

DANSK INGENIØRFORENING · BYGGERATIONALISERINGSUDVALGET

MONTAGEBYGGERI

PUBLIKATION NR.

9

MONTAGEBYGGERIET I DAG

Prefabrication in Denmark

W. R. SIMONSEN

JOHS. F. MUNCH-PETERSEN

Civilingeniører

ARBEJDSUDVALG 1 KØBENHAVN 1957

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. Statiske 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 1.

MONTAGEBYGGERIET I DAG

W. R. SIMONSEN . JOHS. F. MUNCH-PETERSEN
Civilingeniører

Prefabrication in Denmark



Indhold

| | | | |
|---|----|--|----|
| FORORD | 5 | ELEMENTFABRIKKEN | 32 |
| BYGGERIETS UDVIKLING | 7 | <i>Planlægning</i> | 32 |
| <i>Forudsætninger</i> | 7 | Feltfabrik contra stationær fabrik . . . | 32 |
| Byggeriet i forhold til den industrielle | 7 | Fabrikkens interne transportmetoder . | 33 |
| udvikling | 7 | Sammenhængen mellem leveringstider, | |
| Byggeriets stade | 7 | formudnyttelse og økonomi i element- | |
| Forudsætningerne for en videre udvik- | | produktionen | 34 |
| ling | 7 | Elementets pris | 38 |
| Industriel produktion | 8 | <i>Forme</i> | 40 |
| Materialernes betydning | 8 | Hovedprincipper i konstruktionen . . . | 40 |
| Byggematerialeindustriens forhold . . . | 9 | Valg af materiale | 42 |
| <i>De senere års udvikling</i> | 10 | Tolerancer | 43 |
| Rationalisering og montagebyggeri . . | 10 | Formolie | 47 |
| Pudsfri vægge | 10 | <i>Arbejdet i fabrikken</i> | 48 |
| Montagebyggeriets afgrænsning | 11 | Jernarbejde | 48 |
| Udviklingen i montagebyggeriets me- | | Betonarbejde | 48 |
| toder | 11 | Beton | 49 |
| Den fremtidige udvikling | 12 | Damphærdning | 50 |
| <i>Følger for projekteringen</i> | 13 | Afformning | 50 |
| Helheden | 13 | Lagring | 51 |
| Planudformningen | 14 | TRANSPORT OG MONTAGE | 52 |
| Nødvendige tidsfrister | 15 | <i>Transport</i> | 52 |
| Oversigt over udførelse i relation til | | <i>Montage</i> | 52 |
| projekt | 15 | Planlægning af ophejsning og montage | 52 |
| ELEMENTERNES UDFORMNING | 17 | Montagegrej | 53 |
| <i>Funktionskrav</i> | 17 | TILLÆG | 55 |
| Lejlighedens brugsværdi | 17 | A. <i>Matematisk behandling af sammen-</i> | |
| De æstetiske kravets betydning for pro- | | <i>hængen mellem leveringstider, form-</i> | |
| duktionen | 17 | <i>udnyttelse og økonomi i elementpro-</i> | |
| Styrkemæssige krav | 17 | <i>duktionen</i> | 57 |
| Brandsikring | 18 | Indledning. Definitioner og beskrivelse | |
| Funktionskravskemaet | 19 | af produktionsmetoderne | 57 |
| <i>Etageadskillelser</i> | 21 | Matematisk behandling | 58 |
| <i>Bærende vægge</i> | 22 | Oversigt over den matematiske behand- | |
| <i>Facadeelementer</i> | 23 | ling | 61 |
| Betonfacadeelementer | 24 | Bemærkninger til den matematiske be- | |
| Lette facadekonstruktioner | 25 | handling | 62 |
| Udviklingsmuligheder | 26 | Eksempler | 62 |
| ELEMENTSTØRRELSE OG STANDAR- | | Resumé af leveringstidens betydning. | |
| DISERINGSSPØRGSMÅL | 27 | Konklusioner | 67 |
| Elementstørrelsens udvikling til i dag | 27 | Elementets pris | 68 |
| <i>Flexibilitet og elementstørrelse</i> | 27 | B. <i>Eksempler på fugeløsninger</i> | 73 |
| Store elementer | 27 | Facadeelementer | 75 |
| Standardelementer | 27 | Etageplader | 89 |
| <i>Økonomi og elementstørrelse</i> | 28 | Vægelement, væg/etageplade, bjælke- | |
| I produktionen | 28 | samling | 90 |
| Under montagen | 29 | C. <i>Franske byggemetoder</i> | 91 |
| For helheden | 29 | D. <i>Summary</i> | 99 |
| Relative priskurver i dag | 29 | | |
| Standardelementers marked | 30 | | |
| <i>Begrænsninger under projekteringen</i> | 31 | | |

FORORD

Denne beretning blev af arbejdsudvalg 1 oprindelig planlagt som en registrering af de erfaringer, man havde gjort under udviklingen af montagebyggeriet i årene efter krigen.

Arbejdet med indsamling af erfaringsmateriale blev overdraget udvalgets formand og sekretær til udførelse ved interviews og spørgeskemaer, mens udvalgets medlemmer skulle være vejledende ved registreringen og vurderingen af det således indsamlede erfaringsmateriale. Skønt en række store entreprenørfirmaer gik positivt ind for tanken og ydede værdifulde bidrag, blev det imidlertid efterhånden klart, at det ikke inden for en rimelig tidsfrist var muligt at afslutte arbejdet, ikke mindst fordi det viste sig, at man på mange punkter ikke synes at være nået til en afklaring af problemerne. Det blev derfor vedtaget, at lade materialet samle og bearbejde i form af en almindelig oversigt over montagebyggeriets problemer, øjeblikkelige stade og mulige udvikling.

Dette var en så væsentlig ændring af den

opgave, som oprindeligt var henlagt til udvalgets behandling, at man blandt udvalgets medlemmer fandt, at arbejdet ikke var egnet til en egentlig udvalgsbehandling. I stedet ønskede man, at udvalgets formand og dets sekretær stod som forfattere til rapporten, som er præget af de synspunkter, som er kommet til udtryk ved udvalgets drøftelser.

Det har derfor været os magtpåliggende at opstille alle synspunkter, som har været fremført i udvalget, men alligevel har det næppe kunnet undgås, at personlige meninger har præget fremstillingsmåden. I den form, rapporten således har fået, håber vi, at den vil kunne give en bred kreds af byggeinteresserede en introduktion til de mange problemer, der knytter sig til samarbejdet ved projektering og udførelse af montagebyggeri.

Beretningen har været forelagt udvalget, der har tiltrådt dens form, men dette betyder ikke, at de enkelte medlemmer har tiltrådt alle synspunkter.

W. R. Simonsen.

Johs. F. Munch-Petersen.

Byggeriets udvikling

Forudsætninger

Byggeriet i forhold til den industrielle udvikling.

Den økonomiske udvikling er kendetegnet af en stadig hurtigere udvikling af produktionsmidlerne. I de vestlige samfund er den håndværksmæssige fremstilling af forbrugsvarer derved blevet afløst af industriel masseproduktion. For den enkelte har dette haft en hævet levestandard til følge. Denne udvikling vil fortsætte: et nyt skred er i sigte med indførelsen af automation i industrien. Levestandarden vil blive yderligere hævet og arbejdstiden forkortet som følge af de industrielle landvindinger. Det er næppe urimeligt at antage, at en social strukturændring med nye behov vil blive resultatet heraf.

Når den boligmangel, som opstod under den anden verdenskrig, er gået over til at blive et permanent, utilfredsstillt boligbehov, må forklaringen bl. a. søges i den allerede skete forhøjelse af levestandarden. Enlige og gamle ønsker i dag i højere grad end før lejligheder fremfor lejede værelser. De unge gifter sig tidligere og ønsker en selvstændig lejlighed. Saneringsproblemerne trænger sig på, og endelig vil befolkningens vækst forøge boligbehovet.

Kan boligproduktionen med de nu anvendte metoder dække det allerede eksisterende behov, og kan den holde trit med de nye behov, som vil opstå med den stadigt voksende levestandard? Det er på baggrund af dette spørgsmål man skal se bestræbelserne for at udvikle byggeriet til industri. Montagebyggeriet som det beskrives i denne redegørelse, er et led i denne udvikling.

Byggeriets stade.

I princippet er byggemetoderne ikke ændret gennem flere hundrede år. Ganske vist er produktionen af byggematerialer undergået en ændring og mange af materialerne produceres idag

måske lige så industrielt som så mange andre varer, men processens afgørende led, selve bygnings opførelse, er idag på samme trin som tidligere. Mursten produceres maskinelt, men med et umiskendeligt håndværkspræg, der tilspidses i murstenenes meget store tolerancer. Brædder og snedkerarbejder er industrielt håndværk, medens rør og isolationsmaterialer i reglen produceres rent industrielt. *Men samlingen af mursten, brædder og rør er håndværk*, og selv når vi ser kraner på en byggeplads, kan vi konstatere, at det kun er transporten, som er mekaniseret.

Der mangler en syntese af de forskellige led i processen til det færdige produkt for at skabe en industri.

Forudsætningerne for en videre udvikling.

Der er intet mærkeligt i vanskelighederne ved at omstille boligbyggeriet fra håndværk til industri. Byggeriet udføres i henhold til en lovgivning, som har dybe rødder i traditionerne, og selv med den koncentration, som igennem de sidste ca. 25 år har fundet sted med oprettelsen af et betydeligt antal boligselskaber, som samtidig fungerer som bygherrer, løses de enkelte – ofte ret store – byggeopgaver individuelt uden forsøg på en samordning. Boligbyggeri betragtes alene som et økonomisk – og til en vis grad også et teknisk – spørgsmål, men ikke som et i overvejende grad organisatorisk spørgsmål.

Skal boligproduktionen holde trit med industriens udvikling kommer man imidlertid næppe uden om anvendelse af industrielle produktionsmetoder. Dette forudsætter, at der fra bygherrer og regering sker en bevidst kursændring mod samarbejde og langtidspanlægning. Udover den blotte ændring af forskrifter og bestemmelser, der er baserede på traditionens metoder, må der bevidst tilvejebringes de nødvendige forudsætninger for en storproduktion. Forskningen må støttes, og

der må skabes økonomisk baggrund for at grundlæggende planlægnings- og projekteringsopgaver kan udføres. Man skaber ikke en ny erfaringssum uden at der i første omgang må investeres både kapital og ekstraordinære projekteringsarbejder til denne indsamling. Men vigtigere er det, at de mange, små, individuelt udformede byggerier koordineres. Ikke at der skal ske en uniformering, men at mulighederne for at *planlægge på længere sigt* etableres. Skal finansieringen stadigt hvile på byggestøttelove, må disse have en længere gyldighedsperiode end den nugældende lovs 4 år.

Men uden hensyn til finansieringsformen er langtidsplanlægningen afgørende. Boligselskaberne må sikres muligheder for hovedplanlægning over lange perioder såvelsom detailplanlægning til klarlægning af den enkelte opgave i relation til hovedplanen. Et tværgående samarbejde og skabelsen af *bygherreselskaber* synes her at give store muligheder.

En sådan organisation vil kunne skabe langtidsprogrammer som grundlag for de projekter, der skal gennemføres i den pågældende by eller landsdel. Bygherreorganisationen skal ikke selv udarbejde projekterne, men kun på basis af langtidsprogrammet fastlægge projekternes retningslinier og formentlig også deltage i produktionsplanlægningen. Der er reelt planer af den art undervejs allerede.

Byggeringe eller hovedentreprenørsystem indebærer analoge muligheder for koordinering og rationalisering. Endelig vil en større bevægelighed på arbejdsmarkedet, et bygningsarbejderforbund f. eks., skabe bedre muligheder for en jævn beskæftigelse og muliggøre en bedre arbejdsplanlægning. I sig selv er industrialiseringen en vej til sæsonudjævning.

Det ovenfor udviklede kan resumeres i, at man gerne skulle nå frem til på kortere tid at producere flere boliger til en billigere pris, selv om arbejderne skal have både kortere arbejdstid og højere løn.

Industriel produktion.

De ovenfor skitserede forudsætninger for omstilling til industriel produktion kan, som af arkitekt Ph. Arctander angivet, samles i følgende karakteristiske træk:

En *kontinueret* produktion, af et *ensartet* og forud *gennemprøvet* produkt, under *ledelse* af alle produktionens faser, i *så store serier*, at man får gavn af *gentagelsen*, med *mekaniske* hjælpemidler,

på en *tilrettelagt* arbejdsplads, efter en *planlagt* arbejdsgang, med *kontrol af arbejdsforløbet*, med anvendelse af *halvfabrikata* eller standarddele, og baseret på et *kendt marked*.

Hvis de enkelte byggeforetagender har den nødvendige størrelse og ensartethed i udformningen, bliver elementproduktionen rentabel. Det samme er tilfældet, hvis en række byggerier er koordinerede således, at man udfra en række ens elementer opbygger de forskellige huse ved forskellige kombinationer af elementer. Dette leder direkte til overvejelser om anvendelse af en *modul* og andre standardiseringsforanstaltninger i boligbyggeriet, der kan føre til, at der, i stedet for mange forskellige elementer med kun små afvigelser i målene, benyttes færre typer elementer med flere anvendelsesmuligheder. Den faste etagehøjde var det første skridt i denne retning, modulordningen er det næste. (Se bl. a. udvalg 4's rapport: Modulordningen, publ. nr. 3). Men modul- og standardiseringsforslag rejser en række problemer, dels affødt af angsten for uniformering, dels affødt af problemet om, hvor stor en serie ens elementer skal være, førend det økonomisk optimale er nået. Dette hænger sammen med spørgsmålet om elementstørrelse, således som det beskrives nedenfor i afsnittet: Elementstørrelse og standardiserings-spørgsmål.

Med en industriel produktion følger også en betydelig ensartethed i produktet og nøjagtighed i målene. Denne *nøjagtighed* er en følge af, at formene skal være stærke for at kunne tåle mange anvendelser, og derfor må være stabile. Nøjagtigheden i elementmålene er afgørende for montagens forløb, og skaber samtidigt et råhus, der er så nøjagtigt, at de følgende fag kan basere deres arbejde på de opgivne tegningsmål. Rørarbejder og snedkerelementer kan følgelig præfabrikeres med de økonomiske fordele, dette giver. Der kan henvises til udvalg 4's rapport: Byggeriets nøjagtighed, publ. nr. 6, hvoraf et kort resume gives pag. 43 under afsnittet „Tolerancer“.

Materialernes betydning.

Det er på sin vis forkert at opstille materialerne og deres udvikling som et selvstændigt betydende led i udviklingen. Der har altid været en nøje sammenhæng mellem de benyttede materialer, og det almindelige tekniske stade. Dette leder os til at antage, at den almindelige tekniske udvikling efterhånden vil stille nye egnede materialer

til disposition for byggeriet. Vore overvejelser må imidlertid baseres på de nu kendte, af hvilke betonen er det vigtigste.

Betonens fortrin er kendt. Den er relativt billig, råmaterialerne findes i rigelige mængder, og den er let at tildanne, forudsat at formene er lette at tildanne. Det opnåede produkt er stærkt, og når betonen kombineres med armeringsjern, opnås et materiale, der i styrkeforhold er meget fordelagtigt. Endvidere er betonen i reglen, på grund af sin store vægtfylde, det mest fordelagtige materiale, hvor det gælder isolering mod luftlyd. En god beton er endvidere særdeles modstandsdygtig overfor klimatiske påvirkninger.

Til montagebyggeri er beton derfor idag det foretrukne materiale, men det har også ulemper: Den store vægtfylde kræver svære kraner til montage, og den lange afbindingstid hindrer en virkelig samlebåndproduktion. Endvidere er materialet så hårdt, at reparationer, ombygninger og befæstelse af andre byggedele kræver et stort arbejde, hvis disse operationer er uforudsete. Materialet er en god varmeleder, d.v.s. at der til ydermure må adderes endnu et led, isolationslaget. Det sidste er dog ikke en ulempe, som betonen alene har, thi intet kendt materiale er i sig selv både tilstrækkeligt stærkt og isolerende til at opfylde moderne krav. Letbetoner kan dog tilfredsstille normale krav til isolering, men kun ved store vægtykkelser, og klima og æstetik kræver overfladebehandling, således at der alligevel skal udføres flere operationer.

Til bærende konstruktioner må betonen forudses at have en god fremtid for sig, – og kan den gøres sømfast og udføres med et bindemateriale, der har en væsentlig kortere afbindingstid, vil den tilfredsstille kravene på vort nuværende udviklingstrin.

Dette skal dog ikke lede til at tro, at beton er det eneste rigtige. Til mange konstruktioner er andre materialer fordelagtigere, men *valget må blot ikke træffes ud fra en snæver vurdering af det enkelte led i konstruktionen*. Det ville være forkert at fastslå materialets art udelukkende ud fra en analyse af omkostningerne f. eks. pr. m² badeværelsevæg. I et muret hus vil den som helhed fordelagtigste badeværelsevæg måske være en pudset slaggepladevæg; i et betonhus uden puds er det måske en terrazzovæg – eller en anden væg uden puds eller andre operationer, der kan forstyrre arbejdsgangen.

Under afsnittene om projektering og elementernes udformning vil en del af problemerne ved valg af materiale blive nærmere behandlet, men det er desværre umuligt at give almenlydige reg-

ler: Materialet, teknikken og arbejdsforholdene hænger for nøje sammen. Kun på grundlag af en tidsbestemt helhedsbetragtning vil valget af materialer og konstruktioner kunne træffes.

Byggematerialeindustriens forhold.

Den nære forbindelse mellem materialer, metoder og industriens produktionsformåen er allerede omtalt. Men idag, hvor en bygning består af et enormt antal af forskellige dele, er produktionen samtidig spredt på et stort antal uafhængige virksomheder. Hver fabrik fremstiller dele uafhængigt af andre fabrikker, skønt de forskellige dele til sidst skal samles i den færdige bygning. De enkelte entrepriser er indenfor hvert byggeri delvis uafhængige, og i hvert fald helt uafhængige af de næste byggeriers entrepriser. Når dertil kommer de individuelle krav, de æstetiske krav o.s.v., er det ikke mærkeligt, at byggeindustrien, i sammenligning med andre industrier, f. eks. bilindustrien, der også samler mangeartede dele, må karakteriseres som ukoordineret. Et større samarbejde og aftale om mål, f. eks. ud fra modulordningen og standardiserede mål og samlingsmetoder, er påkrævet.

Dette vil være et første skridt henimod sådanne forhold, der tillader industrien at sætte effektiv forskning og produktion ind på at skabe billige, masseproducerede byggelementer. Men nedskæring af typeantallet, målkoordinering og samarbejde er imidlertid ikke tilstrækkeligt. Distributionssystemet med de mange led, side- og underordnede, med små og store ordrer, der afgives af flere økonomisk forskelligstillede kategorier, f. eks. bygherrer, arkitekter, ingeniører, entreprenører, underentreprenører o.s.v., må også simplificeres, dels for at nedbringe omkostningerne, dels for at give producenten bedre føling med markedet på det rigtige plan.

Trods byggemarkedets store omfang har byggeriet en forbavsende ringe indflydelse på produktionen af mange artikler. En koordinering af typer og materialer ville hjælpe, men man må også tage i betragtning, at de mængder, f. eks. af stål eller glas, byggeriet aftager, kun er en ringe del af stål- eller glasproduktionen, således at producenten ikke er interesseret i at tage specielt hensyn til særlige krav fra byggeriet.

Endelig må man ikke overse, at myndighedernes mange normer og krav, oftest baserede på de kendte materialer, er en bremse for udviklingen af nye materialer. Kravene til et materiale er ikke kendt på forhånd og fremsættes ofte efter længere tids overvejelser.

De senere års udvikling

Rationalisering og montagebyggeri.

Materiemanglen i krigs- og efterkrigsårene med deraf følgende bolignød gav naturligt nok anledning til forsøg med anvendelse af andre materialer end de sædvanlige. Den senere opståede mangel på faglært arbejdskraft i byggefagene satte yderligere fart i disse forsøg. Med de i boligbyggeriet nye materialer fulgte overvejelser om anvendelse af nye arbejds- og materialebesparende metoder.

Der blev således gjort forsøg på at anvende *tilt-up-metoden*, der anvendtes en del i U.S.A. Væggene støbtes liggende på etageadskillelsen og rejstes siden med spil. Metoden fandtes ikke økonomisk, da der syntes at være for store vanskeligheder med at opnå en tilfredsstillende overflade.

Den ligeledes amerikanskfødte *liftslab-metode* er ikke benyttet i Danmark. Efter denne metode støbes etagepladerne oven på hinanden, liggende på det afrettede kældergulv. Siden hejses de op og fastgøres til et bærende skelet, der er rejst på forhånd og bærer hejsepillene. Denne metode benyttes nu også f. eks. i Frankrig (f. eks. ved *Porte des Lilas* ved Paris) i forbindelse med et stålskelet, der rejses som store rammer, men metoden kan vanskeligt give overflader, der tilfredsstillende danske kvalitetskrav. Når den benyttes i forbindelse med et stålskelet, har den måske økonomisk berettigelse, forudsat at der ikke kræves 5 cm omstøbning af stålskelettet for at beskytte dette mod brand. I Frankrig har man ikke sådanne krav, da man anser det moderne udrustede brandvæsen for tilstrækkeligt.

I Danmark anvendtes ved *Bellahøjbyggeriet* *glideforskalling* til væggene. I facadeformene blev på ydersiden indsat små elementer af lecabeton med betonforstøbning; dækkene støbtes traditionelt.

Ingen af de her nævnte fremgangsmåder kan dog siges at pege mod industrialisering. Fælles for dem er et forsøg på billiggørelse af byggeriet derved at udgifterne til betonforme nedbringes eller helt bortelimineres. Der er ved dem alle tale om typiske rationaliseringsforanstaltninger, men ikke om montagebyggeri. Der kan dog være anledning til at tilføje, at der ved projektet for *Bellahøjbyggeriet*, således som det oprindeligt blev udbudt, var tænkt anvendt monteringsfærdige, rumstore, facadeelementer, og at det sidste afsnit af byggeriet udførtes i overensstemmelse med de oprindelige ideer, omend i noget ændret udformning.

En del andre banebrydende byggerier var allerede da igang – baserede på opførelse som montagebyggeri – og til priser, der var lavere, eller i hvert fald ikke højere end det traditionelle.

Når det viste sig muligt at gennemføre disse første montagebyggerier med held, skyldes det i første række den klare erkendelse af nødvendigheden af at koordinere projektet og udførelsen. Det er bemærkelsesværdigt, og det lover godt for fremtiden, at man, uden en ballast på århundreders traditioner, fra begyndelsen kunne konkurrere med traditionelt byggeri.

Naturligvis har dette virket tilbage på det traditionelle byggeri; også her går udviklingen nu mod rationel fabrikation. Mange steder i landet benyttes nu i vid udstrækning f. eks. præfabrikerede trapper, altaner eller endog etageadskillelselementer i forbindelse med muret byggeri.

I provinsen er *GF-metoden* endvidere blevet mere og mere almindeligt anvendt ved udførelsen af rørinstallationer. Dette simple måle- og præfabrikeringsystem har ført til besparelser og lettelse i arbejdet, selv om en del prislistespørgsmål endnu savner en løsning, der giver de for alle parter bedste udnyttelsesmuligheder.

Standards vinder også frem, og den faste etagehøjde og modulordningen vil i den kommende tid give et fast grundlag for stedse flere og betydningsfulde standards for bygningsdele.

Pudsfri vægge.

De på stedet støbte, pudsrie vægge er en reminiscens fra det monolitiske jernbetonbyggeri. Sådanne vægge giver stivhed og stabilitet i bygningerne, men må egentlig betragtes som en afvigelse i montagebyggeriet, forsåvidt som det ikke er vægelementerne, men formene til dem, som er monteringsfærdige. Man kan derfor sige, at det er manglen på erfaring med at udføre også bærende vægge som elementer, som har indført den på stedet støbte, pudsrie væg i montagebyggeriet.

Hertil kommer erkendelsen af, at en af de vigtigste foranstaltninger i forbindelse med planlægningen af de enkelte fags tidsplaner er at undgå pudsarbejdet som et bremsende led under opførelsen. At undgå puds er en forudsætning for *tørt byggeri* og for planlægning af entrepriser, der ikke griber ind i hinanden.

Da alle *betonflader* på elementerne af sig selv vil være glatte og anvendelige uden anden behandling end maling eller tapetsering, må også de

støbte vægge støbes mod så glatte forme, at yderligere behandling er overflødig, det vil sige bedst mod stålforme eller – for mindre byggerier – mod krydsfinerforme. De sidste giver dog til tider knap så gode resultater uden efterbehandling. Derimod skulle stålforme kunne give en fejlfri overflade, evt. med en let behandling med slibning etc. ved grater.

Ofte vil man dog foretrække at være knap så omhyggelig med støbearbejdet i stålforme og til gengæld betale lidt ekstra for en let spartling eller lignende.

Fladerne på lofter og bærende betonavægge rummer altså ikke store problemer i montagebyggeriet. De *lette vægge* har derimod hidtil ikke haft et virkelig akseptabelt stade. Slaggepladevægge har visse brugsmæssige fordele i forhold til mange af de almindeligt anvendte, billige, lette vægge, således at det kunne være fristende at benytte dem også i montagebyggeriet. Dette må imidlertid betragtes som uøkonomisk, trods den tilsyneladende lavere m²-pris, fordi slaggepladevægge skal pudses. Derved er den klare fagadskillelse umuliggjort, idet beton- og murerarbejdet nu ikke mere kan ske i en glidende rytme, men må indstilles på, at arbejderne skal vende tilbage til den samme lejlighed flere gange. Byggeriet er heller ikke tørt, d.v.s. at man ikke kan lade vinduer og varme følge direkte efter monteringen, hvorved snedker- og tømrerarbejdet sinkes.

Man hjælper sig derfor med at benytte en tør konstruktion f. eks. brædder eller lægteskelet beklædt med gipsplader eller en af de mange standardvægge. Man kan dog ikke sige, at man med disse konstruktioner har løst de lette vægges problem. De bedste af dem er for dyre, og de billigste er behæftet med brugsmæssige fejl, bl. a. er de ikke lydisolerende nok, i særdeleshed ikke til anvendelse i lejlighedsskel.

Der er dog for nylig kommet en række fabrikater af letbetonavægge i handelen, der synes at give gode muligheder. De er så glatte, at efterbehandlingen skulle kunne indskrænkes til fugespartling, og leveres i standardmål til en pris, der i forhold til brugsværdien ikke synes uoverkommelig høj.

Montagebyggeriets afgrænsning.

En præcis definition af montagebyggeri er næppe mulig. Dette skyldes bl. a., at montagebyggeri er et led i en udviklingsproces og at udformningen derfor langsomt ændres. Vil man imidlertid forsøge en definition, kommer man den formodentlig nærmest ved at sige, at det er karakteristisk for

montagebyggeriet, at *byggeprocessen har to adskilte afsnit, fabrikation på ét sted og montage uden tildannelse på et andet sted.*

Herudover kan man nævne en række andre træk, der nok er karakteristiske for montagebyggeri, men som også optræder ved andre byggeformer, f. eks.:

- at der benyttes *elementer*, der er væsentligt større end de hidtil anvendte,
- at *råbygningen udføres i elementer*,
- at disse elementer *masseproduceres i nøjagtige mål*,
- at disse elementer *monteres* med mekanisk grej (dette er dog ikke absolut givet, og gælder f. eks. ikke altid ved lette vægge og facader),
- at montagen kun omfatter samlinger, men *ikke den sædvanlige henlæggen på en mørtelfuge*,
- at der foreligger en *totalprojekteret, detaljeret planlagt byggeproces* uden overlappinger,
- at byggeriet er *tørt*, og
- at byggemetoden giver muligheder for *helårsproduktion- og montage*.

Afgørende for bedømmelsen er det trin i udviklingen, byggeriet repræsenterer, d.v.s. bedømmelsen må ske i relation til det almindelige, tekniske stade.

Efter denne definition har vi strengt taget næppe udført et gennemført montagebyggeri her i landet endnu, men udviklingen er kommet stedse nærmere dertil i de sidste 5 år. Når denne beretning er trykt, vil de første byggerier, omfattet af denne definition, sikkert have set dagens lys – dog er kældereren næppe endnu tilgængelig for montage-metoder.

