facing beams, and they are mounted on wedges after which the gaps are stopped. The joints between the columns and the breast components as well as between the two breast components in a span are effected by filling the space formed by the groove with concrete. Locking brackets ("Låsejern") are inserted at the joints at the top of the breast components.

The jointing in both the horizontal and vertical gaps is finished with mastic ("plastisk kit") which ensures that the joints are tight. The width of the horizontal gaps is 20 mm, and of the vertical gaps 10 mm and there is a tolerance of  $\pm 5$  mm.

*The panels, 11 cm thick.*

The panels consist of a wooden frame covered on the outside by Eternit and on the inside by hard fibre boarding ("Fiberplade"). A 7.5 cm layer of Rockwool batts is inserted in the space so formed, placed right up against the fibre board so that a hollow, which is ventilated out to the open, is formed between the Eternit and the batts. The panels are

X.



mounted on wedges on the facing breasts and are fixed with spikes to blocks cast in the breasts and the columns.

The joints are caulked with tarred oakum, and jointed with lime-cement mortar, and covered by wooden strips.

Forces are transmitted at the nailed connections, and tightness is ensured by the wooden strips and the mortar. Zinc is inserted in the joints under the window between the wooden and the concrete components, and the joints between the facing beams and the panels are provided with water drips on both the beam and wooden strip. These constructions do not differ from normal procedure in such joints.

### Load Bearing Facing Component for a Storage Building.

$h=6$  m,  $b=2.05$  m,  $t=12$  cm (ribs 28 cm).

The building consists of a) a central row of cantilever columns, b) facing components, which after erection also form columns, c) beams and d) ribbed roofing slabs.

The component consists of a smooth, coloured sheet of reinforced concrete, 4.5 cm thick, with ribs of total height 28 cm. Between the ribs there is a 7.5 cm thick wood wool slab which is brushed over with a cement grout.

The component is cast face down with the ribs and the wood concrete up, which means that a mould must be used for the top.

No particular measures are taken against moisture.

The component is erected and adjusted on bolts in the same way as shown on sheet V. Vertical pieces of locking

iron ("låsejern,") are inserted through the interlocking "U," pieces along the edges of the components, and the space formed by the two grooves is then filled with concrete ("Betonudstøbning,"). The two ribs together then form a column.

The vertical gaps are secured against the entry of water by means of the cardboard tube ("papør,") which also acts as shuttering during the filling of the groove.

The normal width of the gap is 15 mm and the tolerance is  $\pm 5$  mm.

As the insulation is not continuous, the ribs act as cold-conductors, which, however, are insignificant from the point of view of heat loss.

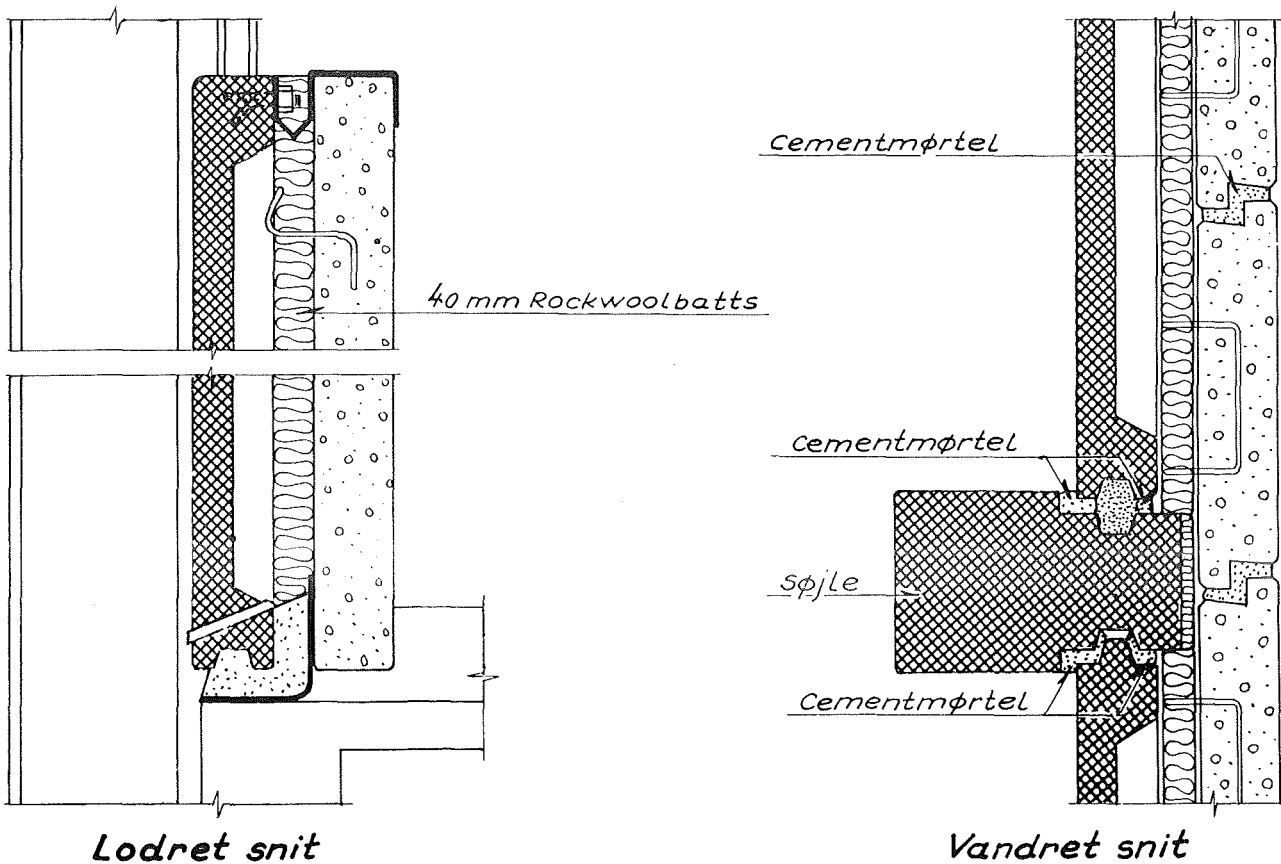
The joints are finished by an application of cement mortar both inside and out, and this is, as usual, recessed.