Udviklingen i montagebyggeriets metoder.

De første byggerier var endnu delvis traditionelle. De store spring i udviklingen turde ingen tage.

De indvendige vægge støbtes på stedet, først pudsede, derefter behandlet med Kåbetäck, til sidst pudsfri, idet formene forbedredes fra masonite- og krydsfinerforme til stålelementer.

I forbindelse hermed benyttedes ydervægge af elementer, først små, der kunne monteres med let grej og opstilledes med mørtelpølser og kiler, siden større, der ophængtes på knaster o. lign. eller blev båret af søjler eller bjælker. Samtidig udvikledes elementerne fra at være sammenhængende beton – letbeton (isolation) – mørtelpuds til at være lagdelte, i reglen med isolation af mineraluld og senere også af skumplastic, de såkaldte sandwichelementer med beskyttende, isolerende og bærende funktioner adskilte. Oftest er elementerne nu rumstore, og montagemetoderne forbedrede, således at kranen ikke skal vente, kun ophejse. Lette facadeelementer, opbygget over træskeletter, er begyndt at vinde frem.

Etageadskillelserne er oftest ribbeplader, der er materialebesparende, men i den sidste tid er også plane etageadskillelser med udsparede hulrum blevet økonomiske, tildels som følge af den lettere tilslutning.

Tendensen i udviklingen er i øjeblikket, at også de bærende vægge udføres som elementer, således at montagebyggeriets glidende monteregytme fuldtud kan opnås.

De enkelte elementers udvikling beskrives nærmere i afsnittet om elementernes udformning i forbindelse med tillæg B, der iøvrigt giver en selvstændig række eksempler på byggemetoder, hvor hovedvægten dog er lagt på fugernes udformning. Tillægget er identisk med eksempelafsnittet i udvalg 4's rapport: Fuger, publ. nr. 4.

I tillæg C gennemgås et par franske byggerier, der på en del punkter er længere fremme end de danske montagebyggerier, væsentligt som følge af, at storproduktionsmulighederne begunstiges af den franske byggepolitik.

Om elementstørrelser etc. henvises til kapitlet „Elementstørrelse og standardiserings spørgsmål“.

Den fremtidige udvikling.

Det ville være meningsløst at forsøge at forudsige, hvordan byggeriet i fremtiden vil udvikle sig, hvis man ikke gør sig klart, at udviklingen ikke forløber af sig selv, men at det er dem, som er beskæftiget inden for byggeriet, der angiver dens retning. Det sker bl. a. ved den vurderingsmåde, der lægges til grund for det enkelte projekt: Om vi alene bedømmer det ud fra dets økonomi – dets kvadratmeterpris – naturligvis under skyldig hensyntagen til kvalitet, d.v.s. udstyrsstandard, planløsning, formodede vedligeholdelsesudgifter m. m., men uden interesse for, om projektet kan ses som et led i en udvikling med et bestemt sigte. Dette er jo det almindelige synspunkt, men det må være berettiget at give udtryk for den opfattelse, at denne vurderingsmåde ikke vil virke stimulerende på udviklingen. Det er muligt – men på ingen måde sikkert – at den vil føre til øjeblikkeligt gunstige økonomiske resultater, og det er man i almindelighed tilbøjelig til at slå sig til tåls med. Muligheden for at påvirke udviklingen ligger imidlertid i vor forståelse af at vurdere det enkelte projekt på baggrund af den udvikling, som har fundet sted, og den, som vi mener vil finde sted, og som vi tror er rigtig. Kun på denne baggrund har det sin berettigelse at tale om den fremtidige udvikling.

Man må bevidst udføre det, der i dag er mest

økonomisk, men samtidig stadig blande prøver på nye ideer ind, for at forberede næste trin. Man må danne sig et billede af det næste trin og søge at nærme sig dette, idet man ledes frem af egne og andres erfaringer og rapporter om nye metoder, der måske bliver de rigtige efterhånden.

Bestræbelserne har hidtil væsentligst taget sigte på råhuset, d.v.s. den del af arbejdet, som omfatter det, der kaldes murerarbejdet. Der er ved præfabrikering, altså industriel fremstilling af bygningsdelene, opnået resultater, som ikke alene er økonomisk tilfredsstillende, men som også peger fremad. Dette gælder ikke mindst den målnøjagtighed, som er opnået – jfr. udvalg 4's publ. nr. 6, som må gøre det til en selvfølge, at snedkerarbejde og installationer efterhånden helt går over til fremstilling på værksted.

Men man må vente, at den videre udvikling vil få mere vidtrækkende konsekvenser for installationerne. Byggeriets problem er den umådelige differentiering i mange fag, mange dele og mange arbejdsoperationer. En vis del af problemet beror på selvskabte vanskeligheder af administrativ og organisatorisk art, men en væsentlig del af det er en følge af de tekniske installationers stedse større andel i byggeriets arbejdsoperationer. Brugsmæssigt er disse installationer en nødvendighed, produktionsteknisk betyder de en væsentlig komplicering. De komplikationer, som installationerne skaber, vil kunne undgås, dersom der sker en sammensmeltning af konstruktioner og installationer. Der kan her være tale om at gå flere veje, men uanset hvordan man løser spørgsmålet, vil konsekvenserne blive en anden udformning af installationerne end den i dag gængse.

Vægten af de i dag anvendte bygningsselementer af beton er også et problem for transport og montage. Ganske vist vil man fra de firmaers side, som leverer og monterer elementerne, hævde, at vægten kun er et spørgsmål om de nødvendige løfteredskaber, og det er selvfølgelig rigtigt. Konsekvensen af dette synspunkt er – takket være tendensen mod større og tungere elementer – imidlertid stedse større kraner, hvis afskrivning, forrentning og vedligeholdelse vil blive en mærkbar økonomisk belastning. Ud fra de forudsætninger, hvorunder vi arbejder i dag, er beton det naturlige materiale for de bærende konstruktioner, men det er ingenlunde sikkert, at dette fremdeles vil være tilfældet, dersom f. eks. stålkonstruktioner kunne sikres mod brand på en simplere og billigere måde end den nu krævede og anvendte og dersom man disponerede over lette, billige lydsoleerende udfyldningsselementer. Vindkræfterne vil kunne optages ved hjælp af vindgitre, således at

der ikke herfra opstår momenter i søjler og bjælker. Det vil herved blive muligt at anvende relativt lette profiler, som let lader sig transportere og montere.

Men foreløbig er beton det naturlige materiale til de bærende konstruktioner, selv om det ikke er ideelt som råmateriale for en industriel produktion på grund af sin afbindingstid, som stærkt begrænser formenes anvendelse. Dette medfører, at det ikke betaler sig at anvende den vidtdrevne mekanisering, evt. automatisering, under udstøb-

ningen og afformningen, som er forudsætningen for en egentlig industriel produktion. En cement, som muliggjorde en meget hurtig afformning efter udstøbningen, ville sandsynligvis ændre dette forhold. Kan cementkemikerne løse denne opgave?

Disse bemærkninger skal ikke opfattes som nogen spådom om hvad fremtiden vil bringe, men snarere som ønsker, som – jfr. de tidligere bemærkninger – kan være vejledende ved vurderingen af de bestræbelser, som udfoldes.

Følger for projekteringen

Helheden.

Projektering af montagebyggeri omfatter – på dets nuværende stade – såvel projektering af byggeriets enkelte dele (elementer) som sammensætning og samling af dem til et hele. For at nedbringe antallet af elementtyper til det mindst mulige må ingeniøren og arkitekten arbejde intimt sammen *helt fra begyndelsen*, thi bebyggelsesplaner og lejlighedsplaner har en dominerende indflydelse på elementudformning og montage. Da elementerne i hvert enkelt tilfælde skal formes, så de svarer til den foreliggende opgave, kan man forsåvidt betragte en del af projekteringen som en art industriel formgivning, som udføres af arkitekt og ingeniør i fællesskab.

Under projekteringen må ikke alene det færdige resultat, men også måden, hvorpå det nås, være rettesnor. Dette burde gælde, hvadenten der er tale om montagebyggeri eller „traditionelt“ byggeri, men det er nødvendigt at fremhæve, at i tilfældet montagebyggeri vil forsyndelser mod denne regel forvolde væsentlige vanskeligheder og fordyrelser. Det følger heraf, at projekteringen angår helheden, d.v.s. at husets udformning og udstyr, konstruktioner og installationer må projekteres i nøje samarbejde og under gensidige hensyn. Det endelige projekt angiver derfor ikke alene det færdige hus, men også opførelsesplanen omfattende elementfremstilling, montage, installationer, snedkerarbejde, maling og andre færdiggørelsesarbejder. Valg af materialer og metoder samt fastlæggelse af tidsplaner indgår derfor som vigtige bestanddele af projekteringen, som i realiteten bliver en planlægning af hele byggearbejdet.

Når der under projekteringen lægges så stor vægt på tilrettelæggelsen af udførelsen, må det forekomme rimeligt, at entreprenørerne med deres erfaringer tages med på råd. Der kan dog være anledning til at fremhæve, at entreprenørerne i dette samarbejde ikke kun er ydende, men at også

deres begrebsverden kan udvides derved; ikke mindst fordi entreprenørernes erfaringsbetonede medvirken tenderer mod en konservering af allerede anvendte metoder.

Grundlaget for projekteringen er altså et intimt *samarbejde* mellem alle parter: bygherre, arkitekt, ingeniør, entreprenør, arbejdere og myndigheder, i det daglige projekteringsarbejde især mellem arkitekt, ingeniør og entreprenører. Ofte må den sædvanlige licitationsform forlades, for at dette samarbejde kan etableres, men samarbejdet bør etableres for at opnå et økonomisk tilfredsstillende resultat. Det indebærer også den gensidige fordel, at det giver et langt videregående kendskab til de andre parter ideer og metoder; især kan man vist roligt fremhæve installationsarbejderne, der hidtil har været stedmoderligt behandlet.

Samarbejdet med myndighederne hemmes ikke mindst af, at vedtægter og regulativer er baserede på traditionelle materialer og konstruktioner. Kunne man nå dertil, at bestemmelserne udformes i stil med det nedenfor omtalte funktionsskema, ville det utvivlsomt lette arbejdet for begge parter.

Der er således ikke i første række tale om forbedring af enkelte detaljer i byggeriet, men derimod om en ændring af byggeriet til en pasdelenes industri, som det kan være vanskeligt for en enkelt person at beherske tilbunds. Thi selvom aldrig så store forbedringer sker ved den ene eller den anden detaille, kan ingen reel forbedring af totalresultatet opnås, såfremt ikke et flertal af detaillerne angribes på én gang og fremfor alt i en sammenhæng. Man må gøre sig klart, at diskussionen gælder *hele* det færdige bygværk, og at nye synspunkter derfor må anlægges.

Prisen på montage-råhuset bør derfor ikke være afgørende ved vurderingen af montagebyggeriet i forhold til det traditionelle. Det afgøren-

de er, om der er skabt en sådan byggemetode, at en samlet vurdering af håndværkerudgifter, honorarer, byggerenter, vedligeholdelsesudgifter, opvarmningsudgifter, brugsmæssige og æstetiske værdier o.s.v. giver et fordelagtigt billede.

Man kan måske resumere det ovenfor sagte i, at projekteringen i fremtiden må udvides i omfang og udvides til at omfatte væsentlig flere parter. Myndighederne, der „projekterer“ for byggeriet som helhed, bygherrerne som må interessere sig for en større gruppe byggerier ad gangen, o.s.v.

Denne helhedsbetragtning må dog ikke tilsløre den kendsgerning, at montagebyggeriet kræver en ikke hidtil præsteret gennemarbejdning af detaljer, og at det skaber problemer, der ikke løses alene på grundlag af erfaringer. I de øvrige udvalg er en række andre problemer taget op, f. eks. vedrørende facadeelementer, fugtforholdene i ydervægge, statiske problemer, fuger, nøjagtighed o.s.v.

En del af disse enkeltproblemer – udover de i de øvrige udvalg bearbejdede – vil blive behandlet udførligere i de følgende kapitler.

Planudformningen.

Bygningernes placering og udformning må overvejes bl. a. under hensyn til den kommende transport, montage og eventuelle byggepladsfabrik. Hvadenten der er tale om murstens- eller montagebyggeri gælder det, at knækkede eller krumme bygninger, skæve hjørner, fremspring, spring i

etageantallet eller etageplanerne og forsatte småstykker af bærende vægge øger vanskelighederne. *Planløsningen i helhed som i detaljer må være enkel.*

Betydningen af disse problemer er søgt belyst ved at indhente tilbud fra to entreprenørfirmaer på etageadskillelsen til forskellige planløsninger af samme byggeri. Den ene løsning, fig. 1, indeholdt 600 lejligheder (300 lejligheder plus 300 spejlvendte) fordelt på 100 opgange i 3 etager à 2 lejligheder. Planen var meget enkel og der var kun to pladetyper, en med 2400 stk. og en med 7200 stk., fordelt på 4 varianter fra samme form, men med forskellige huller. Pladerne havde alle samme bredde, men to længder. Der var altså 2 grundforme og 1 + 4 varianter. Den anden type, fig. 2, indeholdt 50 opgange à 3 etager à 2 forskellige lejligheder plus ligeså mange symmetriske, altså 4 lejlighedstyper, ialt 600 lejligheder med samme areal som ovenfor. Planen var mere kompliceret og hulfordelingen mindre rationel. Der var 2 bredder og 6 længder på pladerne, og pladerne langs facaden havde en speciel kantribbe. Der var derfor 17 grundforme og 40 varianter. Dette havde været prismæssigt katastrofalt for et byggeri af mindre omfang. Men her var der dog et minimum af 150 stk. af hver variant, og ingen forme blev benyttet under 300 gange. Prisforskellen mellem etagepladerne til de to byggerier blev derfor, omend stor, så dog ikke alt afgørende. Begge entreprenører udtalte, at det komplicerede byggeri var langt det dyreste, men at det samlede omfang bedrede økonomien meget. Huller, klodser etc. var ingen væsentlig fordyrelse, men variationerne for tilfælde 2 burde have været mindre. Priserne for etageadskillelserne excl. fugning for det andet tilfælde var derfor ca. 10 % højere end for det første tilfælde. Var fugningen medregnet, blev fordyrelsen større, og de samlede råhusudgifter ville givet vise meget større udsving, fordi også væggene var væsentligt mere komplicerede i tilfælde 2.

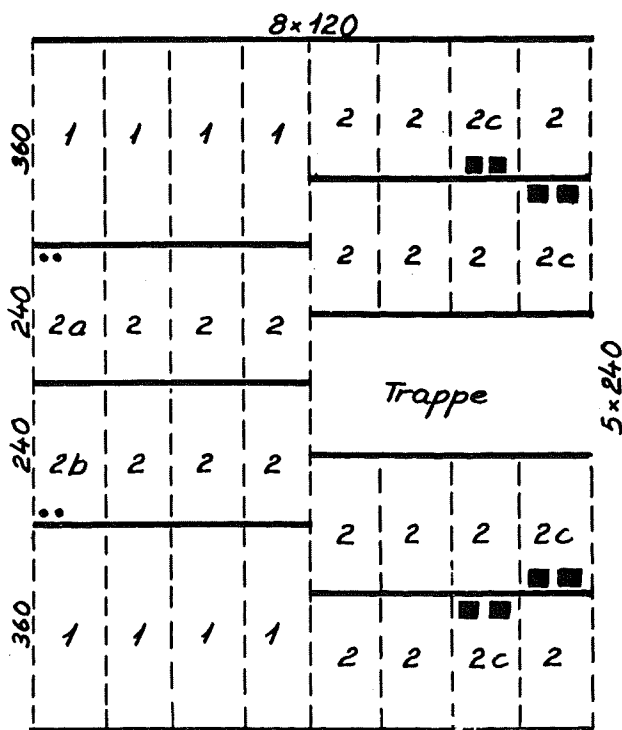


Fig. 1.

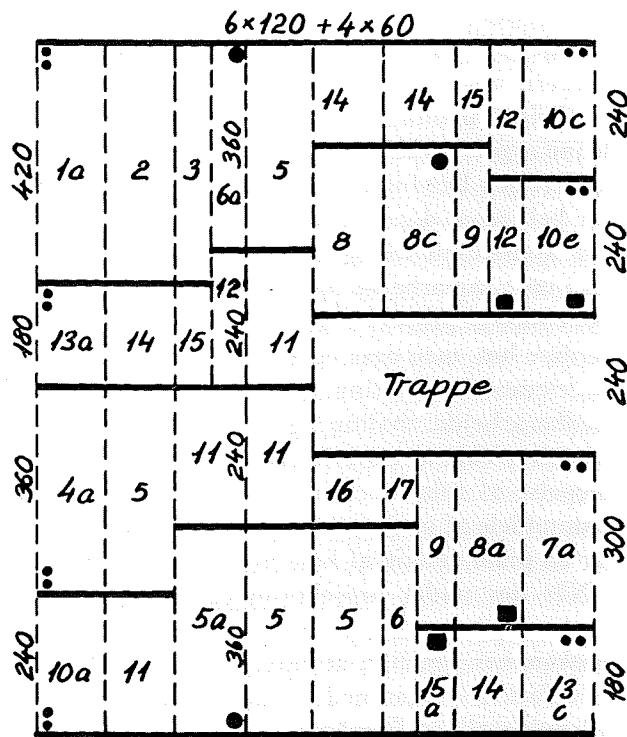


Fig. 2.

Dette eksempel viser betydningen for elementproduktionen af ensartetheden, men der kan iøvrigt henvises til afsnittet om sammenhængen mellem leveringstider, formudnyttelse og økonomi. Endvidere viser de refererede udtalelser betydningen af planløsning, vægplacering o.s.v.

Den nødvendige ensartethed opnås lettest ved brug af et stormasket planlægningsnet, et modulnet med maskevidde f. eks. 60 cm for de bærende vægge. Der er også grund til at tro, at den største ensartethed opnås ved anvendelse af få bærende vægge, en fremgangsmåde, som også i andre henseender er fordelagtig, bl. a. med henblik på en forkortelse af byggetiden for råhuset.

Ved montagebyggeri må der yderligere tages hensyn til mulighederne for elementernes gensidige placering og tilslutning og til, at kraftoverførsler kan ske på simpel måde gennem fugerne, idet f. eks. indspændinger mellem elementerne ofte er vanskelig at etablere. Endvidere er det ønskeligt at opnå, at montagen kan foregå uafhængigt af vejret – fugningen udføres, når forholdene tillader det. Detailler som f. eks. fugers placering og udformning bør overvejes og fastlægges fra starten. Hertil kommer problemet omkring installationerne, der endnu idag savner en virkelig rationel løsning. Det er klart, at en enkel planløsning med mange ensartede rum simplificerer rørføringen, men desuden er samling af rør i rørnicher og udformning af simple rørføringer med passende muligheder for optagelse af målafvigelser en vigtig del af opgavens løsning.

Tegninger.

De projekterendes overvejelser må under alle omstændigheder resultere i gennemarbejdede tegninger i et langt større omfang end hidtil. Tegningsmaterialet må omfatte en tegning af hvert element visende elementets geometriske form, dets armering samt anbringelse af huller og bøsninger, og det må omfatte fælledetailler og fremgangsmåder, samlingsdetaller, oversigter, elementfortegnelse og fundamentsplaner, samt endvidere gøre udførligt rede for alle detailler vedrørende installationer.

Under udarbejdelsen af disse tegninger må arkitekt og rådgivende ingeniør arbejde intimt sammen, og indtil tilstrækkeligt kendskab til arbejdsprocesserne er opnået, vil det være klogt at tage entreprenører og elementfabrikanter, der jo særlig høster erfaringerne, med i dette samarbejde. Også med henblik på udarbejdelsen af sådanne detailler, der vedrører fordelingen og samspillet mellem de forskellige fag, bør de projekterende erindre, at tegningerne er at opfatte som

arbejdstegninger, der indgår i en industriel proces, og at ændringer derfor er vanskelige at foretage. En ændring af blot en klods må således meddeles alle i projekteringen implicerede og rettes ind på alle tegninger.

Der kan opnås store tidsbesparelser ved at udarbejde elementdetailtegningerne således, at de straks er anvendelige i fabrikernes produktion. Udbudstegninger er nok forståelige for teknikere, men er ofte vanskeligt anvendelige som arbejdstegninger, og det er først og fremmest af betydning, at elementer, som ifølge deres konstruktion kan støbes i samme form, forsynes med samme hovednummer. Nummerering efter husets mållinier eller modullinier må absolut undgås. For fabrikation og montage er det afgørende hensyn, at ens elementer har samme nummer. Kun derved kan administrationen af arbejdet og forståelsen af processerne hos folkene lettes og indarbejdes. På oversigtstegninger, f. eks. i 1:100, angives placeringen af elementerne med påskrevet nummer.

Nødvendige tidsfrister.

Den projekterende må, når han forhåbentlig har fået tilrettelagt sit projekt således, at der kan komme en rationel produktion igang på grundlag af det – hvilket som oftest har taget lang tid – ikke forsøge at presse entreprenøren til at gå igang med så kort et varsel, at han ikke får tid til at planlægge sin produktion. Det kan være fristende, for at tilfredstille en utålmodig bygherre, at tvinge arbejdet igang så hurtigt som muligt, men i så fald må man gøre sig klart, at entreprenøren springer over, hvor gærdet er lavest, og går igang på den for ham letteste måde.

Ved modtagelsen af en ordre vil entreprenøren eller den fabrik, som skal udføre ordren, begynde med at udarbejde en fuldstændig plan for produktionen omfattende tidsplan, metodeplan, lagerplan og forsendelsesplan. Metodeplanen omfatter det formmateriale, som skal anvendes, og dette vil influere på tidsplanen. Først efter at planlægningen er overstået, vil formfremstillingen kunne påbegyndes, og fra formfremstillingens påbegyndelse vil der kunne hengå en rum tid, inden elementerne begynder at vise sig på lageret.

Oversigt over udførelse i relation til projekt.

Det materiale, som i øjeblikket hovedsagelig anvendes til montagebyggeriet, er som allerede nævnt beton, men for fuldstændighedens skyld bør det nævnes, at også andre materialer er ved at vin-

de indpas, specielt til udfyldningselementer for ydervægge og skillerum.

Elementerne omfatter vægelementer såvel bærende som ikke bærende og såvel til ydre som indre vægge, etageadskillelseelementer og tag-elementer samt bjælker og søjler.

Udførelsen af et montagebyggeri kan opdeles i følgende faser:

- 1) *Tildannelsen af elementerne*; herunder henhører det vigtige spørgsmål om formøkonomi m. v.,
- 2) *Transport af elementerne* til og/eller på arbejdspladsen.
- 3) *Montagen* og herunder byggepladsens indretning, specielt med hensyn til transportveje og lagerpladser.

Under alle 3 faser er det nødvendigt at have kendskab til det materiel, man betjener sig af.

1) *Tildannelsen* foregår i forme, som kan være udført af forskelligt materiale. Uanset hvilket materiale formen er udført af, er den imidlertid ret dyr, og det er derfor klart, at den største økonomi opnås ved, at hver enkelt form, som anvendes, udnyttes til sin yderste grænse. Denne kendsgerning peger henimod en standardisering af elementer enten således, at et element ikke fremstilles til en bestemt opgave, men således, at det på basis af en modulordning kan anvendes til mange forskellige byggerier eller mod udarbejdelsen af standardlejligheder, standardhuse, måske i første omgang standardenheder som baderum, køkkener, trapper etc. På montagebyggeriets nuværende stadi, hvor en sådan standardisering ikke er opnået, må man søge en tilnærmelse til standardiseringens fordele, således at man ved udformningen af byggeriet søger at anvende så få typer elementer som muligt, eller med andre ord udformer byggeriet med henblik på den størst mulige ensartethed for de elementer, som anvendes.

Rationelt montagebyggeri forudsætter derfor et

så stort omfang, at der er et stort antal ens elementer. Ikke alene udgifterne til støbeforme er praktisk talt lige store, hvad enten der skal fremstilles 10 eller 300 ens elementer, men også hele forarbejdet med konstruktion af samlings- og fugedetailer og fremstilling af arbejdstegninger er en konstant startudgift. Endvidere gælder det om at udforme projektet således, at fabrikkens støbe-program og elementmontagen samarbejdes med byggepladsens arbejdsprogram, således at ventetid på byggepladsen eller overbelastning af fabrikkens lagerplads undgås, og således at man måske endda opnår, at elementerne kan monteres direkte fra transportvogn.

2) *Transporten* kan bestå i transport af elementer fra en stationær fabrik til lager på byggepladsen og fra lager til montagested, men bør af økonomiske grunde så vidt muligt indrettes således, at elementerne føres direkte fra fabrikkens til montageoperationen; eller den kan bestå i transport fra en på byggepladsen indrettet fabrik til lagringsplads og fra lagringsplads til montagested.

3) Første del af *montagen* består af den lodrette (og evt. vandrette) transport, der alt efter elementstørrelsen kan ske ved hjælp af ganske let materiel eller kræve kostbart, svært kranmateriel. Anskaffelse, drift og vedligeholdelse af sådant materiel kan løbe op i store summer, og det er derfor nødvendigt, at der ved projekteringen tages hensyn til at udforme elementer, arbejdsplan o.s.v. sådan, at materiellet udnyttes. Heraf følger, at det allerede på projekteringsstadiet er nødvendigt at forudse det materiel, der skal anvendes: (Tårnkran, mobilkran eller portalkran) og dets hejsehastighed (evt. variabel), rækkevidde o.s.v. Elementvægtene hænger sammen med disse spørgsmål, men ikke entydigt, da man på større projekter kan anvende f. eks. flere størrelser mobilkraner successivt, eller kraner med variabel kapacitet og montagehastighed.

Elementernes udformning

Funktionskrav

Lejlighedens brugsværdi.

Ethvert krav eller ønske om en bestemt udformning af et element er i realiteten funktionelt og bundet i ønsket om at skabe den mest tilfredsstillende bolig. Vaner, ubestemte (og ofte uklarlagede) behov og ønsker, smag, konventionelle opfattelser spiller en stor rolle. Dette betyder, at problemerne er vanskeligt tilgængelige for analyser, idet interviewer og de interviewede ofte kan være ubevidst årsag til en vis fejlvurdering. Disse psykologiske vanskeligheder kan dog overvindes, men selv da kan resultatet af en omfattende analyse ofte kun offentliggøres i almene vendinger og ikke i talværdier.

Dette gælder f. eks. det, der kaldes *lejlighedens brugsværdi*, d.v.s. rummenes rimelige placering i forhold til hinanden, rummenes størrelse, møbleringsmuligheder, muligheder for en god arbejdsgang i køkkenet, spildarealer o.s.v. Man kan dog ved analyse af rummenes møbleringsmuligheder angive absolutte minimalmål for forskellige rum, regler for fordelagtige dørplaceringer o.s.v. Der kan derved skabes et mere eksakt grundlag for projekteringen og i forbindelse med målkoordinering et udgangspunkt for standardisering af bygningselementer.

De æstetiske kravs betydning for produktionen.

Det er naturligvis ikke muligt at angive retningslinier for et byggeris æstetiske udformning. Det må være nok at notere, at de æstetiske krav, omend u håndgribelige, er så væsentlige, at deres opfyldelse må være grundlæggende. Udtryksmidlerne varierer, i takt med tid og materiale muligheder, og de æstetiske kravs koordinering med det rationelle rejser derfor stadig nye problemer. For de æstetiske krav til overfladers ensartethed,

karakter, profilering og vedligeholdelsesmuligheder, til fuger og disses placering, til detaljer o.s.v. er det derimod lettere at skabe et erfaringsmateriale.

I kapitlet om produktion er omtalt en del af de hensyn, der må tages for at skabe tilfredsstillende betonelementer. Her skal kun nævnes nogle enkelte problemer: Farver må benyttes i nøje samråd med producenten. Skarpe kanter må undgås, da de er sårbare, mens affasede eller afrundede kanter normalt kan passere gennem afformnings- og montageoperationer uden overlast. Det er ikke muligt at producere elementer, hvor flader, der under støbningen er overside, underside, kanter og endeflader, får helt samme stofkarakter, når bortses fra efterbearbejdede overflader. Specielle overflader med blærer og profiler eller ru overflader kan fremstilles; men drejer det sig ikke om store mængder ensartede elementer, bliver det let for dyrt. Fugning i plan bør undgås, hvor det er muligt. Svind o. a. vil give fine revner, og selv små unøjagtigheder i elementernes gensidige placering o.s.v. vil træde tydeligt frem. Udføres fugningen tilbageliggende, vil smårevner og unøjagtigheder derimod ikke være umiddelbart synlige. Endvidere vil fugemønstre, eventuelt suppleret med skinfuger eller anden profilering yderligere sløre småfejl, bl. a. også den uundgåelige farvevariation indenfor elementet og mellem elementerne indbyrdes.

Styrkemæssige krav.

I det konkrete tilfælde er kravet klart: bygningen skal være stærk nok, og dette kan udtrykkes i tal. Men visse problemer har fået forstærket betydning i montagebyggeriet; mange af disse problemer har tidligere kun været summarisk behandlet, men de nye metoder og de pressede dimensioner har stillet krav om forbedrede beregnings-

metoder. De tilsyneladende eksakte krav er derfor i virkeligheden ofte årsag til, at den projekterendes skøn og extemporeringssevne sættes på prøve, hvor den videnskabelige problemundersøgelse er bagefter teknikken.

Et generelt problem i alt montagebyggeri er kontinuiteten i konstruktionen, specielt overførslen af forskydende kræfter, f. eks. af betydning for dækelementer. Derimod er problemer som overførsel af bøjende momenter mellem to elementer normalt uden interesse, idet konstruktionerne udformes således, at sådanne kræfter ikke optræder, eller momenterne opløses i enkeltkræfter, der lettere optages.

For en bygning med bærende tværvægge optages de lodrette kræfter i de simpelt understøttede plader, hvorfra de føres ned gennem væggene som tryk, eventuelt med momenter i de bærende skivevægge. Vindkræfter på tværs optages i de bærende vægge, vindkræfter på langs i enkelte længdeafstivningsvægge, idet etageadskillelserne virker som skiver.

Dette betyder, at problemerne særlig koncentrerer om at få såvel etageadskillelsen som væggene til at virke som skiver. Dette problem har udvalg 3 bearbejdet i publikation nr. 1, Skiver.

Et andet, vanskeligt tilgængeligt problem, er beregningen af lejefladerne. Erfaringen viser, at meget små lejeflader ofte er forbavsende stærke, men nogen regler kan ikke gives. I udvalg 3 har dette problem været behandlet, og det må forudses, at omfattende forsøg må udføres for at opklare spørgsmålene. Se bl. a. publikation nr. 5, Koncetrerede Belastninger.

Mange statiske problemer opstår i forbindelse med fuger, hvis rent praktiske udformning er behandlet i udvalg 4's beretning, publikation nr. 4, Fuger.

Brandsikring.

Myndighederne stiller en række krav, hvis rationelle baggrund ofte kan diskuteres. Det drejer sig f. eks. om sundhedsmæssige, sanitære krav, byplanmæssige krav, brandsikringskrav samt en række andre tekniske krav, hvoraf nogle er omtalt ovenfor, andre omtales nedenfor i forbindelse med funktionsskemaet og under de konkrete elementtyper. Brandsikringsbestemmelserne indeholder en række stærkt fordyrende krav, hvis rationelle baggrund er uklar, og det vil derfor være naturligt at omtale disse krav her.

De brandtekniske hensyn kan opdeles i fire grupper:

A. Flammespredningsevne.

Af væsentlig betydning for om en tilfældig, lille glød eller brand vil kunne udvikle sig til en større brand er byggematerialernes flammespredende evne. Der har af denne grund vist sig en del modstand mod anvendelsen af træ, for så vidt træet ikke var beskyttet af gipsplader.

B. Hulrum.

Konstruktionen bør udformes således, at der ikke opstår trækkanaler eller rum med brændbart materiale gennem flere etager eller forbi bærende vægge. Nedkæmpelsen af brande kan da vanskeliggøres, fordi der kan være skjulte gløder i hulrummene eller fordi kanalerne virker som fordelere af hede, brændbare luftarter.

C. Røg, kulilte.

Træ og især fiberplader udvikler store røgmængder og må derfor anvendes med omtanke. De dannede luftarter kan enten, som kulilte, virke kvælende på mennesker eller som hede, brændbare luftarter virke brandudbredende.

D. Gennembrændingstid.

På dette punkt stiller brandvæsenet meget store krav til vægges konstruktion. Kravene virker ofte urimelige, f. eks. når det drejer sig om lave brystninger i en facade, der iøvrigt består af glas, og også under hensyn til den korte tid, der forløber fra brandens opståen til brandvæsenets ankomst.

Det er klart, at der må stilles strenge krav til boligbyggeriers brandsikring, men de nuværende love og regler synes opbygget mere ud fra fornemmelser – og ønsket om, at intet hus overhovedet kan brænde, end ud fra rationelle overvejelser, forsøg og erfaringer.

Skal der skabes muligheder for en rationalisering og billiggørelse, som kan accepteres også ud fra brandhensyn, ville det være ønskeligt, om forsikringsselskaberne og deres statistikere ville bearbejde det omfattende erfaringsmateriale, der findes, suppleret op med omfattende brandforsøg.

Et primært krav vil naturligt være, at menneskeliv skal sikres i den størst mulige udstrækning. Dette betyder, at konstruktionerne skal have en vis branddrøjhed, at der ikke må kunne udvikles store røgmængder og giftige eller eksplosive gasarter, og at der skal findes altaner, trapper o.s.v., der er beskyttet mod flammer, hede, røg og nedstyrtende dele, og som er velegnede til redningsaktioner.

Men er *menneskelivene* sikret bedst muligt, er det væsentligste opnået. At forsøge at beskytte *værdierne* mod brandødelæggelse for enhver pris

er urationelt. Der må åbnes muligheder for at benytte konstruktioner, der ikke er så brandsikre som nu, hvis dette kan ske uden at sætte menneskeliv på spil. I sådanne tilfælde bør alene summen af udgifterne til forrentning, vedligeholdelse og brandforsikringspræmie være afgørende.

Idag er det sådan, at brandforsikringspræmien i distrikter med effektivt brandvæsen er overordentlig lav for boligbyggeriet, og præmien er næsten uafhængig af konstruktionen. Der kan dog være tale om en relativt beskedent ekstrapræmie for f. eks. facadebeklædning af træ. Kun i industrien kendes inddeling i fareklasser. Reelt er det i boligbyggeriet sådan, at man, hvis man derved kunne opnå en billig konstruktion, gerne betalte en væsentlig forhøjelse af præmien som følge af den billige konstruktions lavere gennembrændingstid, forudsat at faren for menneskeliv ikke var forøget i forhold til normalt byggeri.

Alle disse problemer viser ønskeligheden af en grundig statistisk behandling, af forsøg og af en rationel brandlovgivning.

Problemerne illustreres måske bedst med nogle eksempler:

- a) Består en facade af 80 cm høje brystninger og 200 cm høje glasarealer, forlanges der en vis gennembrændingstid for brystningen. Er der udvendig træbeklædning, forhøjes præmien lidt, men gennembrændingstiden forlanges stadig fastsat så højt, at det synes urimeligt i forhold til de store glasarealer.
- b) Er de lange gennembrændingstider overhovedet af værdi for redning af menneskeliv? Hvis der træffes foranstaltninger til redning af menneskeliv, synes det sandsynligt, at konstruktionerne iøvrigt kunne udføres mindre brandsikre – mod en præmieforhøjelse.
- c) I forbindelse med b) rejser sig spørgsmålet om træs anvendelse. I Norge og Sverige synes man, især for enfamiliehuse, at være langt mindre strenge over for træbeklædninger. Norske forsøg viser (Norsk Byggeforskningsinstitut, rapport nr. 17), at gennembrændingstiden for en let ydervæg i højere grad er afhængig af isolationsmaterialet end af yder- og inderbeklædningen, f. eks. gav 20 mm porøs træfiberplade og 9,5 mm gipsplade praktisk taget samme gennembrændingstid. Flammespredningsproblemerne er dog ikke afklarede, og der synes her at være et stort forsøgsbehov.

- d) I Frankrig omstøbes ståldragere ikke, i hvert fald ikke i distrikter med moderne brandvæsen.

Funktionskravskemaet.

Ud fra rent tekniske hensyn kan der udover de statiske krav opstilles en række krav, der af pladshensyn ikke kan behandles her.

Nogle af kravene er omtalt i forbindelse med omtalen af visse elementtypers udformning nedenfor, mens isolations-, fugttransport-, tilsmudsning- og bestandighedsproblemerne er behandlet i udvalg 3, publikation nr. 8, Facadeelementers Rationelle Opbygning og Virkemåde, hvoraf publikation nr. 2, Kuldebroer, og publikation nr. 7, Fugttransport i Ydervægge, er uddrag.

I nedenstående skema er en række vigtige krav skematisk opstillede.

Det fremgår af dette skema, at der er mange hensyn at tage under projekteringen, men også, at hver elementtype har sin kombination af funktioner at opfylde. Udformningen under hensyn til disse detailkrav må koordineres med hovedplanlægningen, planløsningen, æstetikken og myndigheders og låneinstitutioners bestemmelser. Resultatet skal være økonomisk, d.v.s. at de projekterendes viden udover arkitektoniske, tekniske og juridiske emner også skal omfatte priser, produktionsmetoder og montagemetoder. Elementudformningen er derfor ikke et isoleret problem, men det må betragtes i helheden; det må til detaljerne indgå i samarbejdet mellem bygherrer, projekterende og udførende.

Samler man i det konkrete tilfælde alle de krav, der stilles til elementet, viser det sig i reglen, at de er mere eller mindre modstridende, og elementet er som følge heraf i reglen udtryk for et kompromis, med økonomien som bestemmende faktor. Summen af anlægs- og kapitaliserede driftsomkostninger skal være den mindst mulige.

Dette indebærer, at man ikke – som man hidtil har gjort med baggrund i en bygge lov, tiden er løbet fra – bør stille krav om, at et givet element skal vurderes i forhold til et tilsvarende „element“ fremstillet af de materialer, som bygge loven forudsætter anvendt.

De detaljerede krav, der med rette kan opstilles, må baseres på ønsket om, at en eller flere funktioner kan opfyldes. Den ideelle bygge lov (og regulativer, normer m. v.) bør derfor indeholde et funktions skema af lignende art som det viste, men med talværdier i stedet for + og ÷.

| | Facader | Vinduer | Altan- brystninger | Lejlighedsskel | Bærende vægge | Lette vægge | Badeværelse- vægge | Etage- adskillelser | Gulvbelægning |
|--|---------|---------|-----------------------|----------------|------------------|-------------|-----------------------|------------------------|---------------|
| <i>Statiske funktioner.</i> | | | | | | | | | |
| Bærende (udover selvbærende) | Evt. | ÷ | ÷ | Evt. | + | ÷ | Evt. | + | ÷ |
| Vindoptagende | + | (+) | + | ÷ | Evt. | ÷ | ÷ | (÷) | ÷ |
| Optagelse af sekundære belastninger fra mennesker og/eller møbler | + | (+) | + | + | + | + | + | + | + |
| | | | | | | | | Samlet konstr. | |
| <i>Akustiske funktioner.</i> | | | | | | | | | |
| Isolation mod luftlyd | (+) | (+) | ÷ | + | + | (+) | + | + | |
| Isolation mod bankelyd | ÷ | ÷ | ÷ | (+) | (+) | (+) | (+) | + | |
| Undgåelse af lydbroer ved fuger | (+) | ÷ | ÷ | (+) | (+) | (+) | (+) | + | |
| Stor lydabsorption | ÷ | ÷ | ÷ | (÷) | (÷) | (÷) | ÷ | (+) | |
| <i>Varmemæssige funktioner.</i> | | | | | | | | | |
| Varmeisolation | + | + | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | (÷) | (÷) |
| Varmekapacitet | Evt. | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ |
| Vindtæthed og fugetætning | + | + | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ |
| Undgåelse af kuldebroer | + | (+) | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ |
| Lufftfornyelse | ÷ | + | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ |
| Damptransport, dampstandsning, dræning, ventilation i forbindelse med isolationsværdien .. | + | + | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | (÷) | ÷ | ÷ |
| Fugtakumulering | ? | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ? | ÷ | ÷ |
| <i>Brandsikkerhedskrav.</i> | | | | | | | | | |
| Ringe flammespredning | + | + | + | + | + | + | + | + | ? |
| Ingen brandspredende hulrum | + | + | + | + | + | + | + | + | ? |
| Ringe røg- og kulilteudvikling | + | + | + | + | + | + | + | + | ? |
| Lang gennembrændingstid | Evt. | ÷ | + | + | + | Evt. | ÷ | + | ÷ |
| Bæreevnen bibeholdes under brand | + | ÷ | + | + | + | ÷ | ÷ | + | ÷ |
| <i>Vedligeholdelsesfunktioner.</i> | | | | | | | | | |
| Slidfasthed | ÷ | + | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | + | ÷ | + |
| Let rengøring | ÷ | + | ÷ | + | + | + | + | ÷ | + |
| Ringe tilsmudsning, evt. selvrensende | + | + | + | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | + |
| Bestandighed mod frost og anden forvitring fra vejrliget | + | + | + | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ |
| Sømfasthed | ÷ | ÷ | ÷ | + | + | + | + | ÷ | ÷ |
| Vandtæthed | + | + | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | + | ÷ | ÷ |
| Reparationsmuligheder | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

+ betyder: nødvendig funktion.

÷ betyder: unødvendig funktion.

(+) betyder: sekundært nødvendig funktion.

(÷) betyder: i reglen unødvendig funktion, men til tider har funktionen en vis, evt. indirekte betydning.

Evt. betyder: funktionen er i visse tilfælde nødvendig, men det afhænger af projektets udformning.

? betyder: nødvendigheden af funktionen er problematisk, eller kan i praksis ikke opfyldes med de almindelige materialer på et økonomisk grundlag.

Etageadskillelser

Den hidtil hyppigst anvendte form for etageelementer er ribbepladen, som sædvanligvis udføres med en bredde af 120 cm = 4 præferencemål à 30 cm. Ribberne kan anbringes langs elementets kanter eller langs den ene kant og i midten, mens den anden kant er fri. Tillæggets fig. XV og XVI viser eksempler på en symmetrisk fuge mellem ribber pr. 120 cm. Fig. XV viser en fuge, der skal udfuges nedefra efter udstøbningen, fig. XVI en fuge, der står åben. Fig. XVII viser elementer med ribber pr. 60 cm, der giver lettere vægttilslutning, og usymmetrisk fuge, der giver en lettere fugning fra siden. For at forøge såvel brandsikkerhed som lydisolationssevne kan der efter monteringen, og inden gulvbelægningen udlægges, henlægges et ca. 3 cm tykt lag tørt sand ovenpå pladen.

Der fremstilles dog allerede nu fra flere forskellige sider etageplader med plan underside. Højden er ca. 20 cm, og vægten af pladerne er reduceret til omkring $\frac{2}{3}$ af, hvad den massive plade ville veje ved etablering af hulrum i pladen, cirkulære, elliptiske eller rektangulære. På tillæggets fig. XVIII vises nogle eksempler på sådanne plader.

Etageadskillelsens *skivevirkning*, d.v.s. overførslen af forskydningskræfter mellem de enkelte elementer, kan tænkes opnået i forbindelse med forspændt kabelarmering gennem en række plader, men normalt udformes selve fugerne til at optage disse kræfter.

For det første fortandes alle fire elementkanter (fig. XVII) således at forskydningskræfterne kan optages, for så vidt elementerne ikke, efterhånden som bygningen arbejder, kan forskyde sig bort fra hinanden.

For at hindre dette, vil man derfor for det andet indlægge armering i fugerne på passende steder. Der indlægges et armeringsjern i de langsgående fuger, vinkelret på væggene, i en forankringslængde ud til begge sider for væggene (fig. XVII). Endvidere vil man armere hele fugen over væggene mellem etageelementerne for at hindre såvel etageadskillelser som vægelementer i at danne revner i en lodret plan på langs ad bygningen, eller man kan af samme grund udforme et sammenlåsningssystem mellem udragende knaster i vægelementer og plader.

Da de enkelte plader regnes simpelt oplagte, er der ingen problemer med at optage indspændingsmomenter.

Oplægningen af pladerne kan give anledning til såvel arbejdsmæssige som statiske problemer. Oplægningen kan enten foregå på udlagte mørtelpølser med efterfølgende opretning og – besværlig – understopning, eller med knasfuger, hvis vægoversiderne er plane. Det er vigtigt, at man for ribbeplader sørger for, at det er ribberne og ikke de tynde plader, der overfører belastningen til væggene. Dette kan opnås ved at pladerne forsynes med tværgående enderibber, der kan udligne kræfterne, se f. eks. fig. XX, hvor ribberne samtidigt letter støbearbejdet for væggene, idet vægoversiden kan udføres plan. Vil man udføre ribbeplaner uden enderibber for at kunne støbe alle pladelængder i samme form ved forskydning af endeformen, må væggene udføres med knaster mellem ribberne. I dette tilfælde vil man f. eks. kunne sikre, at det er ribberne der bærer, ved at regne med fugning langs knasternes overside og lade ribberne hvile på knasfuger mellem knasterne.

Den langsgående fuge over væggene mellem pladerne skal som oftest kunne udstøbes og armeres. Pladerne forsynes derfor med et ganske lille vederlag, således at der er plads i fugen, kun ved ribberne er der et større vederlag, idet ribben er forlænget til en knast. En anden måde vil være at lade etageelementer og vægelementer danne et sammenlåsningssystem, der ikke fordrer langsgående armering, men kun kræver udstøbning af en smal fuge.

For etageadskillelseselementerne vil kravet til lydisolationssevne kunne opnås derved, at elementerne får en vis vægt, hvilket imidlertid er i strid med ønsket om af hensyn til monteringen at udføre dem så lette som muligt. Endvidere findes der en urimelig bestemmelse fra civilforsvarsstyrelsens side om, at elementet af hensyn til brandsikkerhed skal have en tykkelse på ikke mindre end 8 cm. Den derved opnåede vægt bidrager – om ikke andet – til at forøge lydisolationssevnen.

Bærende vægge

Såvel hensyn til planudformning som facader-nes praktiske og æstetiske opbygning synes at pege på, at bærende tværvægge vil blive det dominerende princip.

I dag udføres hovedparten af fleretages montage-boligbyggeri med vægge, støbt på stedet. Væggene er pudsfri, støbte mod formelementer af stål eller specielt behandlet krydsfinér.

Væggene vil dog antageligt fremover blive opbygget af *elementer*, og nogle byggerier med dette princip er under udførelse, se f. eks. fig. XXI.

Der rejser sig en række montage- og konstruktionsmæssige spørgsmål herved. Elementerne skal være hurtige at opstille; kranen må ikke skulle vente, mens elementet justeres; justeringen skal foregå „af sig selv“ eller må kunne foretages simpelt, således at elementerne står i samme plan og med en velafrettet overside. Dette kan volde vanskeligheder, og det må fremhæves, at benyttelsen af kiler i forbindelse med udlagte mørtelpølser er vanskelig. Bankes kilerne ind, kan man vanskeligt sikre sig kontakt med underlaget. Kilerne må derfor trækkes ud, eller man må benytte andre justeringsmetoder, hvorefter elementet sænkes ned mod fugemørtlen.

Hvis fugen er høj nok, kan man stoppe og banke mørtlen ensidigt ind mod modhold på den modsatte side – men det kræver omhyggelig kontrol.

En god løsning, der både giver montagemæssige fordele og sikrer kontakten, er det at opstille elementet på to justeringsbolte. Efter justeringen understoppes, og når mørtlen er afbundet kan en mindre drejning af justerboltene sænke elementet så meget, at der – trods svind i mørtlen – skabes effektiv kontakt.

De lodrette fuger rejser æstetiske problemer, da fugning i plan vanskeligt kan udføres tilfredsstillende. På fig. XXI er der benyttet tilbageliggende fuger pr. 60 cm (elementer med bredde 60 cm, eller 120, 180, 240 cm med skinfuger).

Endvidere må de lodrette fuger kunne overføre forskydende kræfter og være selvforskallende. Fig. XXI viser en løsning med fortanding og selvforskalling, der kun kræver en let efterfugning, forudsat at mørtlen har den rigtige konsistens. I almindelighed må gabet være mindre, hvis dette skal opnås, men med den stadigt forbedrede fremstillingsnøjagtighed skulle det også være muligt at nå til en sådan løsning uden at man behøver at frygte fejlphobning.

Ved døre kan der tænkes specialelementer eller særlige snedkerelementer fra gulv til loft.

Tilslutningen til loftet kan volde vanskeligheder, specielt ved ribbeplader, af æstetisk og montagemæssig art (afretning). Problemet kan tænkes løst ved, at etageelementernes lejeplade ligger lidt højere end elementets underside, således at fugen skjules, og efterfugning undgås.

Endvidere kan det volde vanskeligheder at få elementets to vægflader tilstrækkelig ens. Den side, der har været i kontakt med formen, er oftest mere glat end den glittede. Skal der males med en lidet „fyldig“ maling, er det svært at opnå samme stofkarakter. I Frankrig har man omgået problemet ved at påsprøjte væggene en farve, der danner er tyk, ret nubret hinde, som skjuler betonens mindre uregelmæssigheder.

Vindafstivningen på tværs af bygninger med bærende tværvægge giver i reglen ikke andre problemer end det ovenfor nævnte krav om, at fugerne fortandes til optagelse af forskydende kræfter. Derimod er vindafstivningen på langs ofte besværligere. De langsgående afstivningsvægge, f. eks. ved trappeskakter, er i reglen så korte, at der, udover forskydningsproblemet i fugerne, opstår problemet om optagelse af trækkræfter i væggenes lodrette kanter. På stedet støbte vægge kan forsynes med normal trækarmring, men vægelementer må udformes specielt, f. eks. ved udsparede, lodrette hulrum, der armeres og udstøbes, måske forspændes. Endvidere kan der være mulighed for at etablere vindkryds i stål.

De akustiske forhold synes at være gode ved pudsfri vægge.

Lydisolationskravene opfyldes let med de tunge betonvægge, og reflektionsværdien ændres så lidt af de hårde overflader, at en enkelt polstret stol ifølge svenske undersøgelser er af langt større betydning end tilstedeværelsen af puds.

Fugtforholdene har givet anledning til megen diskussion for og imod pudsfri vægge, idet man har fremført, at pudsede vægge har den fordel, at de ved at virke som fugtakkumulatorer kan udjævne klimaet. I opholdsrum og soveværelser er polstring, gardiner, tæpper og sengetøj oftest af afgørende betydning. Selv tapet er i reglen tilstrækkeligt. I køkkener og badeværelser er fugtigheden tit så stor, at man skulle frygte dråbedannelse på loft og vægge. Hvis man koger kraftigt i et køkken, eller i et badeværelse tager langvarigt varmt bad, især brusebad, vil det under alle omstændigheder være nødvendigt at lufte ud,

hvis enhver gene skal undgås, og dette gælder uden hensyn til, om væggene er af glat beton eller pudset tegl. I et badeværelse vil der på en glat betonvæg (som på en filsebeklædning) kunne kondensere vand, der løber ned ad væggen. Dette synes dog langt mere hygiejnisk, end hvis der i pudsen opsuges vand, der ofte danner skjolder – eller suges gennem murværket, hvis fuger ikke altid er helt udfyldte, som det kan ses i moderne,

muret byggeri, specielt ved badeværelser uden vindue. Derimod synes de moderne, tætneede vinduer, den høje brændselspris og den gode isolation at føre til, at man vænnet til et meget langsomme luftskifte end tidligere. Luftfugtigheden og dermed kondensfaren øges herved – og er der kuldebroer eller lignende partier med væsentligt lavere temperaturer end omgivelserne iøvrigt, er der en latent fare for fugtgener.

Facadeelementer

Denne gruppe indeholder en række forskelligartede elementer, hvis funktioner er mangeartede. Det væsentligste er dog, at de er bestanddele af den ydre skal, der adskiller husets indre fra omgivelserne. Udvalg 2 har behandlet emnet i almindelighed samt en række specialproblemer. Endvidere vises en række lette konstruktioner, der kan supplere de i denne beretnings tillæg viste facadeelementer og -fuger: Publikation nr. 8, Facadeelementers rationelle opbygning og virkemåde.

Nogle facader er kun bærende, som f. eks. søjler i altangange, andre, som f. eks. mange facadebjælker og -søjler har ingen eller kun sekundær bærende funktion og er benyttet fordi de, trods ekstraudgifterne, bidrager på afgørende vis til facadens æstetiske værdi. Gruppen omfatter også altanbrystninger o. lign., men de elementer, der har størst interesse, er dem, der danner ydervæggen – almindelig sprogbrug afgrænser ofte facadeelementerne til kun at omfatte denne gruppe, og i det følgende vil ordet facadeelementer betegne sådanne elementer.

Facadeelementerne deles naturligt i betonfacadeelementer, hvor det ydre, beskyttende lag er af beton, og lette facadeelementer udført over lette skeletkonstruktioner o. lign., uden beton, men med træ, eternit, metal, plastic el. lign. som udvendig beklædning.

De væsentligste problemer, der er specielle for facaderne er *fugeproblemerne*, der er nærmere behandlet i udvalg 4 og *fugttransportproblemerne*, der er behandlet i udvalg 2.

Fuger: Der kræves tæthed over for vind, lyd og regn og samtidig skal der være udluftnings- og dræningsmuligheder for isolationslaget. Bevægelser i bygningen som følge af svind, krybning, sætninger og temperaturbevægelser skal kunne optages, det vil i praksis sige i fugerne. Fugerne skal derfor udformes således, at disse bevægelser kan optages, uden at tætheds- eller styrkekrav

tilsidesættes. Når dertil kommer de mange andre krav til fuger, f. eks. æstetiske, fremstillings- og montage-mæssige, er det klart, at disse fuger såvelsom bygningens øvrige fuger indeholder en meget væsentlig del af de problemer, der opstår ved et montagebyggeri.

Problemerne er så omfattende, at der må henvises til udvalg 4's rapport, men som eksempel skal der her gives en kort oversigt over løsningerne på fig. VII i tillægget; i øvrigt henvises til dette tillægs billedtekster. De vandrette fuger er vandtætte mod slagregn og giver alligevel udluftning af isolationslaget på grund af den z-formede udformning, hvor isolationslaget er frit nedadtil, beskyttet af en nedragende flig af det ydre betonlag. Hvor facadeelementerne er i fuld etagehøjde føres elementets ydre betonskal foroven ind og op bag det ovenover liggende elements nedragende flig. Elementet er kun selvbærende, og kræfterne overføres ikke til etagepladerne, men gennem de lodrette fuger til facadesøjlerne, der kun bærer i en etage, og overfører kræfterne gennem en mindre knast (og kuldebro) til de bærende tværvægge. Facadesøjlerne er iøvrigt isolerede fra tværvæggene, således at isolationslaget er gennemgående bag den ydre, selvbærende betonskal. Temperaturbevægelserne vedrører kun den ydre skal, mens husets indre har næsten konstant temperatur året igennem.

De lodrette temperaturbevægelser optages i hver etage for sig; de vandrette bevægelser og elementets vægt optages derimod i de lodrette fuger. For at sikre, at de vandrette temperaturbevægelser optages i fugerne uden at mørtlen revner tilfældigt, forvitrer og falder ud, er dobbeltnotens understøbning, gennem hårnålebøjler, fast forbundet med facadeelementet, men ikke med søjlen. Notten på søjlen er strøget med 1 mm asfalt, således at en revne altid opstår her. Vægten overføres fra element til fugemørtel gennem bøjlerne og

fra fugemørtel til søjle gennem den anlægsflade, der opstår, hvor noten afsluttes et stykke fra søjlens nedre kant samt fra fugemørtel til overside etageplade.

Fugttransport: Problemerne har i hovedsagen to sider: Foranstaltninger mod kondensvandsdannelse (dette kræver bedre beregningsgrundlag) og bortledning af kondensvand – dette indebærer spørgsmålene om dræningens og ventilationens omfang, spørgsmål, der også kræver bedre beregningsgrundlag. Ventilation er til en vis grad nødvendig, men overdreven ventilation nedsætter isolationsevnen.