### Non-Supporting Facing Breasts for One-Story Barracks.

The outer component is 4 cm thick, 8 cm at the ribs. Where the windows are continuous across a span, the nominal length of the component is 3 m (the distance between the columns). Where the windows are smaller, a breast high component is used under the window flanked by two components with the height of the storey.

The inner component under the window is breast high, 8 cm thick and 150 cm long. If the windows are small, a breast high component 150 cm long is used under the window, flanked on each side by two components (storey-

100 50 0 100 200 300 400 mm



high), 8 cm thick and 37.5 cm wide. (These are normal light partition components.) Left hand drawing: Vertical cross-section below the window, right hand drawing: Horizontal cross-section next to the window).

The building is constructed over a framework of reinforced concrete columns, facing columns, and two rows of central cantilever columns spaced at 3 m intervals. The columns are connected by beams, those in the face being of heavy clinker concrete. The underside of the beams are all at the same level so that all the wall components will have the same height. The upper side follows the roof. The non-supporting transverse beams perpendicular to the face will thus be triangular in shape. The roof consists of ribbed slab arranged perpendicularly to the face.

The outer component consists of a 4 cm reinforced concrete sheet with ribs along the edges 8 cm high. The component is cast with the inner side down, and this is also the simplest method on account of the ribs. The outer side is roughly smoothed down. The inner component consists of 8 cm of concrete with 4 cm rockwool batts. It is cast with the inner layer down.

Between the insulating layer and the outer component there is a 4 cm air space which is drained out at the bottom. When the supporting framework is erected the outer component is mounted on wedges after which the lower gap is shuttered at the sides and roofing felt is inserted. The gap is then filled with cement mortar, and the inner component is mounted. The vertical gaps are jointed with fairly dry concrete, a 8 mm dia. rod covered with plastic piping being used as shuttering. The finishing consists only in smoothing

off with a trowel under pressure. The gaps not filled are jointed with stiff cement mortar 1 : 3.

The outer component is supported at the lower gap and the vertical gaps, and the inner component at the bottom by the concrete filling and at the top by pieces of flat iron bolted to the outer component.

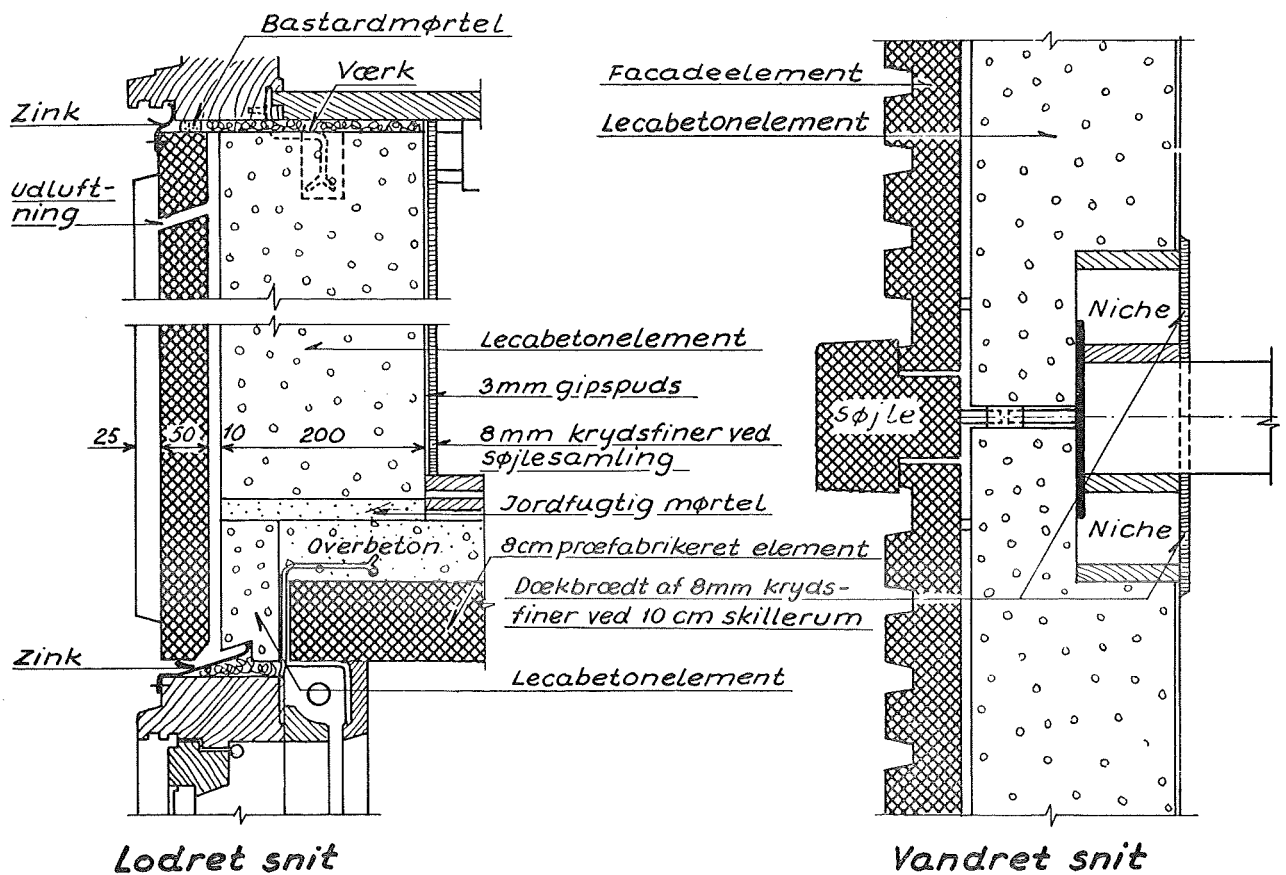
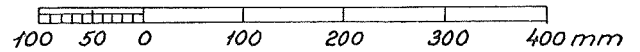
The lower gap is secured against the entry of water by the two layers of roofing felt. The width of the gap is 25 mm and the tolerance on the component is  $\pm 3$  mm.

The outer vertical joints both between two components and between storey high component and column are a tongue and groove assembly, and between the breast component and the column a double groove, as the columns are for reasons of symmetry made with grooves in both sides. The insulating matting is continued compressed behind the columns so the cold-conductor effect is greatly reduced.

No special measures to deal with movements or the entry of water have been taken, nor should this be necessary, as any water will, as on sheet VIII, run down and drain off without coming into contact with the insulating layer.

The gap width is normally 10 mm, and the tolerance on the component is  $\pm 3$  mm. Smaller dimensional deviations can be taken up in the somewhat broader double groove joint.

The jointing in the inner vertical gaps is only of a tightening nature. The Z-shaped gap is jointed recessed with cement mortar 1 : 3. The wall will not be plane, but have visible gaps at every 37,5 mm, as flush jointing would not be able to be satisfactorily done, compare with the description on sheet IV.



**Non-Supporting Facing Component for Three-Storey-Barracks.**

Outer component 5 cm thick, inner component 20 cm thick. Both components are breast high, and fill out the space between the columns (1.06 and 1.96 m).

The building consists of pre-fabricated facing columns and internal columns cast in situ, pre-fabricated beams, and pre-fabricated inter storey partitions 8 cm thick with a top concrete layer 6 cm thick, and the components shown. Panels are made of light concrete (16% concrete and 84% light ashes) and wind bracing is given by the fixed columns and gable walls cast in situ.

The outer component ("Facadelement") consists of a 5 (7.5) cm reinforced concrete sheet cast with the outer side down.

The inner component ("Lecabonelement") consists of 20 cm "Leca" concrete which is finished with a 3 mm layer of gypsum plaster on site. The insulating layer is ventilated and drained outwards to the air space between it and the outer component. The air-space is drained downwards to an open horizontal gap, and is ventilated through this gap and ventilation holes higher up in the outer component.

The columns are erected with the help of gauge pieces and fastened to the deck slabs by means of projecting iron pieces cast in the slabs, and the outer component is then mounted, without gaps, on projections on the facing columns as shown. The inner components are then mounted on sausages of fairly dry mortar on deck slabs, and are fastened to the columns by means of bolts cast in the columns. The

distance between the outer and inner component is kept by means of concrete distance pieces nailed to the inner component.

The horizontal joint between the facing breast and the window is made in the traditional way with oakum, jointing from the outside with lime-cement mortar, and covering with zinc.

The open horizontal gap is similar to many of those already described. It is made water tight by means of zinc and drips. The plaster on the inside of the "Leca" concrete ensures wind tightness, as in the construction on sheet VIII. The horizontal gaps are tightened by oakum or fairly dry mortar.

The cold-conductor in the storey partitions is broken by a small component of "Leca" concrete.