Ud fra det kendte grundlag kan man næppe sige andet, end at der efter beregningerne ofte vil være fare for kondensation i mange konstruktioner, men at det i praksis viser sig, at det går bedre end man skulle vente, måske fordi der sjældent er så høj fugtighed indendørs og så stationære tilstande med streng frost som forudsat, og fordi f. eks. betonen kan optræde som fugtakkumulator.

Det er vigtigt, at man ikke udvendigt har et damp tæt lag, således at den indvendige, fugtige, varme luft kan trænge helt frem til ydersiden af isolationen. Her er temperaturen så lav, at der sker kondensation og isdannelse.

Kuldebroproblemerne er ligeledes væsentlige, men om såvel fugtighedsvandringen som kuldebrospørgsmålet må der i øvrigt henvises til udvalgs 2's beretninger og kommende forsøgsrapporter.

Betonfacadeelementer.

Gruppen omfatter såvel bærende som ikke-bærende elementer, i størrelser fra små fliser til rumstore elementer, i nogle tilfælde omfattende både ydre og indre skal samt isolation, i andre tilfælde delt i et ydre lag og et indre lag, hvor det indre lag kan være et selvstændigt element eller en støbt væg. Fælles for alle elementer er sandwichkonstruktionen med ydre betonbeskyttelse.

1. *Sandwichelementer med letbetonisolation:* udvendigt beskyttelseslag af beton sammenstøbt med et isolationslag af letbeton.

Den indvendige beskyttelse kan da være et fin-kornet lag, „puds“, af letbeton (fig. III) eller cementpuds (fig. IV), eller den indvendige beskyttelse kan være uafhængig af elementet, enten ved at elementerne er fliser, der opsættes i vægformen og bagstøbes et bærende betonlag (fig. I) eller ved at der senere påføres beskyttelseslag i form af puds, Kåbetäck eller pladebeklædning på lister, f. eks. som vist på fig. II, der yderligere omfatter mineraluldsisolering.

2. *Sandwichelementer med isolation af løse klinker*, d.v.s. klinker sammenholdt af lidt cement, med beton både ud- og indvendigt, som vist på fig. V.

Elementer i gruppe 1 og 2 fremstilles ved udstøbning af facadebeton og isolationslag. Derefter følger en afretning, hvis bagsiden senere beklædes, ellers følger udlægning og glitning af pudslaget.

3. *Sandwichelementer med isolation af mineraluld* benyttes, når gode isolationsværdier skal opnås. Den indvendige beskyttelse kan tænkes i form af et selvstændigt element eller i form af pladebeklædning, men i reglen vil man benytte et cementpudslag eller beton sammenhængende med de øvrige dele af elementet. For at undgå at måtterne presses sammen er der benyttet en del metoder, hvoraf der skal vises to eksempler:

Fig. VII. Elementet fremstilles efter følgende skema:

- Udstøbning af facadebetonen; der sættes stritter til måtten.
- Måtterne presses ned over stritterne, der ombukkes på måttens overside. Denne er forsynet med bitumenpap, rør og kyllingenet.
- Under udstøbningen af det indvendige pudslag bæres bitumenpapir og net af elektriker-rør el. lign., der med kort afstand er stukket gennem isolationen fra forside til forside.
- Indvendigt pudslag udstøbes og glittes.
- Rørene fjernes før afformningen.

Fig. VIII. Fremstillingsskema:

- De udvendige ribbeplader støbes (enten med overform eller ved at præfabrikerede ribber lægges i den udstøbte ydre skal).
- Elementet dækkes af et bræddelag.
- Måtten lægges på bræddelaget.
- Den indvendige beton udstøbes. Måtten sammenpresses.
- Under afformningen fjernes brædderne, således at måtten kan udvide sig til normal tykkelse nedad. Ståltrådsbindere forbinder de forskellige lag.

Disse omstændelige fremgangsmåder kan undgås ved benyttelsen af isolationslag af f. eks. skumplastic eller mineralulds-måtter, der er afstivet ved plasticbehandling, men endnu er disse materialer oftest for dyre, og fremstillingen af facadeelementer med lave k-værdier og rimelige tykkelser forbundet med noget besvær. De i eks-

emplerne viste foranstaltninger er dog ikke særligt bekostelige.

4. *Sandwichelementer med isolationslag af løse klinker og mineraluld* opbygges som gruppe 2, men med en indskudt mineraluldsmatte mellem klinker og indvendigt pudslag. Matten sammenpresses noget under støbningen. Klinkerne virker som et effektivt dræningslag. Eksempel, se fig. VI.

5. *Sandwichelementer med isolationslag af træbeton.*

Til industribyggeri er der anvendt en del elementer med udvendig beton og indvendig træbeton, der blev svummet, hvidtet el. lign., se fig. X.

6. *Delte sandwichelementer.*

På fig. XI og XII er vist elementer af principielt samme opbygning som i fig. VIII med et drænet, ventileret hulrum mellem den ydre betonskal og isolationen. Elementerne er dog her delt i ydre og indre elementer, der monteres hver for sig.

Fugtforanstaltninger for sandwichelementer med udvendig betonbeskyttelse.

Evt. kondensvand kan ved disse konstruktioner undtagen den på fig. IX viste, ledes bort fra isolationslagets nedre del. Fig. I, II og VII viser isolationslaget udmundende nedad i åbne, vandrette fuger. Isolationslaget er opad beskyttet ved, at facadebetonen er ført ind i elementoversiden. Fig. III viser „drænrør“ bag facadebetonen, udmundende i halvåben vandret fuge. Fig. IV viser et dræn fra letbetonlaget. Fig. V viser et tilsvarende dræn, men samtidig med mulighed for nedsættelse af fugtfare ved ventilation.

Fig. VIII, XI og XII viser et luftmellemrum mellem facadebeton og isolationslag. Luftmellemrummet er drænet nedad, på fig. XII er der endvidere ventilationsåbninger. Dette luftmellemrum skaber større sikkerhed mod nedsættelse af isolationsevnen på grund af vandansamlinger, men kan muligvis bidrage til en så kraftig ventilation af isolationslaget, at isolationsevnen nedsættes af denne grund.

Specielle konstruktive hensyn.

Ofte ønsker de projekterende, at den glatte eller mønstrede side, der i formen naturligt vender nedad, i det færdige bygværk skal være overflade i facaden. I så fald bør man søge at undgå ribber på bagsiden. Brug af indvendige ribber på bagsi-

den af et element må nødvendigvis føre til en fordyrelse af formarbejdet og en bekostelig afbrydelse af støbearbejdet. Herved kommer man til at gøre brud på det princip, at et element bør formsættes og støbes i een fortløbende operation.

Man kan bedre tolerere ribber på bagsiden, hvis facadeelementerne skal udføres isolerende, og hvis man kan købe isoleringspladerne billigt fremstillet i mål til nedlægning som overform, således at særlige ribbeforme kan undgås; men man undgår ikke kostbare foranstaltninger til forhindring af kuldebroer ud for ribberne.

Kan man ikke undgå ribber, kan man klare sig relativt billigt ved at lade dem vende udad i den færdige facade og kan endda opnå en vis arkitektonisk virkning. I så fald kan ribberne udføres i bundformen.

Lette facadekonstruktioner.

Disse konstruktioner, der næppe vil være bærende, er oftest opbygget over et lægteskelet, udvendig beklædt med træ, eternit eller metalplader, isoleret med mineraluld, og indvendig beklædt med fiberplader, gipsplader eller lignende. Kondensfaren bliver ved disse konstruktioner særlig stor, da det udvendige lag oftest er det mest damptætte. Ventilation, dræn, hulrum bag facadebeklædningen og indlæggelse af damptætte lag på de rigtige steder bliver derfor væsentlige forholdsregler.

Et absolut dampstandsede lag kan ikke fremstilles, alene samlingerne er et svagt punkt, men i hvert fald bør man tilstræbe, at dampmodstanden er større indenfor end udenfor isolationslaget som omtalt pag. 24. Benyttes derfor f. eks. metalplader udvendigt, må der ventileres – dog ikke så meget, at isolationsværdien nedsættes ved „gennemblæsning“ – samtidig med at der indvendigt lægges et tæt lag. Det er muligt, at visse arter af skumplastic er så dampstandsede, at benyttelsen af sådan isolation i sig selv er nok. I hvert fald er dette materiale så lidet vandopsugende og så dampstandsede, at vandmængderne er helt ubetydelige, dog forudsat at materialet ikke vil vise sig i stand til at akkumulere vand gennem mange år.

Ofte har man opbygget en facade med udvendig træbeklædning og derefter tagpap, mineraluld og indvendig f. eks. gipsplader. Dette er absolut uheldigt. Indvendigt bør der lægges et damptæt lag, f. eks. metalfolie, og det udvendige paplag bør undgås. Paplaget har været indlagt som slagregnsbeskyttelse, men mange erfaringer, især fra norske træhuse, viser, at den bedste slagregnsbeskyttelse opnås ved en noget utæt træbeklædning.

Derved kan vindovertrykket udlignes, således at væden ikke presses gennem de sprækker, der altid – også ved den tættest mulige træbeklædning – findes.

Som eksempel på lette konstruktioner kan henvises til fig. IX, XIII og XIV samt til udvalg 2's beretning, publikation nr. 8.

Udviklingsmuligheder.

Skal man forsøge at overveje de fremtidige konstruktionsmetoder, må dette ske ud fra betragtninger over vægt, fugtighedsforanstaltninger, støbeteknik, holdbarhed m. v. med økonomien som den afgørende faktor.

Man kan f. eks. tænke sig brystningselementer i standardhøjde, over hvilke der anbringes standardvindueselementer og standardudfyldnings-elementer i træ eller beton. Vægthensyn må – i forbindelse med kravet om lave k-værdier – give konstruktioner med mineraluldsmåtter (med plasticafstivning) eller skumplastic et fortrin, idet de nu anvendte bløde måtter skaber for mange støbetekniske problemer. Det er ønskeligt, at den

selvbærende del af elementets beton lægges indvendigt, således at isolationslaget kan føres ubrudt forbi de bærende vægge. I så fald må den udvendige betonskal gøres så tynd som mulig. Temperaturspændinger og tykkelsen af det nødvendige jernnets dæklag sætter dog en grænse. Holdbarheden er her det endnu uafklarede problem, men det synes, som om 4 cm tykkelse er minimum af hensyn til temperatur og dæklag for armeringsnettet.

Det er imidlertid sandsynligt, at lette facadekonstruktioner i forbindelse med bærende tværvægge eller et skeletsystem vil blive en økonomisk løsning. Der rejser sig dog her problemet kondensfare, således som det er omtalt ovenfor med henvisning til udv. 2's undersøgelser, og spørgsmålet om brandfare.

Sådanne lette konstruktioner vil f. eks. kunne udføres med skelet af træ (eller metal), isoleret med måtter, evt. plasticisolation, og beklædt med plader, indvendigt f. eks. gipsplader og udvendigt f. eks. eternit, metal, træ el. lign. Arkitektoniske virkemidler kan tænkes ved emaillerede aluminiumsfolier, ved plasticplader i farver, profilering af pladerne o.s.v.

Elementstørrelse og standardiseringsspørgsmål

Elementstørrelsens udvikling til i dag.

Da montagebyggeriet begyndte, anvendte man små elementer, ikke meget større end „store mursten“, gasbetonsten o. lign. Som eksempel kan nævnes facadeelementerne fra Engstrands Allé, se tillægget fig. III. Udviklingen gik dog hurtigt mod væsentlig større elementer, og i dag er den almindelige størrelse vel fra 3 m² og op til rumstore elementer. Dette gælder boligbyggerier; for industribyggerier er elementerne nu ofte endog meget store (10–20 t). Her gør andre forhold sig gældende, og de følgende overvejelser begrænses til boligbyggeriet.

Når udviklingen fra små til store elementer skete så hurtigt, skyldes det, at man snart indså, at *det med de kendte produktionsmetoder oftest er fordelagtigt at benytte ret store elementer.*

Denne betragtning – vurderet på baggrund af de øjeblikkelige muligheder – er uden tvivl rigtig, men man kan, som det vil fremgå af det følgende,

opstille det spørgsmål, om det nødvendigvis altid vil vedblive at have gyldighed.

Spørgsmålene om elementernes størrelse og byggeriets standardiseringsmuligheder er så nært forbundne, at det er nødvendigt at behandle problemerne under eet. Det er ikke muligt at give udtømmende svar på de mange spørgsmål, der opstår i denne forbindelse, fordi der ikke er enighed om den fremtidige udviklings mål og muligheder. Til en vis grad vil udviklingen være styret af de politiske byggeforanstaltninger, af kapitalmulighederne og af nye materials fremkomst. I det følgende vil hovedtrækkene og de væsentligste argumenter blive opridset, mens det må overlades til fremtiden at drage de rette konklusioner. Det ville naturligvis have været bedre, om man allerede idag kunne overse konsekvenserne og blive enige om at samarbejde ud fra en bestemt linie, men foreløbig er man desværre henvist til at prøve sig frem.

Flexibilitet og elementstørrelse

Store elementer.

Store elementer, i betydningen rumstore elementer, vil – alene på grund af størrelsen – i almindelighed ikke være anvendelige til andet byggeri end det, de er projekteret til, og selv om størrelsen passede, ville det være usandsynligt, om indstøbte rør, kontakter og døre passede til mere end een planudformning. Store elementer vil derfor være knyttet *enten* til *typehuse*, der, med en bestemt hovedentreprenør som sælger, fuldt gennemarbejdede bringes på markedet som en „færdigvare“, som køberen – bygherren – kan købe eller vrage, *eller* til byggeri, der – projekteret med henblik på en bestemt opgave – tilpasses *bygherrenes* individuelle behov.

Typehustanken forudsætter en standardisering af planudformning m. m., og så længe der vil være efterspørgsel efter en bestemt hustype, vil der være mulighed for en kontinuerlig produktion af de til denne hørende elementer. Dersom man derudover

vil kunne udarbejde almindeligt accepterede planløsninger, vil der åbne sig mulighed for en produktion af universelt anvendelige rumstore elementer. Kan man derimod ikke tænke sig en sådan standardisering, vil anvendelsen af store elementer medføre, at hver elementtype kun kan anvendes et begrænset antal gange, med andre ord at store elementer vil være ensbetydende med små serier af hver elementtype.

Standardelementer.

Medens de store elementer enten må fremstilles med henblik på bestemte byggeopgaver eller forudsætter *standardiserede planudformninger*, som enten kan være udarbejdet af et bestemt firma, eller – til almindelig anvendelse – f. eks. af Statens Byggeforskningsinstitut – er grundidéen i *standardisering af elementerne*, at man derigennem tilvejebringer mulighed for universelt anvendelige elementer med deraf følgende mulighed for

store produktionstal for hver enkelt elementtype.

Universelt anvendelige elementer forudsætter en målkoordinering, f. eks. i form af en modulordning (se publ. nr. 3, Modulordningen, Teknisk Forlag) for alle byggerier. For små elementer som inventar o.s.v. måske en 10 cm modul, for bygningen som helhed en større planlægningsenhed, et planlægningsnet. Muligheden for en kombination med store elementer består derigennem, at f. eks. trapperum og badeværelser standardiseres, men i almindelighed vil delene være mindre end rumstore, f. eks. 120 cm \times spændvidden (subsidiært etagehøjden el. lign.).

Elementerne vil kunne anvendes både til murværks- og betonbyggerier, uafhængigt af metoderne. Ydre mål og samlinger måtte da standardise-

res. *Generelt gælder, at standarddelementer er mindre end rumstore og kan produceres i store serier.*

Som allerede nævnt og som det nedenfor mere detaljeret vil blive påvist, har de store elementer i øjeblikket økonomiske fordele i forhold til de mindre. Afgørende for udviklingen er derfor en principiel stillingtagen til ønskeligheden af typehuse og standardiserede planløsninger. Derefter melder spørgsmålet sig, *om universelt anvendelige standarddelementers store produktionstal kan medføre en sådan reduktion i prisen på nogle af produktionens led, at de kan opveje de fordele, der er ved de store elementer i andre produktionsled.*

I det følgende kapitel vil en række af de afgørende faktorer blive gennemgået.

Økonomi og elementstørrelse

I produktionen.

Normalt vil man søge at udnytte en form fuldt ud, d.v.s. til den er slidt op. Selve elementstørrelsen har ingen betydning for formens holdbarhed, men som økonomiproblemet er opstillet, er der en nær forbindelse mellem elementstørrelse og produktionstallet for hver type, og derigennem med *formudnyttelsen*. Betonforme holder normalt til 150 støbninger, d.v.s. til en produktion, der svarer til det, man idag anser for det optimale antal ens elementer. Stålforme holder væsentligt længere og er væsentligt dyrere, d.v.s. at formene må anvendes til et større antal elementer, eller materialerne må kunne genanvendes til mange forskellige forme, se bl. a. beskrivelsen af Camus' forme i tillæg C.

Formprisen giver dog i reglen et relativt beskedent bidrag til den samlede m²-pris med den idag anvendte teknik, og den egentlige eventuelle fordel ved et stort produktionstal er, at man muligvis derved kan nå et også for helheden gunstigt resultat ved en højere mekaniseringsgrad. Et stort produktionstal vil da tillade *afskrivning* af investeringer i maskiner. Naturligvis kan alle processer mekaniseres, og det vil også blive gjort, hvor det er økonomisk, uden hensyn til elementstørrelsen. Men det ligger nær at antage, at det er nemmere at mekanisere en proces med lutter ens standarddelementer end en proces, hvor elementernes mål varierer relativt ofte. Endvidere vil ensartetheden i standardproduktionen ikke give anledning til vanskeligheder i akkordfastsættelsen.

Omløbstiden, d.v.s. den tid der går mellem to

støbninger i samme form, er idag ret lang, ca. 1 døgn. Beton i sin nu kendte form kan ganske vist bringes til at afbinde hurtigere ved egentlig damphærdning (80°), men overfladens kvalitet bliver i reglen ringere. Beton er iøvrigt idag et middel i byggeriet, men det er ikke et mål, og nye materialer, evt. en væsentlig hurtigere bindende cement, kan tænkes at give en væsentlig kortere omløbstid. I så fald vil der også være relativt bedre mekaniseringsmuligheder, når processen ikke afbrydes af 1 døgn's uproduktiv „lagring“.

Spørgsmålet om en passende kort „omløbstid“, hvadenten der er tale om betonstøbning eller produktion af bygningsdele af andre materialer, er knyttet til markedets størrelse. Tænker man sig f. eks. en maskine, der producerer med så stor hastighed som 1 enhed hvert 4. minut, betyder dette, at man (med et årligt timetal på ca. 1700 effektive arbejdstimer) producerer ca. 25.000 enheder om året, d.v.s. 1 enhed pr. nyopført lejlighed.

Materialepriserne kan næppe tænkes at blive reducerede som følge af standardisering, men måske nok en smule som følge af højere mekaniseringsgrad.

Elementstørrelsen vil påvirke formafstivninger m. v., men bidragene herfra til den samlede elementpris er relativt små. Og med hensyn til nøjagtigheden viser udvalgt 4's opmålinger (publ. 6, Byggeriets Nøjagtighed), at elementstørrelse og målafvigelse er praktisk talt uafhængige af hinanden. Det er formsamlinger, stabilitet og kontrol, der er afgørende.

Støbepladsen udnyttes bedre ved store elemen-

ter, idet spildarealet uden om formene bliver relativt mindre. På den anden side kunne pladsen måske bedre planlægges og udnyttes til een kendt end til mange ukendte produktioner.

Sideformenes længde bliver relativt større for små elementer, men til gengæld kræver standard-elementerne kun een sideform een gang for alle.

Det *interne transportgrej* bliver dyrere, jo større elementerne er, men når arbejds lønnen medregnes, bliver de store elementer fordelagtigst, idet det er et større antal m^2 , der flyttes pr. kranoperation.

Det er ofte blevet fremhævet, at en jævn byggerytme er forudsætningen for byggeindustriens udvikling. Kun omfattende langtidsplaner kan muliggøre en standard-elementproduktion. Uden sådanne planer vil udgifterne til *mellemlager* blive for store. Selv med en omhyggelig planlægning vil standard-elementer give en længere mellem-lagertid. Til forskel fra andre industrier er byggeindustrien uvant med sådanne udgifter.

Under montagen.

Montagen omfatter vandret og lodret transport samt evt. en justering, udfugning eller anden fugelukning. For transporten gælder, at transportgrejets pris vokser med elementets størrelse, alt andet lige. Til *vandret transport* vil man for store elementer i reglen være nødt til at benytte svært grej, f. eks. tømmervogne, i stedet for almindelige lastbiler, men alligevel er de store elementer økonomiske, dels fordi drift og afskrivning vokser langsommere end kapaciteten, dels fordi chaufførlønnen er den samme. Endelig er benyttelsen af sættevogne meget fordelagtig, idet spildtiden da ikke også omfatter motorvogn og chauffør. Af- og pålæsning samt den øvrige lodrette transport udføres med kraner, hvis pris (for samme kran-type) i reglen er omtrent proportional med kapaciteten. Da arbejdsjakket, 3-5 mand, er det samme for de fleste elementstørrelser, og da anbringnings- og frigørelsestid i reglen også er den samme, er de store elementer fordelagtigst: Der monteres flest m^2 pr. kranoperation. Herimod taler, at hejsehastigheden for store elementer - svært grej - ofte er mindre. I øvrigt kan den enkelte kran hejsehastighed tit til en vis grad afpasses efter elementstørrelsen.

De følgende montageoperationer omfatter først elementets *endelige placering*, hvor det er nemmest at justere små elementer, men hvor man til gengæld hurtigst justerer et givet antal m^2 med store elementer. *Fugningen* er med de i dag kendte metoder i reglen relativt bekostelig, men der ar-

bejdes på at finde tørre, billige, hurtige fugningsmetoder. Store elementer giver færre m fuge pr. monteret m^2 end små elementer, og er som følge heraf i reglen fordelagtige. Men jo større elementet er, des større er de påvirkninger og bevægelser, fugen skal optage. Pr. m kan fugen mellem store elementer derfor godt være en del dyrere end fugen mellem små elementer.

For helheden.

Store elementer giver to fordele for helheden: *Montagehastigheden*, f. eks. målt i monteret m^2 /dag, er større, d.v.s. at byggetiden bliver kortere og byggerenterne mindre. *Installationer* kan nemmere påhæftes, indbygges eller indgå i store elementer, der opstår færre samlingsproblemer, og koordineringen mellem alle fag lettes.

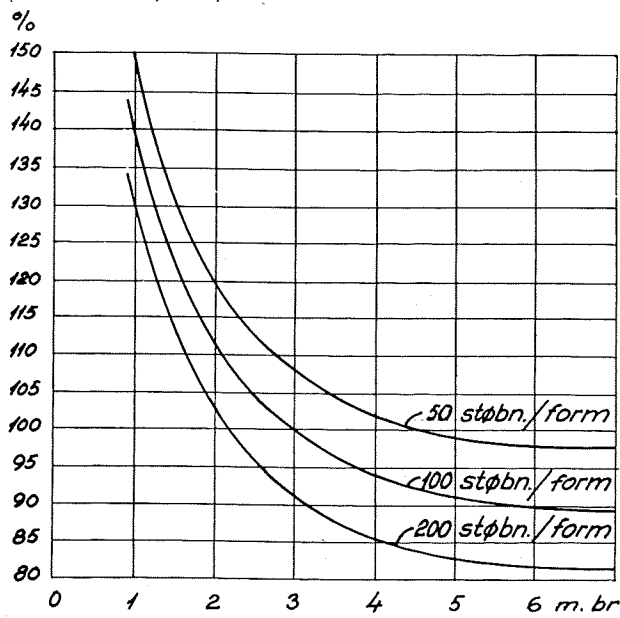
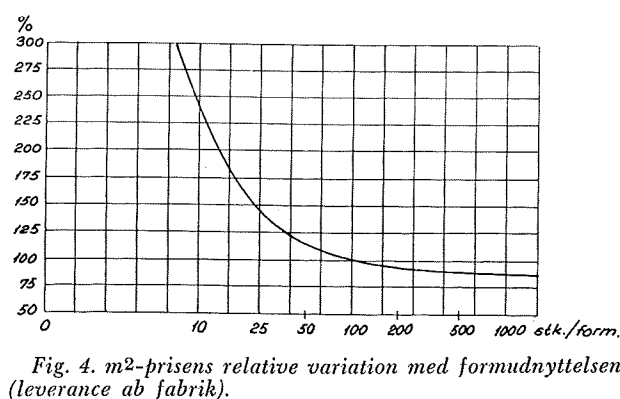
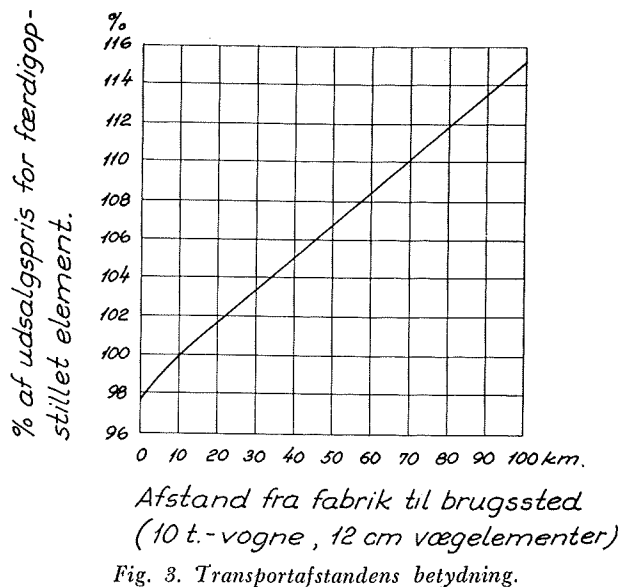
Det er muligt, at man i visse tilfælde slipper nemmere med små elementer, f. eks. kan anvendelsen af lettere grej give økonomiske fordele, særligt på mindre byggepladser, især hvis en ideel tids- og montageplan ikke kan gennemføres. På den anden side kan det være fordelagtigt at benytte noget sværere grej end nødvendigt af hensyn til løfteevnen, da dette kan placeres friere på den givne plads. Mobilkraner er f. eks. væsentlig dyrere end tårn- eller portalkraner, men kan til gengæld lettere sno sig, og de kan hurtigt flyttes, således at spildtid lettere undgås.

Endelig må man ikke glemme, at i fabrikken og især på byggepladsen, betyder *tilvænningen* meget. Arbejdstempoet er ofte 50 % højere ved afslutningen af et arbejde end ved arbejdets påbegyndelse. Dette taler til fordel for standardisering.

Relative priskurver idag.

Bedømmer vi forholdene ud fra den i øjeblikket anvendte produktionsmetode, er der næppe megen tvivl om udviklingen på kortere sigt. Fig. 3 viser, at transportafstandens indflydelse på priserne ikke er væsentlig, således at stationære, rationelle elementfabrikker kan konkurrere inden for et større område. Fig. 4, der ligesom fig. 3 og fig. 5 er udarbejdet af en københavnsk elementfabrik og entreprenørfirma, viser, at blot man når 150 ganges anvendelse af en form, har man i praksis nået prisoptimum. Den rationelle fabrik kan altså *idag* ikke opnå meget på basis af en standardisering, selv om denne gav f. eks. en ordre på 9.000 elementer. Prisen ville blive næsten som for 60×150 elementer.

Hertil kommer det på fig. 5 viste forhold:



Med de gældende prisforhold er de store elementer fordelagtigst. Man kan f. eks. for 200 støbninger pr. form (maksimalt i betonforme) spare ca. 20 % ved at benytte 2,4 m brede elementer i stedet for 1,2 m brede. Er ordren begrænset, f. eks.

til levering af 240 løbende m væg, giver 2,4 m brede elementer 100 støbninger pr. form, 1,2 m brede elementer 200 støbninger pr. form, og besparelsen er ca. 15 % ved at anvende store elementer.

Standardelementers marked.