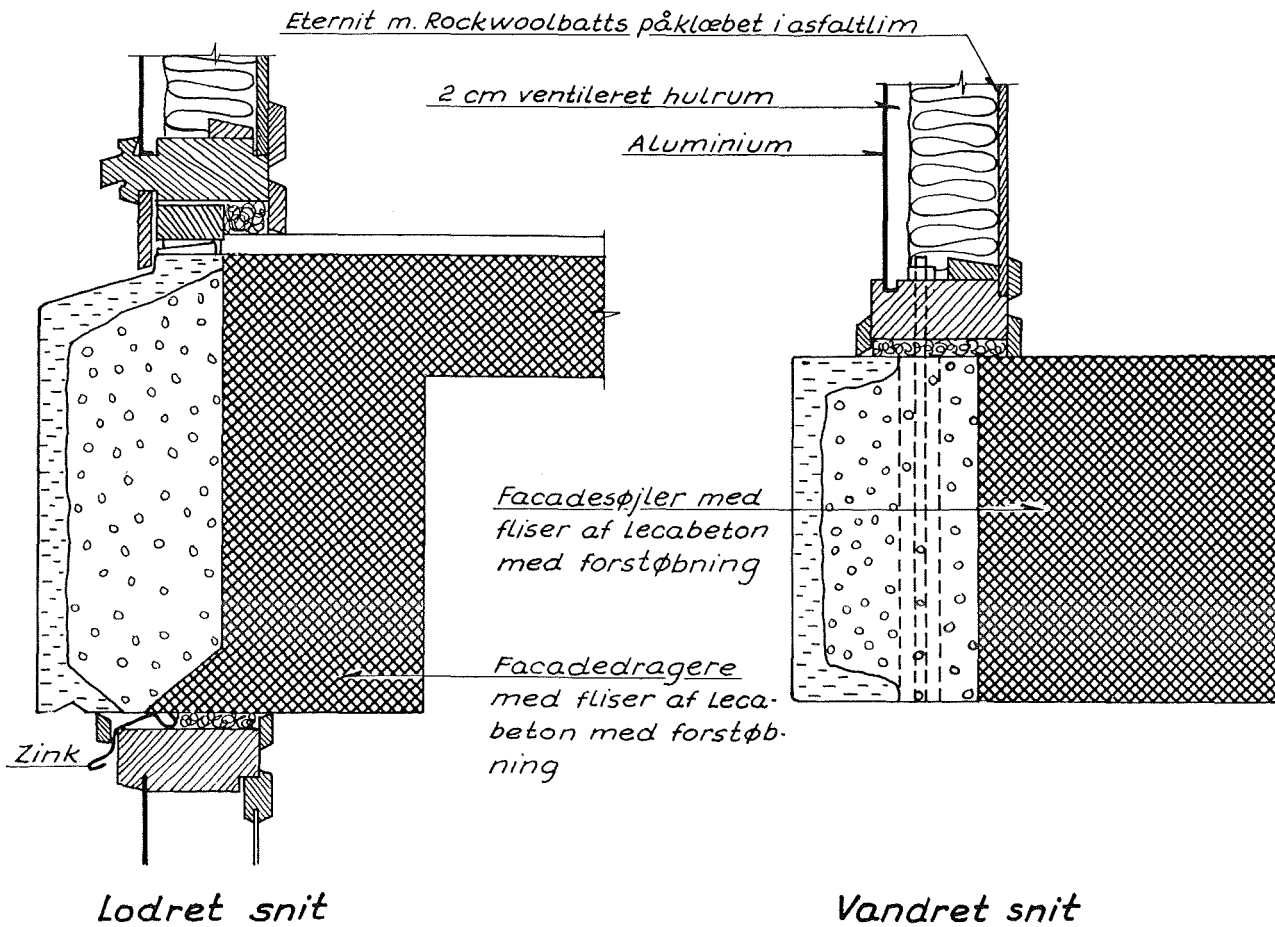
The width of the gap is 10 mm, and the tolerances on the components are  $\pm 2$  mm.

The outer vertical joint is a butt joint, there being no gap between the column and the component. The tightness of this joint was not considered as important because of the drained and ventilated air space. (Compare for example with sheet VII).

This joint was later tightened with mastic as it was discovered that during stormy weather water penetrated into the vertical space between the component and the column, and when it ran down to the open gap it found its way behind the zinc which covers the upper edge of the window.

The inner vertical gaps consist of a niche closed by screwed on covering boards in which installations of various sorts can be hidden.

100 0 100 200 300 400 mm



**Non-Supporting Facing Component for Multi-Storey Factorybuilding.**

Components 13 cm thick which two and two fill out the space between the facing columns and beams, h=3 m, b=2 m.

The building consists of a traditionally constructed hall with beams, columns and inter-storey partitions cast in situ. The facing columns and beams are covered on the outside with facing tiles of the type shown on sheet I.

The components are panels built up on a heavy wooden frame. The outer covering consist of an aluminium sheet. The inner covering is an Eternit board to which a 10 cm insulating layer of Rockwool batts is attached by asphalt glue. Between the insulation and the aluminium there is a 2 cm air gap which is ventilated through holes in the wooden frame ("Drænhuller"). The condensation problems were greater than usual in this factory as there was a humidifying plant. This meant, that there would be a great danger of moisture condensing against the outer covering if warm humid air could diffuse freely through to it, as the aluminium was impervious to vapour. The vapour pressure had therefore to be reduced at the inner side of the component, and an impervious layer was sought in the asphalt mentioned earlier. This, together with the ventilated air space, has shown itself to be effective, and components dismantled as a check after a few years have shown no signs of accumulation of condensate.

The component is delivered in two parts. The outer part, consisting of the framework with the aluminium covering, is erected first. It is mounted on wedges from the inside,

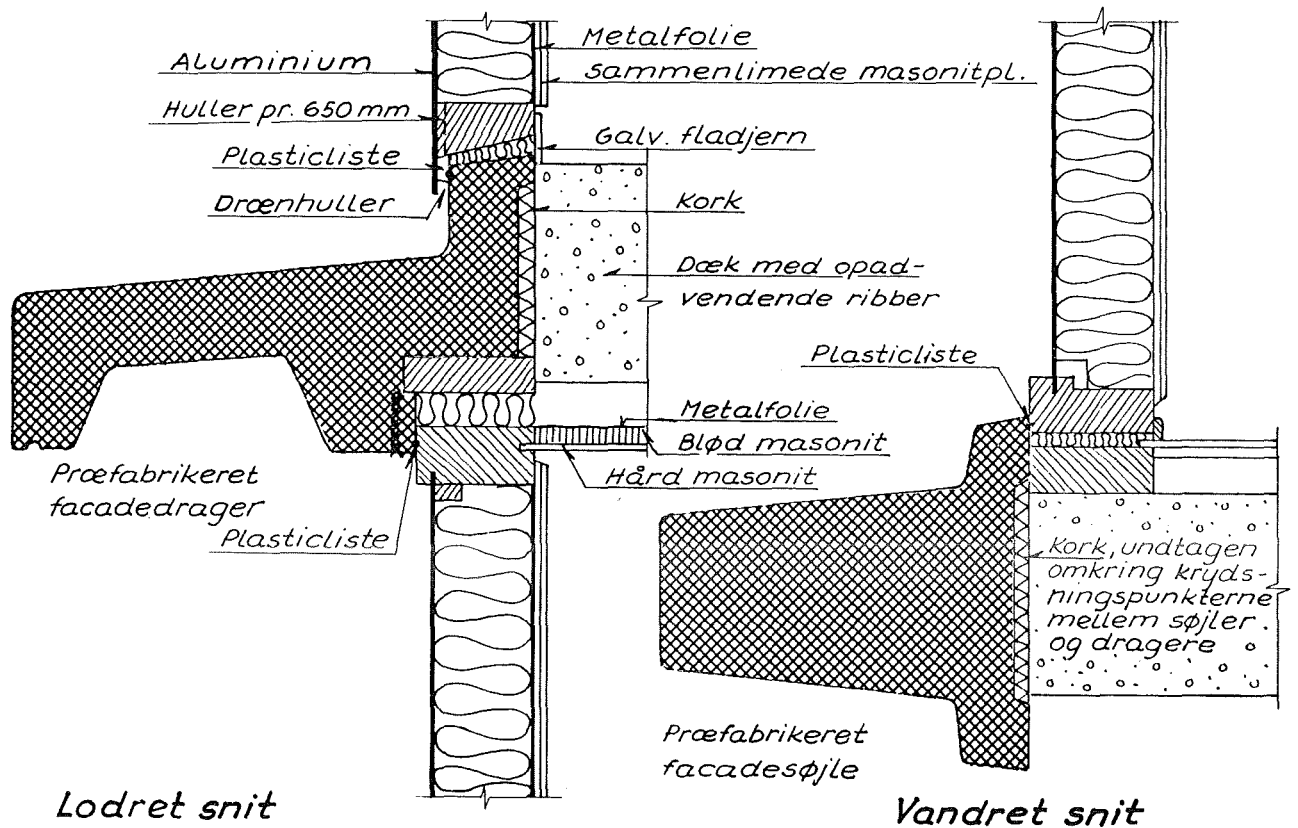
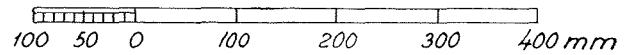
is nailed fast at the top, and bolted together at the sides through piping in the facing tiles. The Eternit boarding with the Rockwool batts is then mounted. The gaps are stopped with tarred oakum, and covered with wooden strips. The upper horizontal gap is further tightened by means of zinc.

*The upper horizontal gap* is made water tight by means of the drip on the beam, and the zinc. The movements that occur in a construction of this sort, are caused mainly by shrinkage and warping in the wood as a result of varying moisture content. The oakum should give wind proofing, but it may be necessary to adjust the edging strips for aesthetic reasons. The comparatively broad gaps can take up dimensional deviations, mainly in the concrete structure. The oakum and edge strips do not call for special accuracy.

*The lower horizontal gap* is secured against water by the two drips in the frame and the edging strips. For the rest, the same remarks as for the upper horizontal gap apply.