For inventar, installationsdele o.s.v. forekommer en standardisering gavnlige og naturlig. Det kan næppe have noget formål for landet som helhed at arbejde med mere end nogle få typer af hvert element. Den faste etagehøjde giver mulighed for standardisering af mange bygningsdele, først og fremmest de fleste installationer, dernæst brystnings-, vindues- og dørhøjder, lette skillevægge og trapper, og i forbindelse med modulordninger vil brystninger, vinduer og døre kunne standardiseres fuldstændigt. For tiden arbejdes der med en standardisering af trapper til boligbyggeri.

Af råhusets elementer synes etagepladerne at være det mest iøjnefaldende standardiseringsobjekt. Der synes ikke at være noget til hinder for at fremstille standardetageadskillelser, der kan anvendes både i beton- og murværksbyggeri, forudsat at der er økonomisk basis herfor, hvilket vil sige, at der skabes sikkerhed for, at de fremstillede plader kan finde anvendelse. Det må være naturligt for boligministeriet at medvirke hertil ved et krav om, at der ved udformningen af planerne skabes mulighed for anvendelse af standardiserede etageplader.

For at få et skøn over det mulige produktionstal kan følgende betragtning opstilles:

Afstanden mellem bærende vægge fastlægges efter en planlægningsmodul til 5-6 standardstørrelser, f. eks. 300, 360, 420, 480, 540 og måske 600 cm, (der ligger i det idag oftest anvendte område). Pladebredden er f. eks. 120 cm. Endvidere må der benyttes nogle udligningsplader og plader over trapperum etc. Pladerne får sandsynligvis plan over- og underside, er nøjagtige, og vægten er reduceret ved udsparinger. Materialet er sandsynligvis beton.

For København og omegn skønnes, at der bygges ca. 10.000 lejligheder à 80 m² pr. år, d.v.s. 800.000 etage-m² pr. år.

En del af byggeriet vil blive opført uden standardelementer; en del af byggeriet (også 1-planshuse) vil benytte pladerne også over kælder eller i tagkonstruktionen; en del af pladerne er ikke standardelementer, f. eks. altaner, trappeovenlysplader, udligningsplader o.s.v.

Med disse tillæg og fradrag kan man måske

skønne, at produktionen omfatter ca. 500.000 m² standardetageadskillelser af elementer à 4-5 m² fordelt på 2 fabrikker. Dette giver for hver fabrik 50-60.000 elementer fordelt på 5-6 typer (spændvidder). Muligt kunne disse produceres i samme form (maskine), muligt måtte de produceres som 5-6 × 10.000 elementer pr. år.

Om disse tal så giver basis for en produktionsomlægning og prisreduktion, må det overlades til producenterne at bedømme, bl. a. på basis af det, der er omtalt tidligere i dette kapitel. - Iøvrigt kunne en målkoordinering måske føre til et „kompromis“, idet der benyttedes store elementer, produceret i forme opbygget af standardformdele - eller samling før montagen af præfabrikerede standarddele.

På grundlag af, hvad der er oplyst i det foregående, kunne det synes, at man bør tilstræbe en udvikling henimod „store elementer“. Denne konklusion er - såvidt det med vor øjeblikkelige viden er muligt at se - sikkert rigtig, dersom man vil gå den vej, der kort kan beskrives som standar-

disering af helheden, altså af lejlighedsplaner. Vil man ikke gå den vej, er det derimod ikke sikkert, at konklusionen er holdbar. Dette er naturligvis et postulat, som står for forfatterens regning, men et postulat, som er grundet på en analogislutning fra den „egentlige“ industris forhold. Hvor forudsætningerne for industriel produktion har været tilstede eller af udviklingen er blevet tilvejebragt, er de industrielle produktionsmetoder langsomt blevet udviklet. Dersom man - hvad der med de i dag kendte metoder og materialer kunne synes naturligt - slår sig til tåls med, at 150 ens elementer er et optimum for produktionen, vil man dermed låse udviklingen fast på et punkt, hvor 150 ens elementer er optimum. Det fortsatte arbejde må være præget af to hovedsynspunkter: den øjeblikkelige økonomi og muligheden for udvikling i fremtiden. Disse to synspunkter lader sig meget vel forene, dersom man i den aktuelle opgave, hvad enten man foretrækker „store“ eller „små“ elementer, tager sit udgangspunkt i en almindelig accepteret målkoordinering.

Begrænsninger under projekteringen

Montagebyggeriet medfører visse bånd for byggeriets udformning. Som i alt andet byggeri er unødvendige spring, bånd og udsmykninger ofte fordyrende, men i visse tilfælde træder begrænsningerne stærkere frem i montagebyggeriet: Finesser opbygges lettere med mursten end med store elementer. Til gengæld kan profilerede overflader, faste bånd og andre facadevirkemidler, der let kan udføres ved en mindre eengangsgift til forme, i reglen udføres væsentligt billigere end ved traditionelt byggeri, ligesom f. eks. farver lettere kan benyttes.

Karnapper, skæve hjørner, uregelmæssige altaner, spring i facadelinien, etageplanerne eller vægplaceringen og uregelmæssige planløsninger er udpræget fordyrende, fordi de medfører en række specialelementer, der dels betyder ekstra montageudgifter, dels betyder dyrere elementer, da specialelementernes antal i reglen er for lille, til at formene kan udnyttes. Jo mindre byggeriets samlede omfang er, desto mere udtalte bliver kravene om ensartethed. Det bør tilstræbes, at elementernes vægte og placering er afpasset efter krankapaciteten, at bebyggelsesplanen muliggør grejets effektive udnyttelse og at elementerne er fordelt på et begrænset antal forme, således at der opnås en jævn produktionsrytme.

Planløsningerne vil derfor for de bærende vægge

være mere bundne end hidtil, hvorimod de lette vægge kan placeres ret frit. Det bør f. eks. tilstræbes, at der kun er et begrænset antal spændvidder (og bredder) på etagepladerne, f. eks. ved at alle vægge placeres over et stormasket planlægningsnet. Moduludvalget har foreslået en vandret planlægningsmodul på 30 cm, men netmaskerne bør dog helst være 60 cm for at typeantallet kan blive tilstrækkeligt reduceret. På denne basis vil der også være muligheder for, at f. eks. etageadskillelser kan fremstilles fælles for flere, mindre byggerier, der ikke hver for sig kan bære udgifterne til forme o.s.v. til præfabrikerede elementer. At man dermed samtidig skaber basis for en udvikling på langt sigt er allerede omtalt.

At de nævnte krav skulle føre til dårligere planløsninger eller uniformeret byggeri, synes de allerede opførte montagebyggerier at modbevise. Arkitekten har jo for såvidt blot fået føjet endnu en begrænsning i den frie udformning til de utallige, der altid har eksisteret, og de nye facadeudformningsmuligheder i beton eller andre materialer åbner helt nye muligheder.

At begrænsningerne så har givet anledning til et mere intensivt studium af de væsentlige forudsætninger for en god planudformning nævnes kun for fuldstændighedens skyld.

Elementfabrikken

Planlægning

Feltfabrik contra stationær fabrik.

Elementernes tildannelse kan, som allerede nævnt, foregå enten på en stationær fabrik eller på en fabrik, som opføres med henblik på den enkelte byggeopgave og anlægges på arbejdspladsen eller i dennes umiddelbare nærhed, — en såkaldt „feltfabrik“. Om entreprenøren lader elementerne udføre på en stationær fabrik eller foretrækker en feltfabrik, er selvfølgelig først og fremmest afhængigt af, hvad han anser for billigst. Han står overfor at skulle foretage et valg imellem følgende udslagsgivende faktorer:

Ved kalkulationen af *anlægsudgifterne* til en feltfabrik må denne bekostning ses i relation til den samlede elementleverance, d.v.s. man anlægger normalt ikke en feltfabrik for at støbe elementer til et relativt lille byggeforetagende. For at give et begreb om størrelsesforholdene skal nævnes, at en fabrik, hvorpå der udførtes etageadskillelser, facader, badeværelsevægge, søjler, bjælker og gavle som elementer til et boligareal på ca. 50.000 m², kostede ca. kr. 250.000 at indrette. Selv om maskinel og sporanlæg kunne afskrives på sædvanlig måde, måtte hele fabrikkens indretning dog afskrives på dette enkelte byggeforetagende. Denne sag må overvejes i forhold til de faste afskrivningsudgifter, der belaster produktionen i permanente fabrikker. Der synes her at være en vis grænse for rentabiliteten af en feltfabrik, og denne grænse er i nogen grad afhængig af produktionens art og formål.

Dette kan løseligt vurderes således: En feltfabrik kræver mindre anlægskapital end en stationær fabrik, således at feltfabrikken på dette punkt er gunstigere stillet. Til gengæld bliver den del af udgifterne, der er mere eller mindre proportional med elementantallet, mindre pr. element på den stationære fabrik, d.v.s. at alt andet lige vil f. eks. ydelsen pr. mandtime være større på den stationære fabrik. Groft fremstillet fremgår

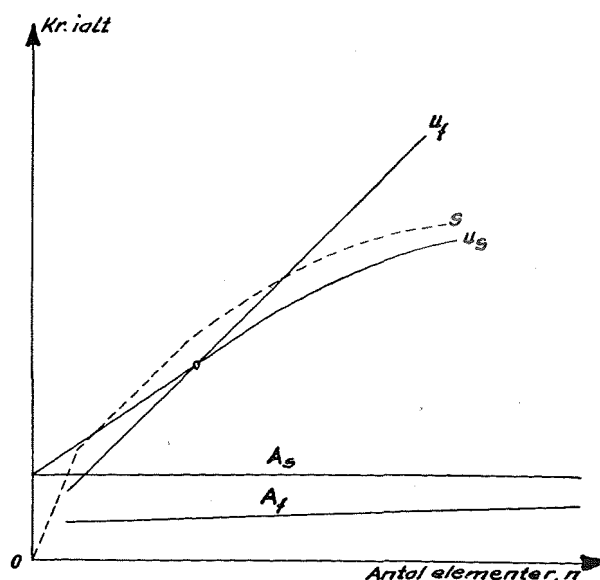


Fig. 6. Anlægsudgifter (A) og samlede udgifter (u) ved feltfabrik (f) og stationær fabrik (s) som funktion af elementantallet (n). S er den antagelige salgspris.

dette af kurverne, fig. 6, hvor A_f hhv. A_s er feltfabrikkens hhv. den stationære fabriks faste anlægsudgift, mens kurverne u_s hhv. u_f angiver de tilsvarende samlede udgifter som funktion af den samlede produktion. Den punkterede kurve S angiver udsalgsprisen, hvoraf det fremgår, at prisen pr. element aftager med voksende n, og at den stationære fabrik først får konkurrencemuligheder, når den har fået en vis størrelse. Man må dog ikke heraf forledes til at tro, at en stationær fabrik af en vis størrelse altid vil være konkurrencedygtig ved levering af mindre elementpartier, der blot er en brøkdel af fabrikkens samlede produktion. Og når det i dag synes som om elementstykprisen er nogenlunde uafhængig af, om ordren til en stationær fabrik er lille eller om den udgør en væsentlig del af den samlede produktion, er dette måske udtryk for, at man forsøger at opmuntre interessen for elementbyggeriet ved også at lade beskedne elementbyggerier få en chance i konkurrencen med det traditionelle byggeri. An-

tagelig ligger der også en vis – traditionsmæssigt begrundet – fejlbedømmelse af generalomkostningerne bag denne prispolitik.

Små elementordrer vil altid være dømt til at blive uøkonomiske. Forsøges de alligevel gennemført, må det bero på et tilfælde, om den ene eller anden produktionsform bliver billigst. Den stationære fabriks engangsudgifter er i reglen for store set i forhold til elementantallet, men hvis ordren kan indpasses i et „hul“ i produktionsapparatet, kan fabrikkens lavere løbende omkostninger få en afgørende betydning.

Store elementordrer bør være målet ved byggeriet, og efterhånden som de stationære fabrikker udvikler teknikken, vil de antageligt udkonkurrere feltfabrikkerne.

Et almindeligt argument til fordel for feltfabrikkerne er, at disse har bedre pladsforhold. Dette gælder dog ikke på alle byggepladser, men selv om der virkelig er store udenomsarealer, er disse reelt ikke af større betydning, da man vanskeligt har råd til at dække arealet med et effektivt transportsystem.

Om *kvaliteten* skal bemærkes: Ved overvejelser vedrørende feltfabrik kontra stationær fabrik vil spørgsmålet om produktionens art og formål også spille ind, idet produktionen fra en feltfabrik i almindelighed næppe vil få samme „finish“, som produktionen fra en stationær fabrik, der besidder arbejds traditioner og råder over oplært mandskab. Såfremt elementerne er tegnet stærkt varierede, taler dog dette sidste forhold i nogen grad for en feltfabrik, thi i så fald opnår man ikke helt at udnytte den stationære fabriks hjælpemidler, man tvinger også den til at ekstemperere. Hele dette spørgsmål hænger vel sammen med elementernes størrelse og formgivning, der er omtalt ovenfor.

Med hensyn til *transporten* til byggeplads vil man vel umiddelbart mene, at feltfabrikken besidder en fordel; men denne fordel er dog ikke så stor, som mange synes at antage. Eksempelvis skal nævnes, at transport af elementer fra stationær fabrik i København til Københavns omegn eller fra Odense til et vilkårligt sted på Fyn, ligger indenfor 10 kr./t. Selve montagen er i virkeligheden af samme størrelsesorden, da det i høj grad er læsnings- og aflæsningsstiden, der er bestemmende for transportomkostningen. Differencen i kørselsudgifterne er så lille, at den oftest kun andrager 1–2 % af elementprisen.

For 12 cm beton-vægelementer transporteret på 10 t-vogne fås den på fig. 3 viste kurve over transportafstandens betydning for „udsalgsprisen“ for det færdigopstillede element som funktion af

transportafstanden. Kurvens forløb er naturligvis afhængig af mange forhold, men den på figuren viste er udarbejdet af et københavnsk entreprenørfirma på grundlag af dettes almindelige erfaringer (pag. 29–30).

Fabrikkens interne transportmetoder.

Transportmetoderne deler elementformene i to typer: Stationære forme og flyttelige forme.

Ved de *stationære forme* foregår en kædeoperation, hvor rækker af faststående forme udnyttes. Metoden kræver plads og stadig transport af jern og beton. Da formene ikke skal flyttes, spiller vægten ingen rolle, og de udføres som oftest som stærkt afstivede, tunge forme, f. eks. betonforme. Metoden er f. eks. anvendt på en interimistisk fabrik, hvor man rådede over tre rækker betonforme, der blev udnyttet i en 3-dages cyklus. Hele arealet kunne dækkes af en løbekatkrant på højtliggende skinner.

Også i de stationære fabrikker synes de stationære forme af beton at blive mere og mere anvendt. Dette skyldes, at formene er stabile, d.v.s. nøjagtige, og at en omkostningsanalyse viser, at pladslejen langt opvejes af besparelserne ved den simple transport af materialer og færdige elementer i modsætning til den nedenfor omtalte transport af form + element.

Ved de *flyttelige forme* antager produktionen karakter af en samlebåndsoperation. Metoden stiller store krav til formene og til selve samlebåndet, hvis et sådant benyttes, og er såvidt vides endnu kun benyttet her i landet til mindre og middelstore elementer. En afart af samlebåndsproduktionen har man i „*punktproduktionen*“, hvor formen under ilægning af armering, klodser o.s.v., udstøbes og vibrering befinder sig på et fast sted, hvortil rensede forme, armering og beton ad forskellige transportveje kommer frem i afpasset takt. Efter vibrering køres eller løftes formen til en fast hærdeplads, evt. et dampkammer, hvor afbindingen finder sted for en del elementer ad gangen. Metoden sparer plads, men stiller store krav til hærdepladsens udformning (nivellerede blokvognsspor el. lign.), for at elementerne ikke skal blive vindskæve.

Sammenhængen mellem leveringstider, formudnyttelse og økonomi i elementproduktionen.

I tillæg A er givet en matematisk præget behandling af dette problem, hvori det påvises, at hele problemkomplekset om fastsættelse af formantal,

omløbstid for formen, formens udnyttelsestal o.s.v. er tilgængeligt ud fra beregningsmæssige synspunkter, når der ønskes et økonomisk og/eller hurtigt resultat. Forudsætningen er, at elementordrens størrelse og leveringsprogrammet er klarlagt, og at produktionen iøvrigt passer ind i vedkommende fabriks program. I det følgende skal hovedtrækkene gennemgås i oversigt uden anvendelse af formler i større omfang.

Det er allerede tidligere omtalt, at forudsætningen for montagebyggeriets økonomi er, at der er projekteret et stort antal ens elementer, således at de relativt dyre forme og produktionsanlæg kan udnyttes. Men antallet alene er ikke afgørende, afgørende er også, at fabrikken virkelig kan opstille et produktionsprogram, der muliggør gentagelse af den samme operation i den samme form et stort antal gange.

Forudsætningen for økonomien må derfor også omfatte leveringstiden, d.v.s. at der kan fastlægges et leveringsprogram, der giver fabrikken den fornødne tid. På den anden side er der heller ikke grund til at sætte en for rigelig leveringstid (noget, der til dato endnu ikke er sket), da produktionsøkonomien ikke bedres herved, mens byggerenterne bliver større.

Lad os forenkke problemet og eksempelvis forudsætte en elementordre på n stk. ens elementer – problemet er da, hvilken indflydelse leveringstiden får på økonomien. For det første er der en vis tidsfrist, der i hvert fald må gives elementfabrikken, hvis ordren overhovedet skal kunne ud-

føres. Denne frist omfatter 1) *planlægningstiden*, d.v.s. den tid, der går fra ordredato til formproduktionen begynder. Herunder må der også medregnes et vist tillæg for a) *indkøringstiden*, fordi en produktion altid går langsommere, indtil arbejdet er blevet rutine, samt tillæg for b) *driftsforstyrrelser, ferier o. l.* under produktionen. Disse tider kan derfor regnes som „startudgifter“ på tidsregnskabet og kan tænkes også at omfatte ventetid, til fabrikken er klar til den nye produktion.

Når planlægningstiden er overstået, begynder formproduktionen. Benyttes f. eks. stålforme, bliver denne tid afhængig af smedeværkstedernes leveringstider, og en del af denne tid kan overføres til planlægningstiden. Producers alle forme på een gang, er 2) *formproduktionstiden* en konstant, men hvis formene produceres efterhånden, bliver formproduktionstiden variabel, afhængig af formantal, produktionsmåde o.s.v. Benyttes f. eks. betonforme, se fig. 7, omfatter formproduktionstiden a) *matricefremstillingstiden*, d.v.s. den tid, der går til at producere en model i gips, træ eller et andet letbearbejdeligt materiale samt til at støbe og afhærde matricen, endvidere b) *selve formproduktionstiden*, d.v.s. den tid, der går med at støbe forme i matricen, altså $f \times b$ dage, produktet af antallet af forme, f , og omløbstiden for matricen, b (tiden mellem to afformninger i matricen), samt c) *formhærdningstiden*, da formene må lagres et vist stykke tid efter afformningen, førend de kan tages i brug.

Formproduktionen kan foregå på principielt forskellige måder. Ses bort fra løbende formproduktion til løbende elementproduktion er der to hovedmetoder:

A. *Alle forme produceres på een gang*, således som det ses på fig. 9. Dette er det almindelige tilfælde med stålforme, og den under iøvrigt lige forhold hurtigste elementproduktionsmetode.

B. *Formene produceres successivt*, således som det er almindeligt for betonforme, se fig. 7, hvor alle forme produceres over samme matrice. Ønskes mange forme, kan der benyttes flere matricer, således som det er vist på fig. 8. Det er fristende, når formene produceres efter hinanden, at tage formene i brug efterhånden, som de er færdige, som vist i princippet på fig. 10. Dette ville give en del administrativt og praktisk besvær på fabrikken, og det synes bedre at vente med at starte produktionen, til et vist antal forme er færdige, d.v.s. at opdele formleverancerne i et mindre antal *delleleverancer*, omfattende et passende stort antal forme, således som vist på fig. 11. Beregninger viser dog, at den tid, der spares selv ved en sådan fremgangsmåde, er så ringe, at det næppe er

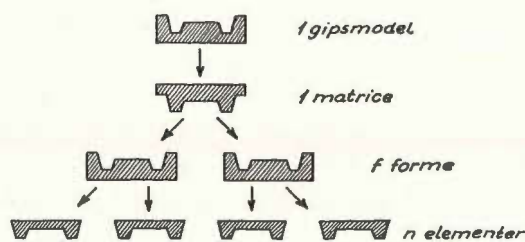


Fig. 7. Elementproduktion i betonforme. 1 matrice, få elementer. Relativ lang leveringstid.

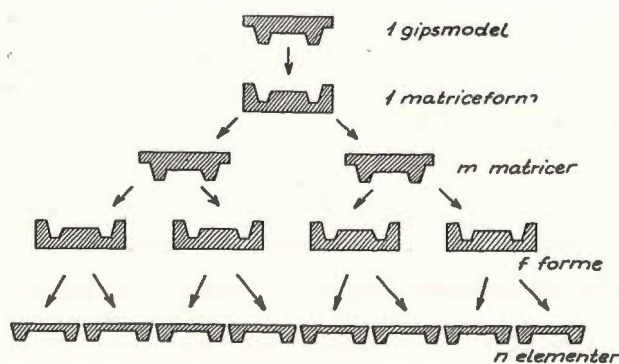


Fig. 8. Elementproduktion i betonforme. Flere (m) matricer. Mange elementer. Relativ kort leveringstid.

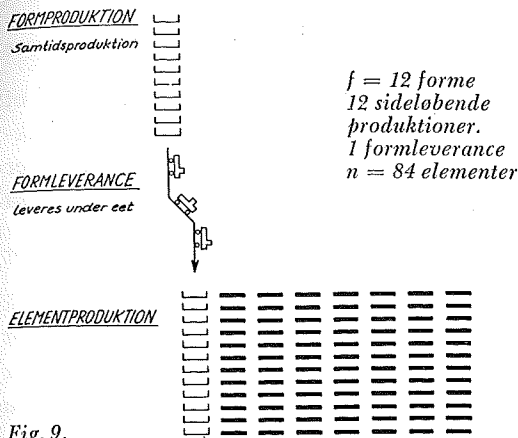


Fig. 9.

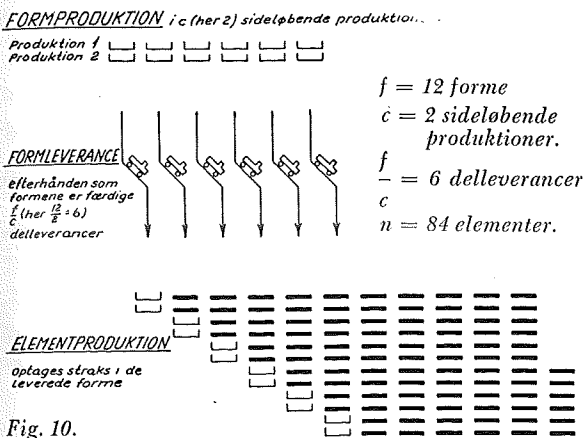


Fig. 10.

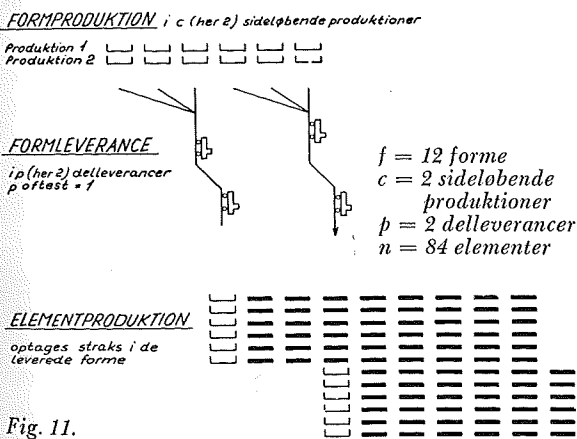


Fig. 11.

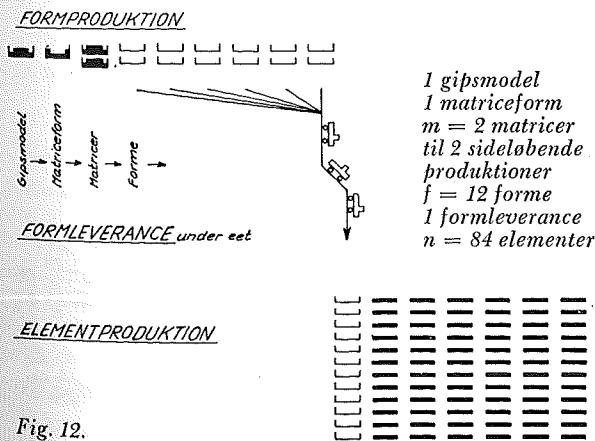


Fig. 12.

rimeligt at benytte denne metode, hvis leveringstiden ikke er meget kort. Det almindeligste vil være, at man venter, til alle forme er færdige, således som fig. 12 viser.

De to formproduktionsmetoder er derfor normalt: A. Formproduktion på een gang, fig. 9, og B. Formene produceres successivt, fig. 12, og tages i brug, når alle forme er færdige.

Efter formproduktionen følger elementproduktionen. *Elementproduktionstiden* omfatter a) et variabelt tidsrum og b) elementernes hærde tid, d.v.s. tiden fra elementerne afformes til leveringen kan ske. Det variable tidsrum afhænger af elementernes antal, n , formenes antal, f , og formenes omløbstid (tiden mellem to afformninger i samme form) a .

Omløbstiden, a , afhænger af cementens art, eventuelle opvarmingsmetoder og elementets udformning, armering o.s.v. Normalt er tiden 1 dag, men dampopvarmning kan nedsætte tiden til 3-4 timer, medens den på feltfabrikker uden overdækning og varme kan andrage op til 3 dage. Jo flere forme, der benyttes, des færre støbninger skal der udføres i hver form, og jo kortere bliver elementproduktionens variable del. Forholdet mellem elementantallet og formantallet, $\frac{n}{f}$, angiver

det antal gange, en form benyttes = u . Produktet af u , formenes benyttelsestal og omløbstiden, a , er den variable produktionstid $u \cdot a = \frac{n \cdot a}{f}$.

Er leveringstiden kort, må man altså enten have kort omløbstid, a , eller man må nøjes med få støbninger i hver form. Men få støbninger i hver form (lille benyttelsestal u) er ensbetydende med mange forme. *En kort leveringstid kræver altså kort omløbstid eller mange forme, og begge dele er kostbart.*

Selv om det er dyrt, kan det være ønskeligt, i specielle tilfælde, at sætte en kort leveringstid, men man må gøre sig klart, at der er en minimumsleveringstid. Planlægningstiden kan dårligt nedskæres, og produktionstiden for stålforme (eller for betonforme incl. matrixefremstillingstid og formhærde tid) samt elementernes hærde tid kan kun under yderligere økonomiske ofre presses endnu lidt. Det samme gælder formenes omløbstid.

Beregninger viser endvidere, at *det er meget uøkonomisk at sætte en leveringstid, der kun er lidt større end minimumsleveringstiden.* Jo længere leveringstid, der sættes, jo bedre bliver økonomien, indtil en vis grænse. Sættes leveringstiden nemlig så lang, at formene teoretisk kan nå at blive udnyttet flere gange, end de i praksis holder til, er der ikke opnået noget. Det billigste

er at sætte en leveringstid, der netop tillader formene at blive slidt op, men i praksis spiller det ingen større rolle, om leveringstiden er noget kortere, blot man ikke er i nærheden af minimumsleveringstiden.