*The vertical gap* does not embody further details requiring special description. It must just be mentioned, however, that the joint will hardly be completely tight against driving rain, as dimensional deviations in the facing components, location deviations as well as movements of the wood will cause slight cracks between the columns and the edging boards. Experience has shown, however, that this is not of any great significance. The design is analogous to numerous traditional constructions, but as the components used here are unusually large, the bolt assembly is without doubt a good improvement on the ordinary methods of jointing.





**Non-Supporting Facing Component for Multi-Storey Domestic Buildings.**

$t=11\text{ cm}$   $h=2.50\text{ m}$   $l=4.90\text{ m}$ .

The supporting structure consists of transverse load-bearing walls 20 cm thick, spaced 5.10 m apart, cast in situ, inter-storey partition components with plane under and ribbed upper surfaces, and bracing walls at the stair-cases. The walls and ceilings are plastered. The facing components are light panels consisting of a wooden frame covered on the outside with aluminium and on the inside with two layers of masonite glued together with a layer of metal foil on the side next to the insulation. The space is filled with 10 cm Rockwool batts. The components are manufactured with built in windows, but without glass.

The outer surface of the component is impervious to vapour, and for this reason, the inner side is also made impervious, by means of the metal foil.

The danger of large quantities of condensate being formed is then removed, as the vapour pressure curve will have great jumps at the inner side as well as at the outer side. As an added safeguard, the insulating layer is ventilated and drained downwards and outwards ("Drænhuller").

The components are mounted from the inside resting against flats on the upper facing beams and the columns, and nailed to the cast in wooden planks. The components

are fixed at the bottom, being pressed against the outside of the facing beam, by galvanised iron fixing pieces on the inside. All gaps are tightened on the outside by plastic strips ("Plasticliste") etc., and stopped from the inside by tarred oakum.

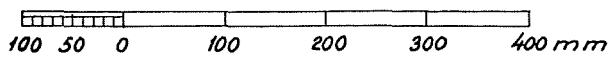
*The upper horizontal gap.*

The forces are transmitted through the nails to the cast in plank. The nailing is done in such a way as to cause the plastic strip to be compressed, so making the joint tight. Protection against water is given by the drip on the beam and plastic strip. The gap stopped with oakum gives plenty of room for absorbing dimensional deviations.

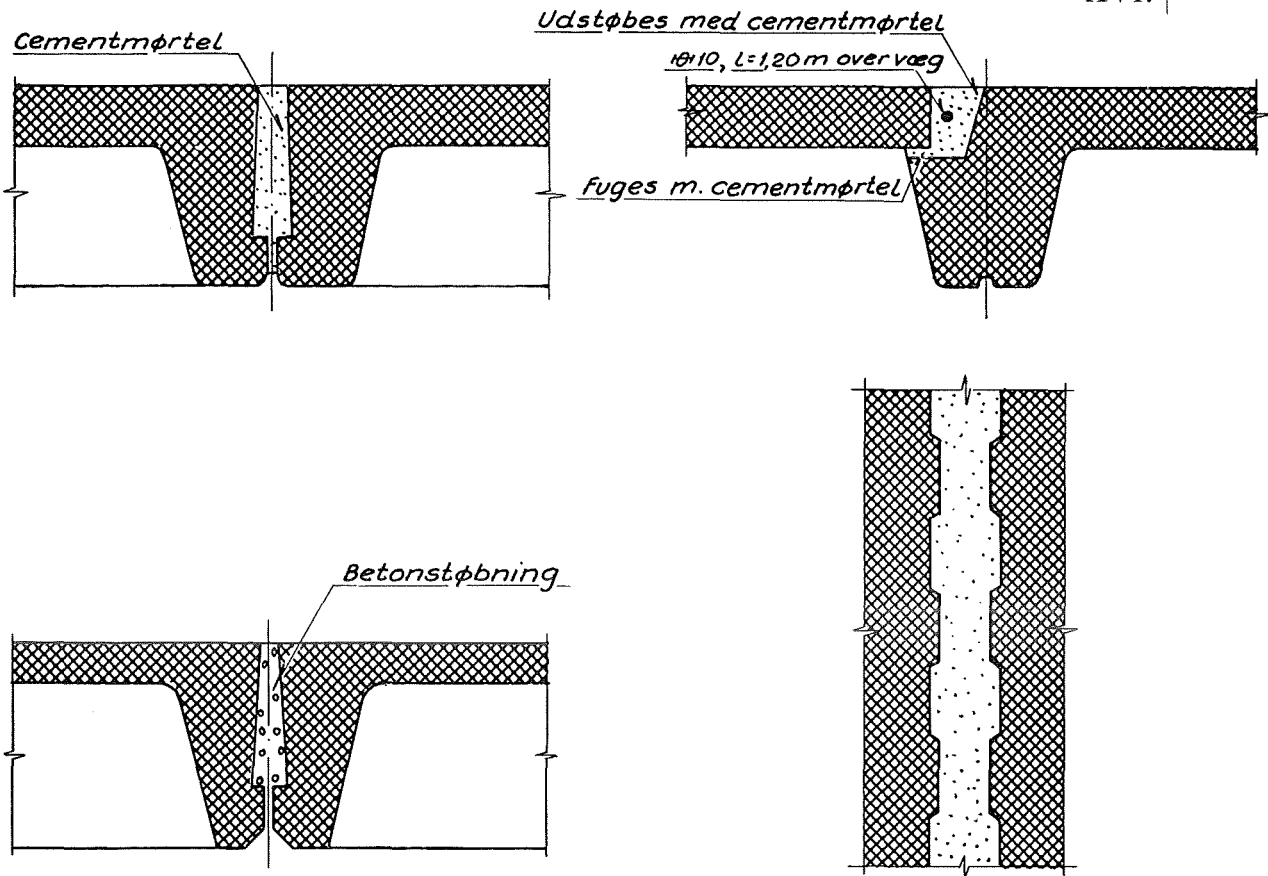
*The lower horizontal gap* does not in effect transmit any forces, as the component is pressed outwards against the other three edges during erection. The component is prevented from slipping outwards by means of the galvanised iron fixing pieces.

The joint is secured against water by the raised edge of the beam and the downwards projecting edge of the aluminium. Wind proofing is given by the oakum. The plastic strip cannot be expected to be effective, as the component is pressed outwards along the three other edges.

*The vertical gaps* are tightened by the compressed plastic strip and the oakum stopping. The normal gap width is 10 mm and this should be sufficient to absorb dimensional deviations in both the component and, especially, the walls.



XV. | XVII.  
XVI. |



## Ribbe-etageplader

### Ribbed Deck Slabs.

Sheet XV.

Ribbed deck slabs with ribs spaced at 120 cm intervals  
 $l=n \times 60$  cm  $b=120$  cm  $t=6/20$  cm.

The slabs are used in the building described on sheet III, see also sheet XX and XXII.

The slabs and joints are symmetrical, which means that their use in building is not complicated by right and left hand considerations.

The joint is not designed to take up forces, as each slab is self supporting and as wind forces can be taken up in the longitudinal and transverse walls without shearing forces occurring.

For aesthetic reasons the lower edges of the ribs are rounded off. This simplifies the manufacture, and ragged edges from poor mould joints are concealed. Variations in the widths of the gaps, and dimensional deviations in the component will be concealed by the recessed jointing.

The joint is made by filling from above and stopping from below.

Sheet XVI.

This design is similar to that shown on sheet XV. The thickness of the slab is here only 4 cm, the ribs still being 20 cm high. This heavy chamfering on the edge of the ribs is made so that the somewhat difficult stopping from below can be omitted.

Sheet XVII.

Ribbed slabs with ribs spaced at 60 cm intervals.  
 $l=n \times 60$  cm  $b=120$  cm  $t=6/20$  cm.

These slabs are used in the building described on sheet VII.

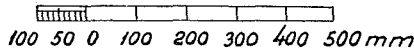
The ribs are here placed closer to each other so that light partitions can be placed more freely. As the joint is unsymmetrical, a special symmetrical 60 cm slab with ribs at both edges must be inserted between the normal slabs (two ribs and one free edge, total width 120 cm).

The joint transmits the vertical forces from the edge of one slab to the rib of the next and shearing forces that may arise when the slabs are used to take up wind forces. On account of these wind forces, the edges of the slabs are notched and iron rods 1.20 m long are inserted in longitudinal joints across load bearing walls. Iron cross pieces are also inserted in all joints above walls. The joint is made by filling from the top and stopping from the side, below.

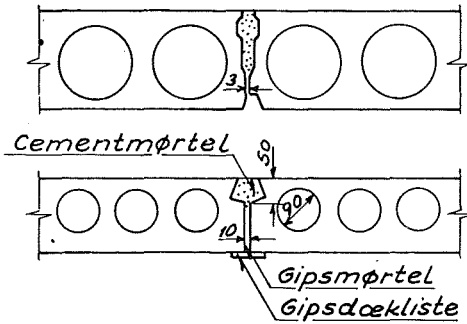
The unsymmetrical joint has several advantages, among others, that it is easier to stop from the side than from below (compare sheet XV) and that dimensional and locational deviations can be taken up without being noticeable.

The ribs are notched on the under side in order that light partitions can be joined to them by a simple groove assembly. The notch also makes the ribs appear narrower.

XVIII.



*Etageplader m. plan underside*



**Deck Slabs with Plane Upper and Under Surfaces.**

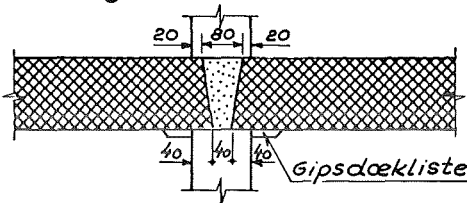
Sheet XVIII.

The slabs are constructed with longitudinal holes in order to save material and reduce the weight. They are self supporting, and the only forces that they may have to transmit are the shearing forces caused by the wind. The edges of the slabs are therefore notched. Both types of slab are jointed by filling from above, but the finishing is carried out differently. The lower drawing shows a design where, instead of stopping, a plaster covering strip is used together with plaster mortar (compare sheet XIX). The upper drawing shows a design where stopping is not necessary, but which requires great accuracy both in production and erection.