Fig. 13 viser dette forhold for *stålforme*. Som abscisse er afsat leveringstiden L og som ordinat $\frac{f}{n}$, d.v.s. en størrelse, der er udtryk for formudgif-

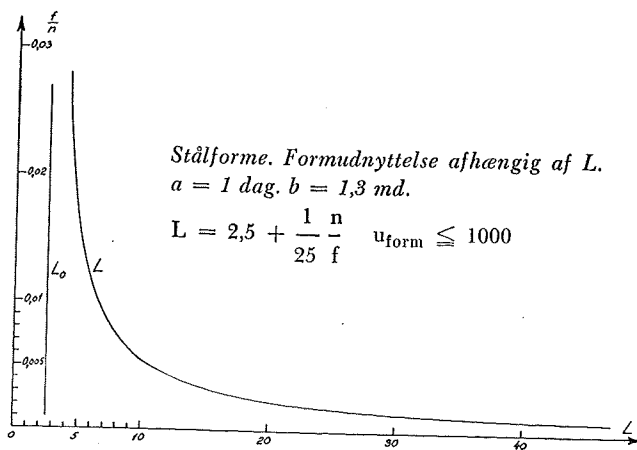


Fig. 13.

terne pr. element, idet f er antallet af forme, n antallet af elementer. L , leveringstiden, er afsat i måneder, men abscissen kunne forsvåvidt lige så

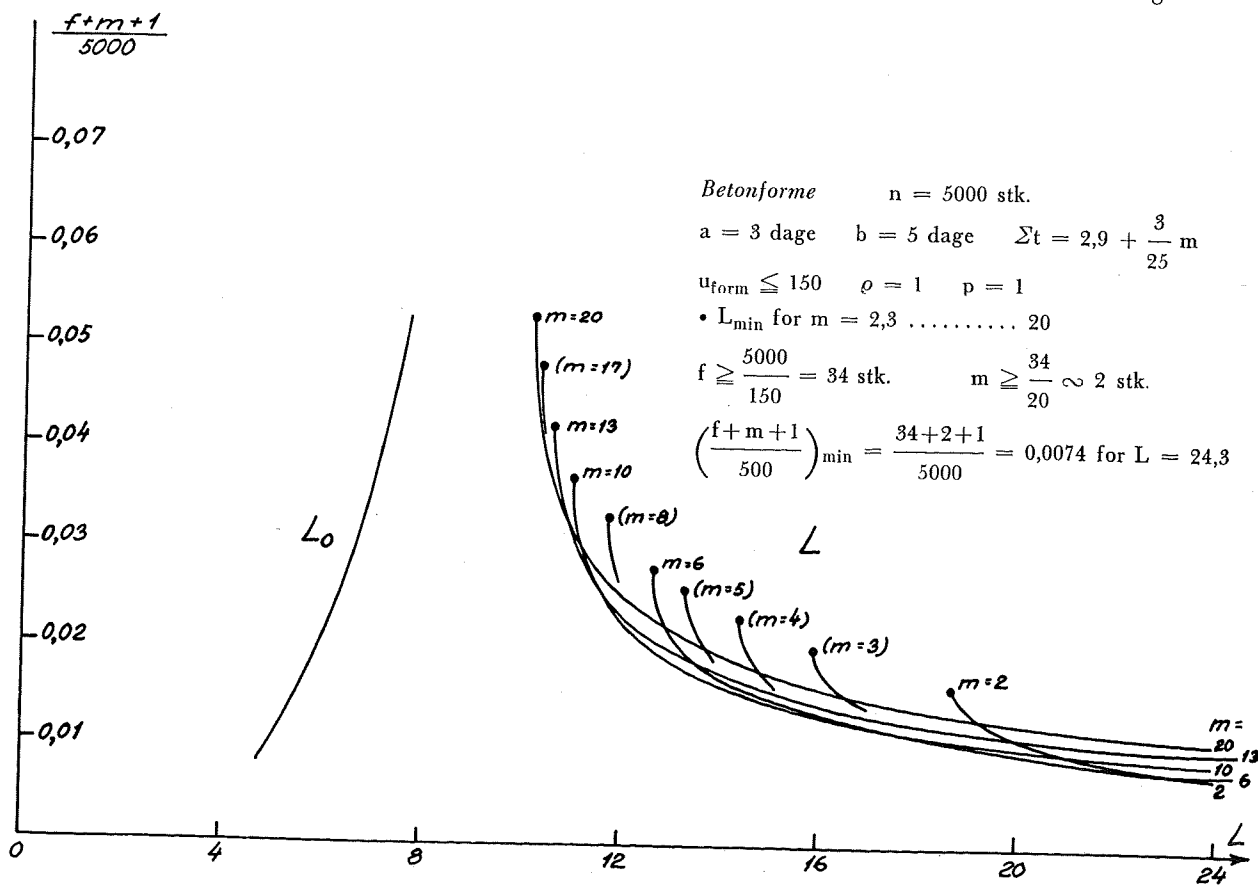


Fig. 14.

godt udtrykkes ved $u = \frac{n}{f}$ = det antal gange, hver form benyttes, idet leveringstiden L består af et konstant bidrag fra planlægningstid, formproduktionstid og hærdetid samt et variabelt bidrag, der er lig selve støbeprocessens tidsforbrug, altså

$a \times \frac{n}{f}$ = omløbstiden gange antallet af anvend-

elser af hver form. Kurven er altså en hyperbel. L_0 angiver leveringstiden for det første element og er lig det konstante bidrag + støbetiden for et element (= omløbstiden). Med de på figuren og i den matematiske behandling angivne forudsætninger fås, at $L_0 = 2\frac{1}{2}$ måned, d.v.s. at planlægningstid, formproduktionstid og hærdetid efter afformningen tilsammen optager $2\frac{1}{2}$ måned. Sættes L kun lidt større end L_0 , må der være mange forme, og økonomien bliver meget dårlig ($\frac{f}{n}$ bliver stor). Når L vokser, bliver økonomien

bedret, og for $L = 42,5$ måned er minimum nået, idet man for $L = 42,5$ måned kan udnytte hver form 1.000 gange, d.v.s. at formen er udslidt. (Man regner maksimalt med måske 20, 150 og 1.000 ganges anvendelse for normalt udførte forme i hhv. træ, beton og stål).

For *betonforme* fås lignende kurver, men disse bliver ikke hyperbler. Her er det nemlig ikke blot

Betonforme $n = 5000$ stk.

$a = 3$ dage $b = 5$ dage $\Sigma t = 2,9 + \frac{3}{25} m$

$u_{\text{form}} \leq 150$ $\rho = 1$ $p = 1$

L_{min} for $m = 2, 3, \dots, 20$

$f \geq \frac{5000}{150} = 34$ stk. $m \geq \frac{34}{20} \approx 2$ stk.

$\left(\frac{f+m+1}{500}\right)_{\text{min}} = \frac{34+2+1}{5000} = 0,0074$ for $L = 24,3$

formenens pris, der skal fordeles på et vist antal elementer, men det er den samlede sum af udgifter til model, matricer og forme, der skal fordeles på elementerne. For stålformene kunne man, når L var kendt, direkte udregne hvor mange gange hver form kunne anvendes, og når anvendelsesantallet u var kendt, kunne formantallet

$$f = \frac{n}{u}$$

findes som forholdet mellem elementantallet n og anvendelsestallet u. Samtidig med leveringstiden L havde man altså fastslået de økonomiske forhold. Ved betonforme er forholdene mere komplicerede. Det er stadig en hovedregel, at korte leveringstider giver høje formudgifter pr. element, men udgifterne er ikke entydigt bestemt.

Minimumsleveringstiden for produktion i stålforme er let at fastsætte: Det er de konstante bidrag + 1 omløbstid, hvis man vælger den i praksis økonomiske uoverkommelige løsning med 1 form til hvert element. For betonforme kan minimumsleveringstiden ikke fastsættes så let. Hvis man for et givet elementtal forsøger at nedsætte leveringstiden ved at benytte flere forme, opdager man, at man for et givet antal betonforme ikke kan opnå yderligere tidsreduktion, idet man nok kan nedsætte elementproduktionstiden ved at benytte endnu flere forme, men samtidig forlænges formproduktionstiden endnu mere.

En matematisk behandling viser yderligere, at det ikke er økonomisk at benytte det mindst mulige antal matricer, evt. kun een matrice til formproduktionen. Benyttes nemlig flere matricer end strengt nødvendigt, f. eks. 3 i stedet for 2, kan formproduktionstiden nedsættes så meget, at der bliver en tidsgevinst, der kan overflyttes til elementproduktionstiden. Dette betyder igen, at det kun er nødvendigt med et mindre antal forme, og da matricer og forme prismæssigt er næsten ens, betyder det, at man f. eks. for udgiften til een matrice ekstra kan spare måske 10 forme, altså en betydelig økonomisk gevinst.

På fig. 14 vises sammenhængen mellem leveringstiden L i måneder og den økonomiske faktor $\frac{f + m + 1}{5000}$, der udtrykker de relative udgifter til

forme, matricer og model fordelt på 5.000 elementer. For et givet værdisæt af L og økonomifaktoren kan man gå vandret og finde L_0 , leveringstiden for det første element. Denne er for betonforme afhængig af valget af form- og matriceantal. Af kurverne ses det omtalte forhold, at flere matricer end strengt nødvendigt kan føre til billigere produktion ($m =$ matriceantallet). Det må understreges, at kurverne ikke er gyldige under

andre forudsætninger end de i billedteksten og den matematiske behandling forudsatte.

Leveringstiden bør altså heller ikke for betonforme vælges for nær minimumsleveringstiden. Samtidig ses det, at lange leveringstider for hele ordren (L) giver både god økonomi ($\frac{f + m + 1}{5000}$) og samtidig særlig kort leveringstid for det første element (L_0).

Dette viser, at leveringstiden bør opgives ved en leveringsplan, således at der opgives, hvor mange elementer, der på et hvilket som helst tidspunkt skal være leveret.

Det ovenfor udviklede kan samles i følgende

Konklusioner.

Såvel tiden fra ordre til levering af det første element som tiden fra ordre til levering af det sidste element er afgørende for produktionens tilrettelæggelse. Endvidere kan en uregelmæssig leveringsplan imellem disse to leveringstidspunkter yderligere lægge pres på produktionen.

Det er klart, at der må være en vis mindsteleveringstid for det første element, L_0 , idet der altid må være tid til planlægning, indkøb, produktion af forme, hærdetid for elementer (og matricer og forme for betonformes vedkommende). Denne leveringstid ligger ret fast, idet de forskellige deltidspunkter normalt kun kan presses lidt og kun under økonomiske ofre.

Den samlede leveringstid, L, kan derimod vælges friere. Den må naturligvis være større end L_0 , men undersøgelsen viser, at man, hvis L kun er lidt større end L_0 , nok kan opfylde kravet om en produktion, men at udgifterne stiger voldsomt.

Af undersøgelsen fremgår det, at man for lange leveringstider får en god økonomi, idet det kun er nødvendigt at benytte få forme (og matricer), men at der på den anden side ikke opnås noget væsentligt ved meget lange leveringstider. Bliver leveringstiden så lang, at formen kan udnyttes fuldt ud, kan der intet økonomisk opnås ved yderligere leveringstidsforlængelse.

Jo kortere leveringstider, man sætter, des flere forme skal der benyttes. Dette betyder forøgede formudgifter pr. element. For betonforme nås en grænse for dem samlede leveringstid, når elementproduktionstiden nok kan afkortes ved at indsætte flere forme, men hvor formproduktionstiden samtidig vokser lige så meget eller mere. Det fremgår også, at man, for given leveringstid L, kan opnå små besparelser ved at producere flere matricer end absolut nødvendigt. I visse tilfælde forekommer spring i kurverne som følge af, at man opnår

en pludselig tidsgevinst, f. eks. når L bliver så stor, at man netop kan nøjes med 1 matrice, så man derved sparer tid og penge ved at kunne udelade matriceformen ved at producere matricen direkte over gipsmodellen.

Dette fører til, at det i reglen vil være fordelagtigst, om den samlede leveringstid er væsentligt større end leveringstiden for det første element. Det må fremhæves, at disse tider *ikke* kan aflæses af kurverne. Disse gælder kun for de opstillede forudsætninger, men viser de relative forhold.

På fig. 13 er den tilsvarende kurve for stålforme vist.

I praksis er problemerne ofte noget mere komplicerede, idet en elementordre kan betyde et væsentligt indgreb i elementfabrikkens planlagte produktion. Formværksted eller støbehal kan være optaget, eller hensynet til andre ordrer kan være bestemmende for valget af produktionsmetode. Sammenhængen mellem leveringstid, elementantal og økonomisk formudnyttelse tilsløres derfor i praksis ofte af mange, også tilfældige, faktorer. *Samtidig må man overveje, om besparelse ved en lang leveringstid opsluges af forøgede byggerenter.* Ofte er leveringstiden ikke fastsat, eller „uvedkommende“ faktorer på byggepladsen kan ændre byggerytmen, således at elementfabrikken må fremskynde leveringen, f. eks. ved hurtigere hærdning (damp, specialcement) eller flere forme, henholdsvis bremse den (dårligere udnyttelse af støbehal og/eller lager), i begge tilfælde normalt til skade for økonomien.

Hovedreglen for elementordrer må derfor være:

- 1) Orienter fabrikken tidligt om eventuelle ordrer.
- 2) Afgiv ordren tidligst muligt.
- 3) Gennemtænk en detaljeret arbejdsplan.
- 4) Overhold arbejdsplanen.
- 5) Sker der alligevel afvigelser fra arbejdsplanen, må fabrikken orienteres omgående.

Elementets pris.

Prisen for et givet element påvirkes (bortset fra arbejdsmarkedets forhold) af fabrikkens størrelse og organisation, elementantallet, både samlet og for de enkelte typer, og leveringstiden.

Leveringstiden har en væsentlig indflydelse på økonomien, dels som følge af de bånd, den kan lægge på fabrikkens planlægning, dels som følge af dens indflydelse på antallet af forme, se forrige afsnit.

Skal man forsøge at vurdere elementprisen, må de enkelte prisbestanddele trækkes ud til diskussion hver for sig.

1. Materialer.

For en given elementtype må prisen pr. element være næsten konstant. Betonens m³-pris, jernets kg-pris o.s.v. er for en stationær fabrik næsten fast. Afskrivning på anlæg etc. på denne post, fortjeneste o.s.v. må ligeledes være en fast %-sats.

2. Arbejds løn.

Udstøbningen af beton, bukning af jern, rensning af forme, transport af elementet o.s.v. må ligeledes give faste udgifter pr. element for en given elementtype.

3. Forme.

Det er ikke muligt generelt at afgøre, om stål- eller betonforme er billigst for en given produktion. I sig selv er en stålform 5–10 gange dyrere end en betonform, men stålforme koster det samme pr. stk., mens betonforme bliver billigere, jo flere der laves, da model og matrice fordeles på flere forme.

Er leveringstiden meget lang, eller er produktionen løbende, foretrækkes oftest stålforme, da de kan bruges mindst 500 gange, måske mange tusinde, mens betonforme højst kan bruges 200 gange, i reglen 75–150 gange.

For kortere leveringstider må valget, som det andetsteds omtales, træffes ud fra overvejelser om intern transport, hærdemetoder, muligheder for hurtigt at skaffe produktionsmuligheder på et smedeværksted hhv. en stukkatør til en gipsmodel, nøjagtigheds- og stabilitetskrav, afformningsmetode, profilering o.s.v. Begge typer har økonomiske fordele, og i reglen er det ikke formmaterialet som sådant, men hele fabrikkens produktionsplanlægning, der skaber de eventuelle økonomiske forskelligheder.

4. Fortjeneste, afskrivninger etc.

Som allerede omtalt ovenfor er en del af disse udgiftsposter næsten proportionale med elementantallet, og de kan derfor i denne forbindelse lige så godt lægges på som et %-tillæg til posterne ovenfor. Dette gælder f. eks. afskrivninger på transportanlæg, klippeanlæg, bukkeanlæg, blandeanlæg, pladsleje (afskrivning af fabriksshal m. v.), almindeligt tilsyn, løbende administration, elementtransporten til byggeplads o.s.v. Men en del af disse udgifter, der kan sammenfattes i begrebet „startudgifter“ er uafhængige af elementordrens størrelse. Dette gælder planlægning (formvalg o.s.v., arrangement af intern transport, arrangement af klodsfabrikation, tilskæring af isolationsmåtter), udarbejdelse af betonrecept, bukkelister, omlægning af intern transport, ændring i fabrikkens arealudnyttelse, opstilling (og nedtagning)

af forme, for så vidt også for betonforme den tidligere omtalte udgift til stamformen, omlægning af formværksted og udgifterne i indkøringstiden (ofte op til 100 elementer) til forøget arbejds løn, forøget tilsyn, evt. prøvestøbninger o.s.v. Startudgifterne omfatter altså eengangsarbejds lønudgifter og en meget væsentlig del af administrationsudgifterne. Disse startudgifter, uafhængige af elementantallet, burde fordeles over den enkelte elementproduktion, således at de store elementordrer fik en økonomisk fordel herved. Tilsyneladende uddrages disse udgifter ikke af fabrikkernes regnskaber, men tillægges de almindelige administrationsudgifter, der derefter fordeles på alle elementordrer som en fast %-sats, der reguleres med mellemrum.

Det synes f. eks. almindeligt, at arbejdstiden er 3 gange så stor pr. element for de første 50 elementer som for element nr. 450-500, men dette forhold og mange lignende tages tilsyneladende ikke i betragtning på elementfabrikkerne.

Lignende billiggørelse ved afgivelse af store elementordrer bestående af forskellige, men dog ensartede elementer, hvor hver type indeholder mange elementer, skulle ligeledes synes sandsynlig, men opnås i praksis kun i begrænset omfang.

Blot man bestiller 100-150 ens elementer, er man i praksis så nær priskurvens asymptote, at der ikke kan opnås nævneværdigt.

Går man ud fra den traditionelle grove fordeling af generalomkostningerne består elementstykprisen altså af:

1. Materialer, konstant bidrag.
2. Arbejds løn, konstant bidrag.
3. Formudgifter $\frac{1}{u} C$, hvor $u = \frac{n}{f}$ er det antal

gange, hver form anvendes og C prisen pr. form. Elementantallet n indgår således kun i forhold til formantallet. Dette gælder f. eks. stålforme. Her er der en simpel sammenhæng mellem leveringstiden L og u:

$L = \text{konstant} + u \cdot a$, hvor a er formens omløbstid, d.v.s. tiden mellem to afformninger i samme form.

Konstanten indeholder planlægningstid, formproduktionstid, hærdetid m. v.

For betonforme er forholdene mere indviklede, bl. a. indgår n mindre simpelt, men det spiller prismæssigt oftest ingen større rolle for princippet.

4. Generalomkostninger, konstant bidrag.

Relativ stykpris på elementer - i princippet.

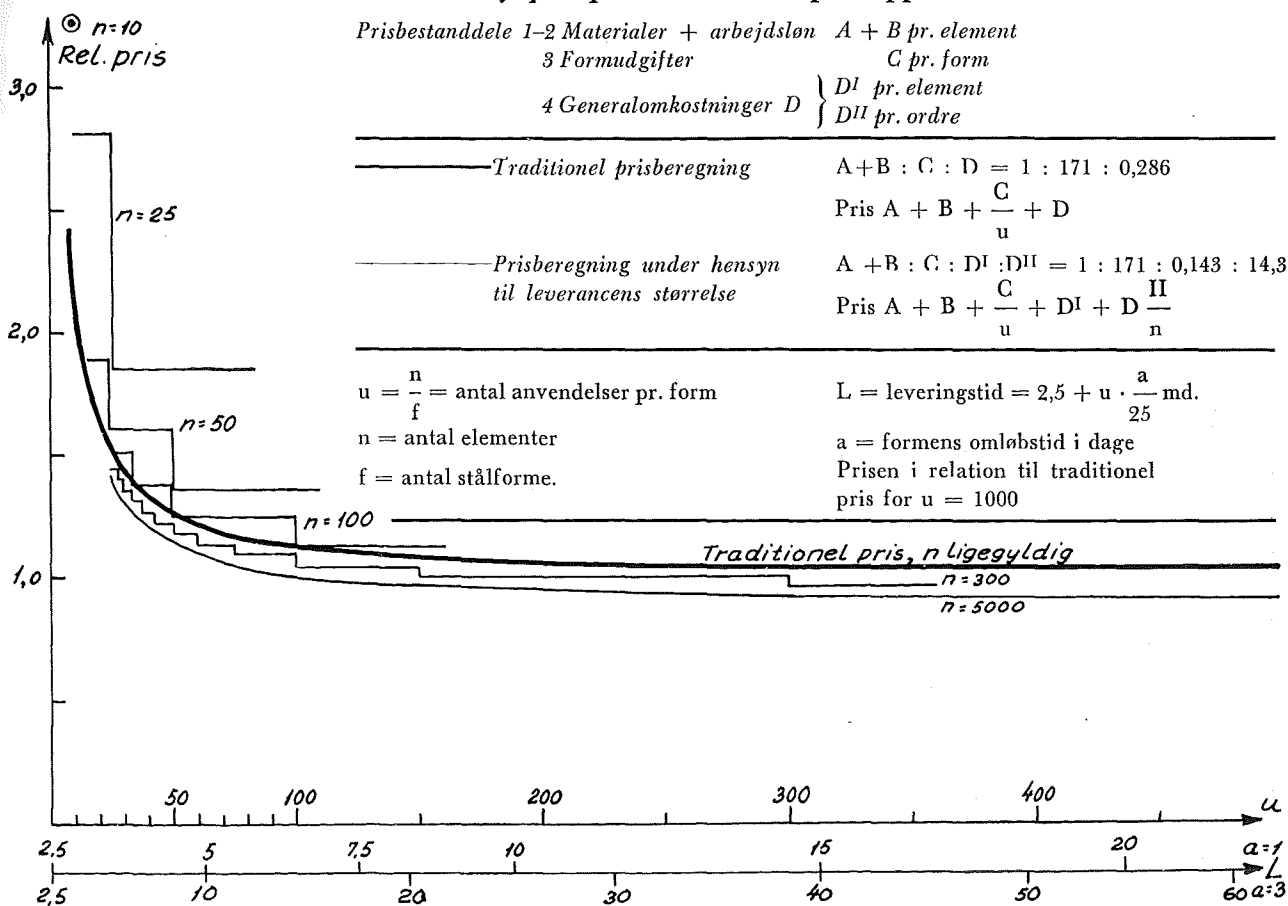


Fig. 15.

For et betonelement kan man f. eks. sætte følgende for stålformsproduktion:

1. 40 kr. til materialer.
2. 30 kr. til arbejds løn.
3. Formen koster 1200 kr. og den kan højst benyttes 1000 gange. Leveringstiden er 2,5 måned (konstant bidrag) $+ u \cdot a$, hvor u er antal af gange en form benyttes (højst 1000) og a er omløb stiden, f. eks. 1 dag $= \frac{1}{25}$ måned.
4. Generalomkostninger 20 kr.

Bidrag 1 kan næppe ændres. Bidrag 2 kan ned sættes ved en rationalisering, men næppe mere end ca. 1 kr./m² med mindre produktionsprocessen mekaniseres gennemgribende. I så fald skal der opføres et bidrag for afskrivning og forrentning af maskinerne. Formprisen bliver større ved mekanisering (men arbejds lønsudgiften bliver mindre, og formen kan antageligt bruges flere gange). Bidrag 4 bør kunne nedbringes, hvis de små tabsgivende ordrer udelukkes, således at tabet på disse ikke skal bæres af store ordrer, ved rationalisering af produktionen etc.

Det kunne være interessant at analysere, hvilke løbende udgifter, posten 4, generalomkostningerne, indeholder. En sådan analyse er til dato ikke gennemført, men virkningen af, at man på grundlag

af en sådan analyse reviderede prisberegningen kan i *princippet* demonstreres.

De 20 kr. indeholder dels de almindelige, løbende udgifter, f. eks. 10 kr., dels „startudgifterne“, f. eks. 10 kr. Når startudgifternes bidrag er sat til 10 kr., svarer dette til, at man regner med en „gennemsnitlig“ startudgift på 1000 kr. fordelt på en „gennemsnitlig“ ordre på 100 stk. ens elementer.

På fig. 15 er den kraftigt optrukne kurve den traditionelle priskurve; uafhængigt af elementtallet, n , sættes post 4, generalomkostningerne, til 20 kr. De tyndt optrukne kurver er priskurver, når posten opdeles i det konstante bidrag 10 kr. og startudgifter på 1000 kr., der må fordeles på produktionen, altså med $\frac{1000}{n}$ kr. på hvert element af

ordren på n stk. Abscissen er leveringstiden L eller antallet af gange en form benyttes u , mens ordinaten er den relative pris.

Det ses, at *den traditionelle prisberegning metode giver en meget væsentlig besparelse for de små elementordres vedkommende ($n < 100$), mens omvendt ordrer på 3000–5000 stykker fordyres med 5–10 % under de her gættede forudsætninger*. Forholdet mellem posterne 1–4 er afgørende for besparelsernes, hhv. fordyrelsernes størrelse, men princippet vil under alle forhold være det samme.

Forme

Hovedprincipper i konstruktionen.

Ser vi på hovedprincipperne for formkonstruktion, skiller *maskinformene* sig straks ud. Ved maskinformning forstås formning, hvor kontaktarealerne fjernes fra det udstøbte materiale indenfor de første to timer fra udstøbningsøjeblikket. Denne formtype er speciel derved, at den kun kan tænkes anvendt ved produkter med meget stort reproduktionsantal. De tre hovedformer for maskinformning er prægning, stampning og f. eks. vacuumbehandling eller damp under stort tryk. Hertil kommer mulighederne ved opvarmning af forme eller materialer, direkte eller i dampkammer o.s.v., metoder, der alle søger at nedsætte omløb stiden. Maskinformning er endnu kun lidt benyttet i Danmark, men kan i forbindelse med nye materialer og metoder tænkes at blive grundlaget for en virkelig industrialisering.

Søjle- og bjælkeforme adskiller sig ofte kun fra byggepladsens forme ved en bedre udførelse såvel med hensyn til materialer som til samle-

toder. Et stort antal genanvendelser betinger visse forbedringer. Formmaterialet kan for sideformenes vedkommende være træ eller stål eller kombinationer heraf, og for bundformenes vedkommende træ, stål eller beton. Hovedmængden af elementer fremstillet i disse forme falder i grupperne middelstore og store elementer (800–2000 kg). Et problem, som er almindeligt i forbindelse med formkonstruktion, er at bibeholde bundformen i samme stilling under hele produktionsprocessen, også når de højfrekvente vibratorer virker, eller når betonen fyldes ned i formen. Forme, opstillet på fjedre, der bringes til at svinge under vibreringen, giver en god komprimering, men formsamlingerne og formens afstivninger udsættes for hård belastning. Ved bjælkeelementer er det sædvanligt, at de forsynes med en vis pilhøjde, og at denne frembringes ved oplodsning af bundformene. Da alle bjælker fremstillet i samme form helst skal have samme pilhøjde, opstår vanskeligheden med at bevare bundformens nøjagtige facon fra støbning til støbning. Det er

derfor nødvendigt, at underlaget er absolut fast og solidt, f. eks. et betongulv eller et kraftigt svelleunderlag. Anvendes forspændt armering i bjælkeelementerne, forøges vanskelighederne yderligere under forspændingsoperationen, idet bjælkens tryk mod underlaget forskydes mod enderne.

Størstedelen af elementerne fremstilles dog i væsentlig mere *kompliserede forme*, karakteriserede ved, at hovedparten af kontaktarealet er beliggende i vandret plan. Formene kan udføres af beton, stål eller træ eller kombinationer heraf.

En form består normalt af 2 hoveddele: Bundformen og sidebegrænsninger.

Bundformen kan være massiv, af beton, eller kan bestå af et afstivende *underlag* af træ, stålprofiler el. lign. og et *beklædningsmateriale* af træ, stål, evt. gips, plastic, gummi etc., som udgør kontaktarealet.

Til *underlaget* stilles der betydelige krav med hensyn til rumlig stabilitet under gentagne støbninger og afformninger. Ved forme, hvori der skal støbes mange elementer, udføres underlaget derfor ofte i svære stålprofiler eller af jernbeton. Underlagets understøtninger må være absolut uforanderlige, selv om formen ved hver afformning løftes fra underlaget. Især må man sikre sig, at snavs og sten ikke kan ændre underlagets understøtningshøjder.

Denne stabilitet er af afgørende betydning for formens levetid, dels af hensyn til holdbarheden og dels fordi stabiliteten er forudsætningen for elementernes nøjagtighed. Er underlaget ustabil vil formen blive skæv og sideformenes placering blive unøjagtig.

Beklædningens, kontaktarealets, art må vælges ud fra hensynet til det mulige antal anvendelser, materialets holdbarhed, materialets pris, den ønskede nøjagtighed, overflade, fabrikkens interne transportmetoder, hærdemetoder, afformningsmetoder, omløbstid, lagerplads, tidsfrister o.s.v., faktorer, der alle er indbyrdes afhængige. I det følgende afsnit vil de enkelte materials fordele blive behandlet, for nøjagtighedens vedkommende, specielt pag. 43.

Den anden hoveddel af formene er *sidebegrænsningerne*. Da elementernes nøjagtighed i deres eget plan udelukkende er afhængig af sidebegrænsningernes stivhed og nøjagtighed, må sidebegrænsningernes udformning vies en særlig omhu. De udføres oftest af stålprofiler med påforinger af træ. Det er vigtigt, at af- og påsætningen af sideformene sker på simpel måde, og at sideformenes samlinger indbyrdes og med underlaget er stabile. Hyppigt samles sideformene med bundformen ved hjælp af vingemøtrikker eller ved

hjælp af kilesystemer. Anvendt er også patentlukker mellem sideformene, og undertiden skrue-tvinger, men skrue-tvinger og kiler er ikke ganske driftsikre, fordi vibrering ophæver friktionen og forårsager så kraftige rystelser, at endog patentlukker med tiden bliver tilbøjelige til at springe op.

Der kan også være tale om at hængsle bund og sideforme sammen, men man må da være opmærksom på, at udformningen af elementkanten i så fald skal tillade en drejning om hængslet. Sideformenes overside tjener som afretningsleder ved afretningen af den opadvendende side af elementet under støbningen.

Fastholdelse af udsparingsformdele til huller og af klodser og bæringer kan ske ved hjælp af skruer, som bores gennem formen, eller ved hjælp af arme, som fastgøres i sideformene, og hvis nøjagtige stilling er sikret. Fastgørelsen må ske på en sådan måde, at vibreringen ikke ændrer placeringen.

Der kan være grund til her at gøre opmærksom på, at det er formenes antal, d.v.s. antallet af typer elementer, der er den overvejende faktor i økonomien, og at det inden for rimelige grænser ikke spiller nogen større rolle, om de enkelte elementtyper har varianter i form af huller o. lign., blot det er den samme form, der kan udnyttes fuldt ud.

Dersom overfladen af facadeelementer ønskes profileret, må man erindre, at profileringen skal være udformet på en sådan måde, at afformning kan ske uden anvendelse af bevægelige lister, ekstra formdele o.s.v. Endvidere bør skarpe kanter undgås, hvor de ikke af konstruktionsmæssige grunde er nødvendige; afrundingsradier kan passende sættes til 2 til 5 mm, eller hjørnerne udføres brækkede. Kanter, der ligger opad i formen, kan vanskeligt udføres afrundede.

Der er iøvrigt grænser for, hvor dybe profiler man kan fremstille, idet friktionen ved afformningen vil belaste elementets fremspringende dele, jo dybere profilerne er. Endvidere gælder det samme som for fabrikation af andre støbte varer, at elementet på alle flader, som ikke er vinkelrette på afformningsretningen, må gives et vist slip, for at afformningen kan foregå uden beskadigelse af formen. Dette slip angives normalt til 1:5 à 1:7, men man har eksempler på, at 1:12 har været tilstrækkeligt.

Elementformer, som nødvendiggør overformning, bør undgås, idet sådanne vanskelige støbninger er tilbøjelige til at fremkalde støbesår, og her må man erindre, at reparationer af sådanne sår så at sige ikke kan udføres således, at de er

usynlige. Det fremgår heraf, at elementernes form, overflade, opbygning og kantudformning bør være så enkel som mulig, og særlig, at et element bør kunne udføres i een operationsrække uden at ændre formsætningen.

De ovenfor meddelte oplysninger tager først og fremmest sigte på fremstilling af etageadskillelser og ydervægselementer. Hvor der er tale om elementer til indvendige vægge, hvadenten disse er bærende eller ikke, vil kravet til overfladen være, at den på begge sider skal være så glat, at yderligere overfladebehandling er unødvendig. Vanskeligheden ved vægelementerne er desuden fugerne, som må udføres således, at de helst er selvforskallende og æstetisk tiltalende. Afrundede elementkanter og en tilbageliggende fuge vil normalt blive smukkeste og billigst, mens udspartling til opnåelse af en plan vægoverflade er vanskelig og dyr. Hertil kommer for de bærende vægges vedkommende eventuelt et krav om fortanding af fugen, således at denne kan optage de nødvendige forskydende kræfter i fugens længderetning. Udføres alle elementers fortanding ens, giver dette dog ingen nævneværdig fordyrelse, da det er formenes pris og deres udnyttelse, der er afgørende, ikke en relativt ringe ekstraudgift til masseproduktion af standard-„fortandingsforme“.

Valg af materiale.

Desværre er det vist således, at selv fabrikanterne ofte står tøvende med hensyn til, hvilket materiale, de skal anvende til formene: massive betonforme eller sammensatte forme med underlag af træ eller stål og beklædning af træ eller stål. Dette skyldes de overordentlig mange hensyn der må tages i forbindelse med valget; der er så mange faktorer, at valget kræver en lang erfaring. Det må derfor overlades fabrikkerne at afgøre materialet, mens de rådgivende må nøjes med at præcisere deres krav til overflader, nøjagtighed o.s.v. og vurdere tilbudene.

Fremstillingsmetoderne for betonforme er beskrevet pag. 34 ff – se også fig. 7, 8 og 12.

Elementantallet i forbindelse med tidsfristen afgør det mulige *antal anvendelser* af hver form. Kontaktflader af træ holder normalt til anvendelse 10–30 gange, beton 75–150 gange og stål til mindst 500 gange. Det må dog bemærkes, at kvaliteten af materialet har stor betydning. Træ anvendes i nogle fabrikker i form af afrikanske træsorter, andre nøjes med dansk træ – stål kan benyttes i mange pladetykkelser, men under 3 mm vil næppe være anbefalelsesværdig – betonens leve-

tid er afhængig af profileringens udformning etc. – profilerede lister i træ nedbrydes hurtigt o.s.v.

Tidsfristen vil ofte have en vis betydning. Stålfarme kræver i reglen en lang leveringstid, da smedeværkstederne ikke altid er leveringsdygtige. Træforme kan forholdsvis hurtigt fremstilles – det samme gælder træ- eller gipsmodeller til betonforme, men dette er igen afhængigt af beskæftigelsesforholdene for tømrere, snedkere og stukkatører. Maskinsnedkerier kan være optagne, og dette, i forbindelse med lakkens hærdetid for træforme, gør, at betonforme støbt i superrapidcement ofte er lige så hurtige at fremstille som træforme.

Formens *vægt* spiller en ikke uvæsentlig rolle. Den tungeste form, betonformen, er derfor oftest ufordelagtig, hvis vibreringen skal udføres på rystebord eller formene transporteres i dampkammer. Man har set betonforme vibrerede på rystebord og stablet i hærdekammer, men almindeligvis er betonformen stationær, eventuel opvarmning sker i dampfelt eller med kaloriferer, og vibreringen foregår ved overfladevibrering.

Forskellen mellem stationære og flyttelige forme er iøvrigt omtalt under fabrikkens interne transportmetoder pag. 33.

Betonformenes vægt er dog ikke så afgørende for transporten i en fabrik, som man skulle tro. Under afformningen skal kranen under alle omstændigheder kunne overvinde elementets vægt plus friktionskræfterne. Den samlede løfteevne for kranen bliver derfor så stor, at den uden væsentlig fordyrelse i mange tilfælde også vil kunne dimensioneres for element plus betonform. Under afformningen er en tung form i øvrigt en fordel af hensyn til de nævnte friktionskræfter.

Drejer det sig derimod om forme, hvor form plus element tippes i lodret stilling før afformningen, vil man benytte forme med underlag af stålprofiler.

En faktor, som kan medvirke ved valget af formmateriale, er den *overfladestruktur*, som forlanges af elementet. Stål giver i almindelighed den glatteste overflade, og træ den mest ru overflade. I forbindelse med overfladestruktur har også støbeteknikken en vis virkning. En vidtdreven vibrering af en fugtig beton giver især på vandrette formdele en glat porefri overflade. Også den anvendte formolie (se herom senere) har betydning for den opnåede overflade.

Profileringen udføres oftest lettest i beton, da påskruede lister i en stål- eller træform efter nogle anvendelser er ødelagte eller presset løse.

Omløbstiden er på en stationær fabrik den samme, ca. 1 døgn i almindelighed, for alle forme.

På en feltfabrik vil de tunge stationære betonforme derimod ofte få længere omløbstid end lette stålforme, der kan transporteres til dampkammer. Selve *formbehandlingstiden* er uden indflydelse på omløbstiden, når bortses fra eventuelle fremtidige automatprocesser med nye cementformer eller støbemetoder. Derimod spiller denne tid naturligvis ind i arbejdslønnen. Stålforme er hurtigst, træforme langsomst at behandle, dels fordi vedligeholdelsen er mindst ved stålforme, dels fordi rensning, smøring o.s.v. er hurtigst for stålforme. Endvidere kræver træforme en langt mere indgående kontrol af hensyn til nøjagtigheden.

Prisen er naturligvis en meget væsentlig faktor. Stålforme er langt de dyreste, træforme eller betonforme de billigste i anskaffelse; om træformen eller betonformen er billigst, afhænger af formantallet. En træ- eller gipsmodel til en betonform koster det samme som en træform, selve betonformen derimod ikke ret meget. Er formantallet stort bliver betonformen derfor billigst.

Anskaffelsesprisen må iøvrigt ses i relation til holdbarhed og det mulige antal anvendelser således at alle formmaterialer kan være fordelagtige.

Vedligeholdelsesudgifterne (herunder kontrol) er størst for træforme og i reglen mindst for stålforme. Kontrol med slappe stålforme og mange ændringer af detaljer for klodser, huller etc. kan dog gøre, at betonforme, der kan bruges op til 150 gange, udviser mindre vedligeholdelsesudgifter end stålforme.

Til træbeklædning anvendes i reglen vandfast finér eller eventuelt marvskårne brædder. Erfaringen viser, at vandfast finér, malet med alkalifast lak, giver en meget tilfredsstillende støbeflade. I nogle tilfælde anvendes der dyrere, men bedre træ, f. eks. oregon pine, afrikanske træsorter o.s.v.

Stålbeklædning anvendes i form af mindst 3 mm stålplade, fastskruet til træunderlag eller bedre svejst til et stålskelet. Bukning af stålplader kan ofte kun med store omkostninger udføres nøjagtigt nok, og svejsning af stålplader er derfor ved at blive almindelig. Stålforme koster 3-10 gange så meget som træforme efter kvaliteten af træet og stålformens udformning.

Plasticbeklædning er forholdsvis dyr, men synes at have en levetid, der er større end betons, op imod stålets levetid. Da den samtidig er let at til-danne nøjagtigt, er det muligt, at man ud fra betragtninger over økonomi og tolerancer fremover vil koncentrere sig om betonforme eller plasticbeklædte forme til komplicerede elementer i nogenlunde store serier.

Tolerancer.

Årsagen til, at forme og elementer udføres nøjagtigt, er naturligvis i første række de fastsatte tolerancer, der skal sikre, at elementet passer ind i sine omgivelser. Men kravet til formenes holdbarhed, til overfladens udseende o.s.v. nødvendiggør stabile samlingsmetoder for formene og er årsag til, at nøjagtighedskrav, som svarer til de øvrige krav til formene, ikke fordyrer elementerne så meget, som man umiddelbart skulle tro. Dette skal ikke opfattes som en opfordring til at stille overdrevne krav til målene; *man bør kun fastsætte tolerancer på mål, hvor det er nødvendigt og ikke fastsætte mindre tolerancer end absolut nødvendigt.*

Små tolerancer giver dyre forme og nedsætter levetiden forsåvidt sliddet spiller en rolle. Tolerancen på *element* og på *montage af element* må fastsættes ud fra fugningshensyn, fabrikationshensyn og montagehensyn.

De hidtidige erfaringer fra byggerier, hvor egentlige tolerancer ikke har været fastsat, såvel som fra byggerier, hvor tolerancerne var fastsat til ± 5 mm, synes at vise, at denne størrelse er rimelig og ikke virker fordyrende. Men det må nævnes, at man næppe hidtil i større udstrækning har kontrolleret overholdelsen af dette mål, og at noget tyder på, at målafvigelser op til + 10 mm ikke er sjældent forekommende. Dette skyldes dog antagelig, at kun få fabrikker og entreprenører endnu har gennemført en systematisk kontrol.

De tolerancer, der kan overholdes, må bygge på erfaringer med vedkommende formtype, samlingsmetode, lagringsforhold etc. For at kunne danne sig et reelt billede af nøjagtigheden må der foretages opmålinger af en række (mindst 10) elementer, omfattende alle ønskede mål. Middeltallet af de målte dimensioner: f. eks. længder, er et udtryk for de *ensidige fejl*, d.v.s. de viser, om elementerne normalt er for små eller for store, alt eftersom middeltallet er mindre eller større end det tilstræbte mål. Beregner man de enkelte elementers afvigelser, v , med fortegn, fra målingerens middeltal, kan man herudfra beregne produktionens *middelfejl*. Middelfejlen, spredningen, er $\sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$, hvor $\sum v^2$ er summen af afvigelsesernes kvadrater og n er antallet af målinger. (Kontrol på beregningen af v 'erne er, at $\sum v = 0$).

De ensidige fejl stammer fra 1) oprindelige fejl i formen (formene) f. eks. at de alle er for lange eller at understøtningerne er galt nivellerede, 2) oprindelige fejl i gipsmodel, matrice etc. for betonformens vedkommende, 3) systematisk galt

anbragte sideforme, f. eks. fordi indstøbte bolte er galt anbragt eller anlægsfladerne ikke er rensede, 4) kastning af formen, særligt for træforme. Disse fejl kan undgås ved omhyggelig kontrol, specielt under formfremstillingen.

De tilfældige fejl, udtrykt ved middelfejlen stammer fra de mange små uberegnelige fejlkilder, f. eks. tilfældige urenheder i samlingerne, tilfældige understøtningsvariationer o.s.v. Disse fejl kan aldrig helt undgås, men deres størrelse kan holdes nede ved stabile forme, formsamlinger, understøtninger for form og underlægning, og ved kontrol med rensning af samlinger, tilspændinger etc.

Hvis de tilfældige fejl har normal fejlfordeling, vil fejlene fordele sig således:

$\frac{2}{3}$ af målafvigelserne vil højst afvige middelfejlen fra 0.

95 pct. vil højst afvige $2 \times$ middelfejlen fra 0.

99,7 pct. vil højst afvige $3 \times$ middelfejlen fra 0.

Eksempel:

At det er nødvendigt at behandle måleresultaterne systematisk fremgår af nedenstående, der viser målinger af længderne af 10 elementer. Der var forlangt længden 4010 mm, og måleresultaterne synes umiddelbart at vise, at tolerancen ± 3 mm kan overholdes.

| Element nr. | Længde mm | v = Måling ÷ middeltal (4011) | v ² mm ² |
|-------------|-----------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 4011 | 0 | 0 |
| 2 | 4010 | -1 | 1 |
| 3 | 4012 | +1 | 1 |
| 4 | 4009 | -2 | 4 |
| 5 | 4011 | 0 | 0 |
| 6 | 4010 | -1 | 1 |
| 7 | 4010 | -1 | 1 |
| 8 | 4011 | 0 | 0 |
| 9 | 4013 | +2 | 4 |
| 10 | 4013 | +2 | 4 |
| Sum | 40110 | 0 | 16 |

$$\text{Middellængde } \frac{40110}{10} = 4011 \text{ mm.}$$

Tilvirkningsmål (tilstræbt længde) 4010 mm.

Ensidig fejl + 1 mm.

$$\text{Middelfejl } \sqrt{\frac{16}{10-1}} = 1,33 \text{ mm.}$$

Ser vi bort fra, at så få målinger medfører en relativt stor usikkerhed på middeltal- og middelfejlbestemmelsen (i praksis har man erfaringer fra mange produktioner og kan derved for hver formtype samle et erfaringsmateriale, hvoraf en godt bestemt middelfejl kan udtrages), fås, at 99,7 % \approx 100 % af produktionen derfor vil ligge inden for grænserne $\pm 3 \cdot 1,33 = \pm 4$ mm fra middeltallet, d.v.s.

at produktionens grænser bliver $4011 \pm 4 = \begin{cases} 4007 \\ 4015 \end{cases}$, såle-

des at kun tolerancen ± 5 mm kan overholdes. Er der så mindre tolerancer, må produktionen forbedres, enten ved at nedsætte den ensidige fejl 1 mm eller ved en bedre stabilitet af form og samlinger, således at middelfejlen nedsættes.

Det fremgår heraf, at man for at overholde tolerancen ± 5 mm må arbejde med mm's nøjagtighed i alle produktionsled, for alle formdele etc., eller også må man være forberedt på en høj kassationsprocent, idet det jo ligger i selve ordet tolerance, at *selv den mindste overskridelse er kassationsgrund*. Er et element eller dettes montage unøjagtig, medfører dette altså et tab (der må afvejes mod fordyrelsen ved at lave en produktion, der ikke indeholder fejlemner), enten et direkte tab ved kassation, eller et tab i form af erstatning til de efterfølgende fag, hvis man af tidsnød lader den unøjagtige konstruktion blive stående. Det må anbefales at foretage omfattende målinger af produktionsmetoderne i fabrikken, og at huske, at man for et mindre antal målinger ofte kun observerer de normale, små fejl og derfor vil være fristet til at bedømme produktionen for optimistisk, sammenlign eksemplet ovenfor.

Formene bør nummereres og numrene påføres elementet (sammen med støbedato og elementtypebetegnelse), således at fejl straks kan føres tilbage til formen.

Udvalg 4 har foretaget omfattende målinger af elementer, vægge, etagehøjder etc. samt murværk, og der kan henvises til udvalgets rapport, hvoraf nogle hovedtræk gengives nedenfor.

Træforme er ofte meget ustabile og må holdes under skarp kontrol. Elementerne bliver oftest for lange. Tolerancer under ± 10 mm kan næppe overholdes, med mindre man benytter dyrere konstruktioner med stabile træsorter.

Stålforme bør udføres af svær plade, min. 3 mm med kraftig afstivning. Skal formene udføres nøjagtigt, er det oftest nødvendigt at benytte dyre presser eller at svejse delene sammen. Almindelig bukning kan sjældent udføres nøjagtigt nok. Tolerancer fra $\pm 2-10$ mm efter pris og forhold.

Betonforme kan udføres meget nøjagtigt. Hvis gipsmodellen, produktionen og samlingerne udføres nøjagtigt under skarp kontrol, er samtlige forme ens og har alle samme ensidige fejl som den oprindelige model. Ensidige fejl 0-2 mm. Tolerancer ± 5 mm kan let overholdes; på mål, der er bestemt af en sammenhængende formdel, f. eks. indvendig ribbeafstand, er målafvigelserne næsten 0, bortset fra ensidige fejl.

Formproduktionen bør ikke give væsentlige ensidige fejl, men det skal nævnes, at man på fabrikket til tider ser, at ensidige fejl på 3 mm god-

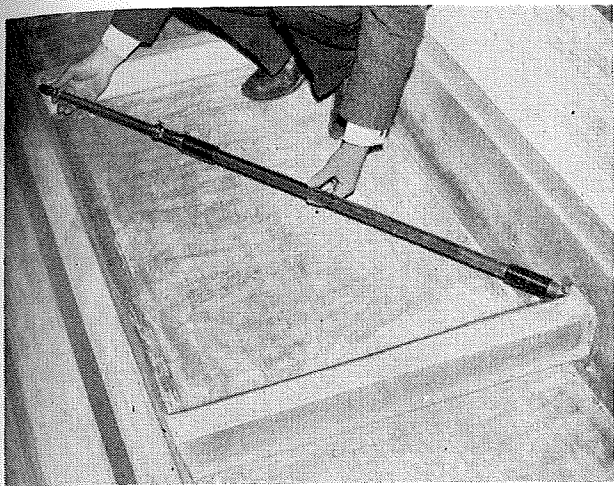


Fig. 16.

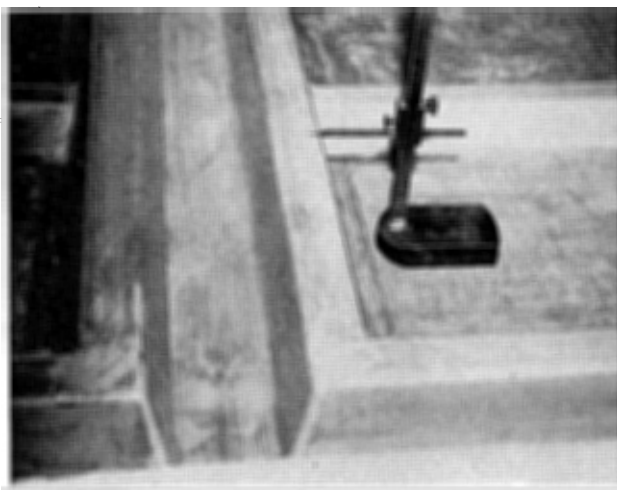


Fig. 17.

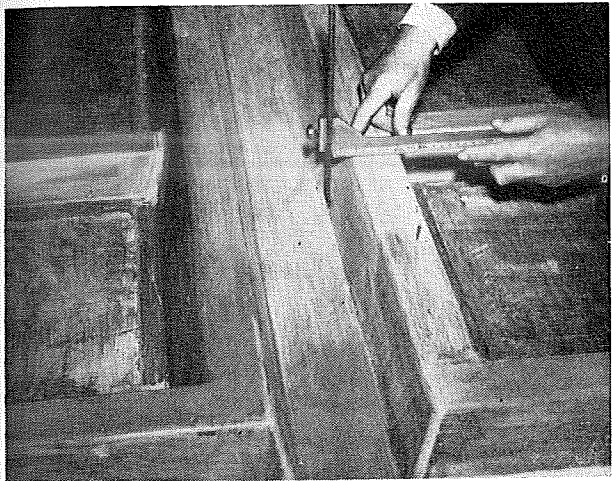


Fig. 18.

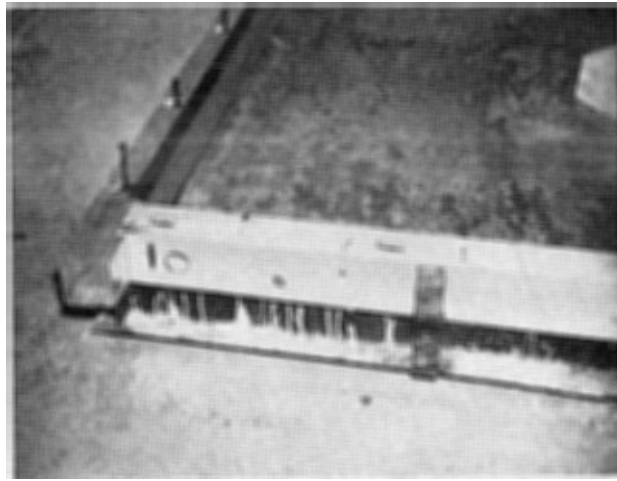


Fig. 19.



Fig. 20.

Kontrol af formes nøjagtighed.

Fig. 16. Vandrette hovedmål, her f. eks. diagonalen, kontrolleres med „målestok“ med mikrometerskrue. Der er fremstillet „stokke“ til mange måleområder, og hver stok har to forskydelige dele, der kan sammenspændes. Stillingen aflæses med nonie.

Fig. 17. Kontrol af udvendig ribbehøjde med nonie-aflæsning i $\frac{1}{10}$ mm.

Fig. 18. Kontrol af ribbens smig.

Fig. 19. Betonform med træsideforme og samlinger med bolte, der passer stramt i tømmeret og fastholdes i bøsninger i bundformen. Middel fejl på længde og bredde 0,3 mm.

Fig. 20. Kontrol af indvendig ribbehøjde ved kombineret anvendelse af måleinstrumenter som vist på fig. 16 og 17.

Control of the accuracy of moulds (figs. 16, 17, 18 and 19), readings taken in tenth of a mm.

Fig. 20. Concrete mould with wooden sides. Tight-fitting bolts fixed in the bottom of the mould. Standard deviation of lengths and breadths .3 mm.



Fig. 21.

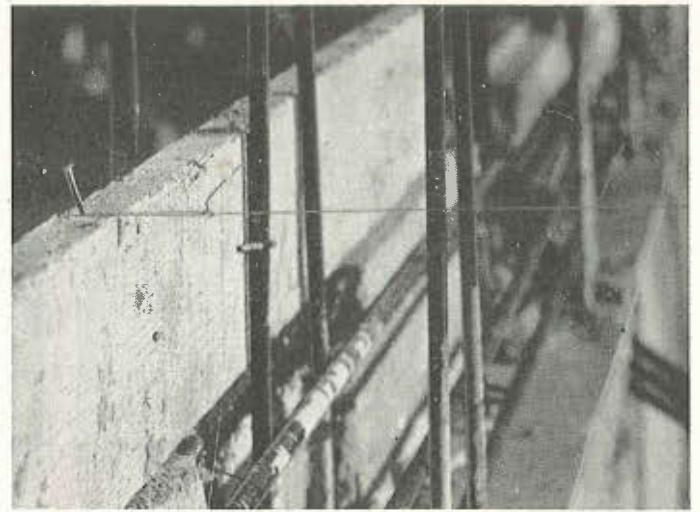


Fig. 22.



Fig. 23.

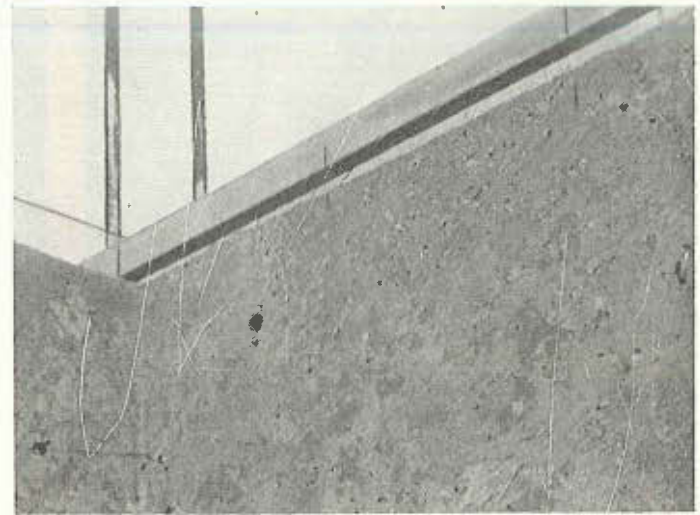


Fig. 24.

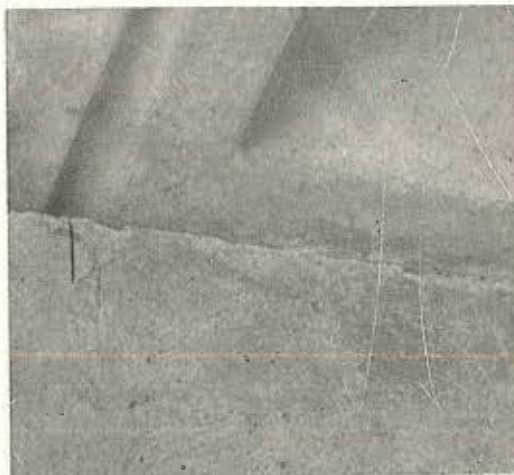


Fig. 25.

Afsætning før montage af etageadskillelseselementer.
(Ribbepladeelementer til 12 etages højhus).

Fig. 21. Et fikspunkt på jorden føres med teodolit op til gavlene, hvor der afsættes et blyantsmærke.

Fig. 22. Mellem gavlmærkerne udspændes en nylonline på langs ad bygningen.

Fig. 23. På hver væg føres et mærke ned fra nylonlinen.

Fig. 24. Mærker på 60 cm afsættes på hver væg med målelægter.

Fig. 25. Monteret etageplade. Noterne i ribben anbringes med en middelfejl på 1,5 mm.

Setting-out before erection of deck-slabs.

The datum mark is elevated (fig. 21), and marks are set out by means of a nylon line (fig. 22-24). Standard deviation of erection 1,5 mm (fig. 25).

kendes, da fabrikationens middelfejl (boltesamlinger o.s.v.) kun er 0,25 mm, således at tolerancen ± 5 mm kan overholdes, når der tages hensyn til senere kastninger etc.