**Connection Between Wall and Deck Slabs.**

Sheets XIX and XX.

XIX. *Vederlag*

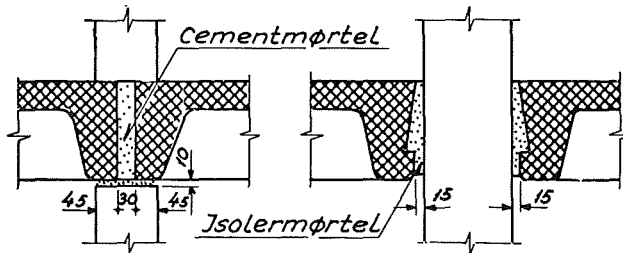


The joint is horizontal and continuous in both the constructions shown. "Broken" joints can occur, for example, with ribbed slabs without end ribs, but the jointing methods are the same in principle.

The slabs can be laid direct on the wall without jointing material as shown on sheet XIX, or laid on mortar or on wedges with after-stopping as shown on sheet XX. For the dry joint (sheet XIX) the filling between the components should be vibrated, so that uneven spaces can become filled with mortar. The dry joint is the cheaper, but calls for greater accuracy, especially for aesthetic reasons, and plaster strips are therefore shown covering the joint. The uneven edges are concealed, if the level of the supporting flat is a little higher than the level of the under side of the slab.

Sheet XX also shows a joint between deck slabs and a non-supporting wall where the joint is not designed to transmit any load.

XX.

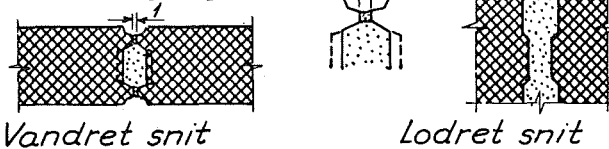


*Ved længdeskillevæg Ved tværskillevæg*

**Example of a Joint Between Wall Components.**

Sheet XXI.

XXI. *Vægfuge*

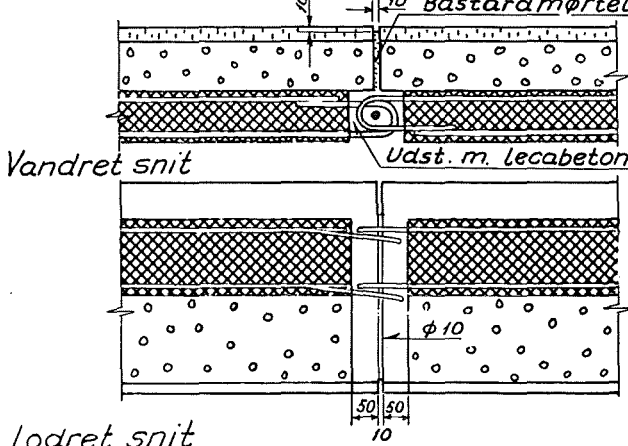


Joints of the design shown here can transmit horizontal forces between the components, and the notching causes the whole wall to act as one sheet. The surfaces are made bevelled and tapered as shown for ease of moulding. The gap is filled with mortar and the edges are stopped. The normal gap width, 10 mm, together with the tolerances on the width of the component,  $\pm 5$  mm, calls for a great, but by no means impossible, standard of accuracy in erection. These standards are in keeping with those demanded in the carcassing.

Electric installations are laid in the joint. The joint is recessed for the sake of appearance. It will not, as a consequence of small inaccuracies such as crookedness and curving edges, be possible to make satisfactory flush joints, and the character of the wall and jointing material will in any case be different. Small cracks would also be very obvious, but become invisible in the recessed joint.

The joint is formed so as to give it an apparent width of 30 mm in order to disguise any dimensional deviations that may occur.

XXII. *Bjælkesamling*



**Example of a Joint Between Beams, Designed to Transmit Tensile Forces and Bending Movements.**

Sheet XXII.

PLANLAGTE PUBLIKATIONER  
I MONTAGEBYGGERI-SERIEN

omhandler følgende emner:

Udvalg 1. *Montagebyggeriets  
nuværende stade.*

Udvalg 2. *Kuldebroer. (Publ. nr. 2).  
Fugttransport i ydervægge.  
Facadeelementers rationelle  
opbygning og virkemåde.*

Udvalg 3. *Skiver opbygget af elementer. (Publ. nr. 1).  
Bæreevne af tværbelastede,  
indstøbte bolte.  
Koncentrerede belastninger på  
bjælker. (Publ. nr. 5).*

Udvalg 4. *Fuger. (Publ. nr. 4).  
Samling af elementer,  
specielt betonelementer.  
Byggeriets nøjagtighed. (Publ. nr. 6).  
Statistik, målinger fra praksis,  
betonelementer, forme, råbygningen.  
Installationer.  
Modulordningen. (Publ. nr. 3).*