Elementproduktionen synes altså at kunne arbejde med tolerancer på ± 5 mm, måske noget mindre efterhånden som teknikken udvikles. Maskinformer, mere eller mindre kompliceret automatiserede, vil antagelig kunne øge nøjagtigheden yderligere, men de meget små tolerancer, ± 1 mm, kan sikkert kun opnås for dele, hvis mål udelukkende er bestemt af een, sammenhængende formdel.

Formålet med at tildanne elementerne så nøjagtigt, er at sikre, at de kan monteres uden tildannelse på stedet, men det betyder samtidig, at montagen (og eventuel fremstilling af bygningsdele på stedet, f. eks. tværvægge) må ske med en lignende nøjagtighed. Nøjagtighed i alle led er afgørende for, om et montagebyggeri kan forløbe tilfredsstillende, og dette betyder, at *afsætninger* må ske med stålband, teodolit, vandmål og skabeloner, målelægte etc.

Målinger af på stedet støbte vægge og etagehøjder viser, at målafvigelserne ligger inden for grænserne $\pm 5-10$ mm. Montage af dækelementer udviste i vandret plan en middelfejl på afstandene på 1,5 mm.

Råhuset kan derfor opføres med en tolerance på $\pm 5-10$ mm efter det arbejde, man vil lægge i forholdsregler til nøjagtig afsætning og montage. Dette betyder f. eks. at snedker, tømrer og rørsmed kan præfabrikere deres bygningsdele, og det betyder f. eks. for tapetopsætningen en stor lettelse, at der ikke skal ske tilpasning langs loftet.

De efterfølgende fag har altså i denne nøjagtighed fået et rationaliseringsgrundlag.

Formolie*).

De smøremidler, der i almindelig omtale kaldes formolier, anvendes for at beskytte formens overflade og lette afformningen og rensningen og derved øge formens levetid.

*) Se også Johannes Landbo: Smøremidler til pudsfri beton, „Byggeindustrien“ nr. 5, 1956.

En stor mængde forme bliver i øjeblikket udført af træ eller med træbeklædning. Inden de bliver sat i produktion, males formen med en alkali- og varmemfast lak, der tjener to formål. For det første at hindre fugtigheden i at trænge ned i formen og skabe dimensionsændringer og andre vanskeligheder, og dernæst at hindre formolien i at blødgøre træets overflade, hvilket ellers i mange tilfælde medfører reduceret levetid for belægningen.

En belægnings levetid er afhængig af mange faktorer. Den vigtigste faktor er formolie. Enhver form bliver inden anvendelsen ved sprøjtning, påsmøring eller lignende metode påført en hinde, ofte en oliehinde, som skal sikre en nem adskillelse af den støbte beton fra formens flader og samtidig betinge, at rensningsarbejdet efter afformningen bliver reduceret til det mindst mulige.

Nogen sikker erfaring for, hvilket smøremiddel der skal anvendes i hvert enkelt tilfælde, kan vel ikke siges at eksistere idag. Der eksperimenteres fortsat i alle fabrikkerne med dette, og først de kommende års arbejde vil afklare problemerne. Olien må vælges under hensyn til form, betonens vandcementtal, overflade, temperatur, vibrering og måske luftens fugtighedsgrad. Betonforme behandles af nogle først med silolak, så fedt og dernæst olie eller voks, andre benytter netop ikke lak, men vander og tørrer formen, der derefter behandles med smeltet stearin eller parafin, der atter afskrabes, hvorefter formen indsmøres i sammenpisket sæbe og solarolie. Dette får lov at trække, hvorefter formen før hver støbning behandles med olie, i sammensætning efter forholdene.

Til jernforme har man benyttet neddykning i petroleum/solarolieblanding, men normalt smøres formen med olie.

Olieholdige fedtlag bør undgås ved hvide overflader, og som hovedregel menes tykke, tunge, sejtglydende fedtlag at være skadelige, medens vandemulgerede fedtstoffer muligt kan forårsage emulgering med slammet, hvorved der dannes oliemodtagelige pletter i overfladen. En ting synes dog sikker: en elementform vil sjældent blive slidt op, dersom den er velbeskyttet imod indtrængen af olie og fugtighed i trædelene, og dersom den rette formolie anvendes. Slitagen på en elementform sker oftest ved rensningen, og kan man reducere eller helt undgå rensarbejder, har man dermed sikret formen lang levetid, selvom samlingerne, specielt lukkemekanismerne, også udsættes for stærkt slid, særlig ved vibreringen.

Arbejdet i fabrikken

Jernarbejde.

Såsnart formene er færdiggjort på formværkstedet, og prøvestøbninger skal påbegyndes, må jernarbejdet være så vidt fremskredet, at dets udførelse ikke lægger nogen hindringer i vejen for produktionen. For at sikre god formøkonomi ved at holde formens omløbstid nede er det nødvendigt, at så megen armering som muligt er præfabrikeret og oplagret på et passende sted mellem jernværkstedet og selve produktionsværkstedet, således at den arbejdstid, der medgår til elementets armering, såvidt muligt kan indskrænkes til en ren nedlægning af et færdigt jernnet og dets fastlåsning i formen.

Da præfabrikerede betonelementer ofte udføres med meget små betondimensioner, stilles der særlige krav til jernarbejdets nøjagtighed. En sådan nøjagtighed opnås ved at anvende skabeloner (jigs), hvorpå eller hvorover jernnettet samles. Jernets bukning og klipning må udføres med stor akkuratess. Ved spinkle konstruktioner er stød mellem jernet i elementets hjørner eller sædvanlige længdestød umulige at udføre, og man anvender derfor svejsning og udstrækker svejsningen til at gælde alle krydsningspunkter mellem jernene. Man opnår herved et stift og let håndterligt jernnet, som også kan styres i elementfabrikken uden større vanskelighed.

Tentorstål må ikke svejses, men der foregår for tiden forsøg hermed.

Færdigkøbte jernnet vil antageligt i mange tilfælde kunne anvendes, i hvert fald i tynde plader.

Skal jernets tildannelse være udført med stor nøjagtighed, så skal også placering af jernet i formen ske med stor akkuratess. Dette kan ske på flere måder. Den simpleste er at anvende traditionelle afstandsklodser, men disse yder ikke nogen særlig god sikkerhed for jernets endelige placering, da klodserne kan „kæntre eller svømme op“. Endvidere giver disse afstandsklodser, dersom de ikke er gjort våde før støbningen, let mærker på de færdige overflader. Det synes derfor bedre, hvor det er muligt, at anvende betonringe. Disse sikrer, at jernet under ingen omstændigheder kan komme overfladen (formsiden) nærmere end ringens tykkelse. Det kan dog stadig tænkes, at jernet kan komme for højt, og ringene kan stadig give mærker på den færdige overflade. Det synes også at være muligt at ophænge jernnettet på dorne og traverser ind over formen på en sådan måde, at jernets placering virkelig bliver entydigt bestemt og fuldstændig sikret under udstøbningen.

Det er klart, at en del af de her nævnte problemer ved armeringsarbejdet må iagttages allerede ved projektets udarbejdelse.

Betonarbejde.

Det må af detailtegningerne fremgå, hvilken styrke og hvilken farve de forskellige betonblandinger, der indgår i de enkelte elementer, skal udvise. Udfra projektets oplysninger udfærdiges der ved produktionstilrettelæggelsen en betonrecept, idet der tages fornødent hensyn til den tilstræbte afformningsstyrke, som er bestemmende for elementformens omløbstid. Betonrecepten må endvidere indeholde oplysninger om eventuelle tilsætningsmidler og ligeledes detaljeret beskrive kvaliteten af sten- og grusmaterialerne.

På en permanent elementfabrik foregår betonblandingen centralt på et stort blandeanlæg, hvis hovedprincipper vil være velkendt fra almindeligt betonarbejde. Der skal dog peges på et par specielle forhold ved blandeanlægget på en elementfabrik. Anlægget består normalt af et større antal små siloer. Produktionen på en betonelementfabrik overstiger for øjeblikket sjældent 100 m³ på en enkelt dag og ligger måske mange dage på ca. 30 m³. Det vil derfor forstås, at det ikke er produktionens størrelse, men derimod det forhold, at der i den daglige produktion anvendes mange forskellige materialer, som betinger anvendelsen af siloanlæg i elementfabrikkerne.

Et andet karakteristisk træk ved elementfabrikens blandeanlæg er de mange mindre blandemaskiner, som er nødvendige for samtidig eller i hurtig rækkefølge at kunne udstøbe flere forskellige farver og kvaliteter beton. Blandemaskinerne vil enten være af tvangsblender- eller Kaysertypen, og størrelsen vil variere fra 200 til 500 liter. Det skal endvidere bemærkes, at blandeanlægget i modsætning til de almindelige anlæg må være sådan indrettet, at man på simpel måde kan tilføre, afveje eller afmåle mange forskellige tilsætningsmidler, som tilsigter at give betonen en bestemt farve, støbelighed, vandtæthed eller overfladestruktur.

Fra blandeanlægget sker transport af betonen til udstøbningen på to principielt forskellige måder svarende til de tidligere nævnte hovedproduktionsmetoder: Samlebåndsproduktion, punktproduktion og kædeproduktion. Ved samlebånds- og punktproduktion søges betonstationen placeret på en sådan måde, at gravitationstransport direkte fra blanderen til støbepladsen bliver mulig. Blan-

deanlæggets enkelte blandere må da opstilles i rækkefølge svarende til rækkefølgen af de enkelte støbninger i samme form. Ved kædeproduktion må betonen transporteres over nogen afstand for at komme til støbeformen. Denne transport, der for størstedelen er vandret, adskiller sig i sin tilrettelæggelse ikke væsentligt fra lignende transporter ved traditionelt byggeri. Der kan anvendes motordrevne kærre, kraner og små dumptrucks. Det må dog ved tilrettelægningsbetænkningen, at den daglige transportmængde som ovenfor nævnt er relativt beskeden.

Også selve betonens placering i formen er afhængig af produktionsmetoden. Ved samlebands- og punktproduktion skræbes betonen ud fra en fast monteret bakke eller silo og falder direkte ned i formen. Herefter forskydes formen til næste trin i produktionen, som antagelig er komprimering ved vibring eller lignende. Ved kædeproduktion må for pladeelementers og de spinkle bjælke- og søjleelementers vedkommende betonen udlægges i formen med skovl eller ske, hvorefter komprimering sker. En rigtig og omhyggelig komprimering af betonen skulle gerne være kendetegnet på præfabrikeret beton, og mange metoder baseret på stampning, rystning, chok, vibration, vacuumbehandling og tryk har været anvendt. Udviklingen er næppe så langt fremskredt, at det med sikkerhed kan fastslås, hvilken komprimeringsmåde der er den rette i hvert enkelt tilfælde. Her skal kun nævnes et par erfaringer vedrørende vibring. Næsten alle typer af elementer vil kunne behandles med formvibration; vanskelighederne ligger i at vælge den rette placering og rette type af formvibrator og iøvrigt at udføre formens opstilling og understøtning og opbygning på en sådan måde, at den ønskede komprimering kan opnås med det frekvenstal og den amplitude, som vibratoren har.

Udviklingen synes, hvor det er muligt, at gå mod anvendelse af nedstikningsvibratører fremfor form- eller bordvibratører. De opnåede overflader er udseendemæssigt lige gode, og nedstikningsvibratørerne har ikke den tilbøjelighed som form- og bordvibratører til at trække et slamlag med relativt højt v/c -tal op på overfladen til skade for styrken.

Erfaringerne synes at pege på, at højfrekvens (10–12.000) giver gode resultater, men det må være ønskeligt i fremtiden at få vibrationsudstyr, hvor eventuelt både frekvens og amplitude kan varieres.

Udragende jern og bøjler skaber vanskeligheder ved ilægningen, hvis de er forbundet med det almindelige jernindlæg, og er generende for form-

fremstillingen, udstøbningen og afformningen, ganske særligt, hvis de går gennem bundformen. Ofte kan udragende jern dog under udstøbninger ligge bøjet langs formen. Efter afformningen rettes de ud til den endelige stilling.

Placeringen af vibratorerne må findes ved prøvestøbninger.

Befon.

Spring i gruskornkurven behøver ikke at hindre anvendelsen, men forsøgsstøbninger og omhu ved benyttelsen er nødvendig.

Kantede og aflange skærver besværliggør vibring og giver ofte en dårlig overflade. Air entraining øger støbeligheden, nedsætter muligvis hygroskopiciteten og dampgennemgangen. Luftmængden varierer fra 7 % ved max. korn 4 mm til 4 % ved max. korn 32 mm.

Der anvendes en del kemiske additiver, både luftindblandingsmidler (væsentligst til udendørsfacader), plasticeringsmidler (til beton, der ikke skal udsættes for vejrliget) og acceleratører (hovedsageligt Schieferola), der giver indtil 50 % forøgelse af 1-døgns styrken.

Tilsætning af farvestof (højest 5 vægt-%) bør ske med megen omhu, da blandingen praktisk talt ikke kan udføres omhyggeligt nok. Farverne er iøvrigt i almindelighed ikke sikre og stabile. Den almindelige grå farve er udmærket; tilsætning af små mængder sort for at tone betonen giver oftest skuffelser i form af skjolder. Helt hvid cement med hvide tilslagsmaterialer giver derimod oftest gode resultater, men opnår ikke samme trykstyrke som tilsvarende normal beton og har en tilbøjelighed til at krakelere; desuden er prisen ret høj, ofte 5–6 kr. ekstra pr. m^2 element. Terrakotta og til en vis grad grøn farve synes at være ret stabile, men kan også skuffe. Helt sort cement med sorte tilslagsmaterialer er mulig, men kostbar.

Der opstår ofte fine revner i overfladen, uden at årsagen altid kan påvises. Fugtig lagring, damphærdning, skygge mod direkte sol, evt. armering også af pudslag er foranstaltninger, der i hvert fald må træffes herimod. Tilsætning af Lisapol har i et tilfælde hjulpet.

I almindelighed kan betonoverflader ikke blive helt ensartede. Indenfor det enkelte element og mellem elementerne indbyrdes vil der altid være et vist spil og mindre skjolder. Det må derfor ofte anbefales at lade overfladens udseende bestemmes af profileringer o. lign. Disse kan dog i visse tilfælde give anledning til striber af snavs på de underliggende elementer.

Damphærdning.

Forskellige damphærdnings- og opvarmningsmetoder benyttes i første række, hvor omløbstiden for formene ønskes nedsat ud over, hvad man kan opnå med hurtighærdnende cementer. Specielt om vinteren kan damphærdning sikre en rimelig produktionshastighed.

Der benyttes sjældent en egentlig damphærdning ført frem til lagringens afslutning, men blot en *opvarmning i dampkammer*, der tillader en hurtigere afformning, mens den fulde styrke af betonen opnås under lagring på almindelig måde.

Hærdetemperatur og tid varieres med betonens udstøbningsstemperatur og med lufttemperaturen i fabrikken under støbningen samt den primære lagring uden damp. Normalt udstøbes betonen med temperatur på 15–20° C., og lufttemperaturen varierer fra 0–15°.

Hele dagsproduktionen anbringes samtidig i hærdekammeret, hvorved den primære lagring varierer fra 0 timer til 3–4 timer, idet dampkammeret først sættes under damp ved arbejdstidens slutning.

Temperaturen i hærdekammeret varierer fra 35–45°. Maksimum temperatur opnås efter ca. 2 timer og holdes i ca. 4 timer. Derefter lukkes for dampen, og elementerne står til langsom afkøling i ca. 7 timer. I forbindelse med overtryk er der benyttet temperaturer op til 100° C.

Overfladen af elementerne påvirkes af damphærdningen på flere måder: Overfladen er stærkere ved afformningen og den efterfølgende transport, den grå farve bliver lysere – og endvidere kan det nævnes, at indstøbte klodser, der på det færdige element kan være svære at se, hvis de er dækket af et tyndt lag cementslam, i den første tid efter at elementet er kommet ud af varmekammer træder tydeligt frem på grund af afvigende fugtighedsforhold, således at de kan afmærkes. Svindet nedsættes endvidere.

Ved stationære kædeoperationer anvendes eventuelt *hærdning i dampfelt*.

Temperatur og lagringstid varierer med størrelse af elementet og formen, betonens udstøbningsstemperatur, lufttemperaturen o.s.v. Normalt ligger temperaturen omkring 35–55° C., og tiden fra 1–5 timer. Der anvendes sjældent temperatur over 65°.

Afformning.

Den nøjagtige metode, på hvilken afformningen skal foregå, må fastlægges samtidig med formens konstruktion. Mange forme er i tidens løb blevet

ødelagt ved afformningen, fordi man ikke i tide har lagt tilstrækkelig stor omhu i planlægningen af arbejdet. Nogle af de vigtigere fremgangsmåder skal omtales nedenfor. I almindelighed skal den lempelige afformnings store betydning for belægningens holdbarhed understreges.

For at afformningen ikke skal volde vanskeligheder må a) betonen være tilstrækkelig stærk, b) sideformene være udformet og fastholdt således, at bevægelserne er mulige, c) overfladerne være glatte og uden grater, d) formen være forsynet med smig og e) den rigtige olie være anvendt. Løftegrejet og bevægelsesmetoden kan ligeledes være af betydning. En lang, elastisk kranwire kan give en pludselig afformning, i et ryk, der kan ødelægge kanter etc., f. eks. ved afformningen af en plade med kantribber langs fire sider, hvor luften har svært ved at slippe ind. I et sådant tilfælde viste det sig, at afformningen lykkedes bedre, da man trak lidt skævt, således at een ribbe løftedes først, mens elementet drejede om den modstående ribbe. Det er altså ikke tilstrækkeligt, at betonen er stærk nok, og at der er truffet forholdsregler til at imødegå friktionen; luften må have adgang. Det er vanskeligt at løse dette problem ved de normale formtyper, men man må tage forholdet i betragtning ved planlægningen af afformningsmetoden. En stor plade, der løftes lodret op, vil normalt slippe i een side først, og man må sikre sig, at dette ikke sker pludseligt, således at pladen sættes i bevægelser, der kan knuse kanter. Kranen må kunne løfte mere end elementets vægt, og elementet må kunne tåle bøjningspåvirkningerne, specielt hvis man benytter løftetroge og ikke en sugemåtte.

Sugemåtter giver en god, ensartet påvirkning under afformningen. Som hjælp ved frigørelsen af element fra formen har endvidere været benyttet donkrafte og trykluft.

I visse tilfælde kan afformningen af betonforme volde vanskeligheder. Erfaringer viser, at en kortvarig dampbehandling under dampfelt i mange tilfælde løser problemet. Dette tyder på, at grunden til vanskelighederne måske skal søges i en vedhængskraft mellem form og element, der brydes ved temperaturchokket, muligvis skyldes forholdet, at oliens viskositet forbedres.

Lagring.

Elementernes behandling under lagringen med vanding, beskyttelse mod frost etc. er kendt fra normal betonpraksis. Hertil kommer, på grund af de ofte tynde pudslag, en ekstra beskyttelse mod sol, indtil en væsentlig styrke er opnået.

Et nyt problem er understøtningerne. *Alle elementer må understøttes i bestemte punkter på afrettede understøtninger, for at man kan undgå vindskævheder, nedbøjninger o.s.v.* På dette punkt er der hidtil begået mange fejltagelser. Understøt-

ninger af træ er endvidere ofte årsag til skjolder på elementoverfladerne, og selv om klodserne males, undgås skjolderne ikke helt på grund af de ændrede fugtforhold i kontaktfladen.

Transport og montage

Transport

Ligesom for murstensbyggeri gælder det for montagebyggeri, at en væsentlig del af arbejdsindsatsen anvendes til læsning, aflæsning og transport af en betydelig mængde tunge materialer. Men medens man for murstensbyggeri (takket være de små enheder) har kunnet klare de med transporten forbundne problemer ved en opdeling til byrder af passende størrelse, f. eks. ned til det antal sten, som kan løftes med en stentang, kræver de større vægte, som selv de mindre elementer til montagebyggeri repræsenterer, at der anvendes mekaniske hjælpemidler, hvor håndkraft tidligere var tilstrækkelig. Disse mekaniske hjælpemidler findes i mangfoldige udformninger og størrelser, lige fra håndtrukne spil til svært motoriseret grej. Det, der i denne forbindelse er afgørende, er, at anvendelsen af mekaniserede hjælpemidler kræver planlægning, som sigter mod det mindste antal operationer mellem tildannelse og montage, d.v.s. at fabrikkens lagerdispositioner, afsendelsesplan og transport til byggepladsen må være nøje synkroniseret med byggepladsens montageplan. Medens en mursten endvidere passer overalt i en bygning, gælder det tilsvarende ikke for et bestemt element, som kun – selv med den mest vidt-drevne ensartethed – passer et begrænset antal steder. Man kan ikke rode i bunken for at finde det frem, man nu skal bruge. Hertil kommer, at med hver af- og påsætning, omladning og flytning vokser risikoen for brækage.

Transportprisen omfatter prisen for pålæsning, aflæsning, omladninger samt selve transporten.

Montage

Det sidste væsentlige led i montagebyggeriet er selve montagen. Man kan sige, at her skal de i projektet nedlagte tanker stå deres prøve, at det altså er her, det skal vise sig, om det som montagebyggeri duer eller ikke duer. Ganske vist har allerede elementproduktionen røbet det pågældende

Prisen for på- og aflæsning er naturligvis afhængig af det anvendte materiel, men ligger i reglen på 5–10 kr. pr. element, når der benyttes en svær kran. Mindre kraner, med mindre mandskab, evt. gaffeltrucks o. lign. på f. eks. elementfabrikkens lager er naturligvis væsentlig billigere.

På dette punkt kan man iøvrigt roligt sige, at der er rige muligheder for opfindsomhed, der kan nedbringe grejets pris, mandskabets størrelse og montagetiden.

Det væsentligste må være, at posten omladninger nedbringes, evt. forsvinder næsten helt. Det bør være muligt at tage elementet fra fabrikkens lagringsplads, transportere det til byggepladsen og der ophejse det direkte i bygningen uden omladninger. Dette kræver en omhyggelig tidsplan – køreplan. For at holde kranen beskæftiget, hvis en vogn bryder sammen, kan det i visse tilfælde måske være en fordel, om der på byggepladsen findes et mindre stødpudelager af de almindelige elementer.

Transportprisen er ca. 10 øre/tkm ved transport på landevej, afhængigt af vognens størrelse, idet det normalt er billigst at anvende meget store lastbiler. Meget store elementer transporteres på tømmervogne, men dette betyder ikke nogen forhøjelse af tkm-prisen, da det er afskrivning af motorvognen og arbejdslønnen, der er den væsentligste udgift, mens fastholdelsesanordninger etc. er af underordnet betydning. Fig. 3, pag. 29, viser transportafstandens betydning for den samlede elementpris.

byggeris mere eller mindre gode egenskaber, men først når elementerne er stillet op til parade – og montage – får man et umiddelbart indtryk af det. Et begrænset antal bunker viser det vel gennemarbejdede og forberedte byggeri, medens et uoverskueligt antal af forskellige elementer med va-

rianter viser det misforståede montagebyggeri. Et begrænset antal elementtyper gør det let at indøve de arbejdere, som har med anbringelsen at gøre, der opstår ingen uforudsete situationer, montageprocessen bliver derved hurtigt til rutine.

Planlægning af ophejsning og montage.

Et særligt problem, som er mere betydningsfuldt, end man ved en umiddelbar betragtning er tilbøjelig til at mene, er de anordninger, indstøbte rundjernsbøjler, bolte eller gevindskårne bøsninger etc., som elementerne ofte må forsynes med, for at man kan tage fat i dem. Det er betydningsfuldt, fordi der til disse anordninger medgår betydelige beløb, og især fordi disse anordningers mere eller mindre heldige udformning kan betyde meget for den tid, der medgår til anhugning og frigøring af elementet. Hvert minut koster som omtalt nedenfor under på- og aflæsning 1-2 kr. - og beløbet skal multipliceres med elementantallet. Det er derfor endnu et punkt, hvor projekterende og entreprenør må arbejde intimt sammen under planlægningen.

Undertiden - det gælder i særlig grad facade- og vægelementer - vil man kunne løfte ved hjælp af stropper eller ved hjælp af tømmer-åg, som spændes omkring elementet og fastholder det ved friktion, i andre tilfælde har man brugt vacuum til fastgørelse af store „sugeskiver“, hvortil løftegrej fastgøres. Patentløsninger kan ikke angives, men man må som sagt lægge vægt på dette problems løsning.

Af stor betydning for økonomien er det endvidere, at det enkelte element er let at anbringe i sin endelige stilling. Det er uøkonomisk at lade det mekaniske grej, der disponeres over, aflevere elementet i en foreløbig og mindre nøjagtig anbringelse for derefter senere at vende tilbage til det for at anbringe det i sin endelige stilling. Men

det er heller ikke økonomisk at lade kostbart materiel være delvis ubeskæftiget i længere tid med at holde på elementerne, til de er i deres endelige stilling, hvis denne proces tager lang tid for hvert element. Konklusionen må altså være den, at der ved elementernes udformning er taget hensyn til deres lette og rigtige anbringelse. Eventuel finregulering af placeringen, sammenstøbninger, udfugninger og deslige kan så udføres senere af arbejderne uden at lægge beslag på grejet.

Montagegrej.

Det benyttede montagegrej hænger i første række sammen med montagemetoden, elementstørrelsen og husets dimensioner og placering i forhold til omgivelserne.

Elementernes vægt (og det krævede udlæg) bestemmer kranens størrelse, således som det fremgår af nedenstående skema.

For at kunne vælge grej, må man vide, hvad anvendelsen koster. Det er derfor nødvendigt at kende kapaciteten af de typer materiel, som kunne tænkes anvendt i det pågældende tilfælde: hvor hurtigt det kører, hejser og drejer, hvor højt og hvor langt det kan række, hvor mange mand der er beskæftiget for at holde montagearbejdet igang, hvad kranen koster pr. dag, og hvad transport, op- og nedtagning af den koster, kransporenes pris o.s.v. Kort sagt, hvor mange elementer kan monteres pr. dag, og hvad koster maskiner og mandskab hertil. Der kan henvises til fabrikanternes og udlejningsstationernes kataloger, hvor alle disse oplysninger i reglen er givet. Ved planlægning af montagebyggeri må man gøre sig klart, at jo dyrere materiel der anvendes, des kostbarere er spildtiden.

I oversigt kan følgende oplysninger gives:

Store og små *tårnkraner* koster i materieludgift

| | | |
|--|---------|--|
| 1. Meget små elementer, som monteres af 1-2 mand | | vægt indtil 80 kg |
| 2. Små | - - - - | let grej (håndspil, kærre) - 80-200 kg |
| 3. Medium | - - - - | let mekanisk grej - 200-800 kg (etagekraner, traktorer) |
| 4. Store | - - - - | motoriseret grej - 800-2000 kg (tårndrejerkraner, klatrekraner, lette mobile kraner) |
| 5. Rumstore | - - - - | svært motoriseret grej -2000-10000 kg (svære tårnkraner, portalkraner, svære mobilkraner) |
| samt i visse tilfælde, især i industribyggeri, | | |
| 6. Meget store bjælker, søjler, facadeelementer | | - 10-20 t |

langt fra det samme, men når arbejdslønnen til f. eks. 4 mand tillægges, er prisen pr. minuts benyttelse næsten den samme, og det afgørende er dels hejsehastigheden – næsten konstant – dels (især) den tid, der går til anhugning, frigøring og spild. Der nævnes priser på ca. 1 kr./min., og en tid pr. element, inclusive spild på op til 10 min. At flytte et element med en svær kran koster derfor uden hensyn til vægten 5–10 kr.

Når talen er om *mobilkraner*, er forholdene noget anderledes, idet deres pris er så høj, at prisen stiger væsentligt med kapaciteten – også når lønudgifterne medregnes. Mobilkranernes belastningskurve falder meget brat med udlægget, og man får således anvendelse for relativt store kraner, så snart man ved montagen skal „række ind“ over det allerede monterede. Planlægningen er derfor afgørende: Skal man kunne „række ind“

over bygningen i 3 etagers højde – eller kan huset opføres successivt? Kan der benyttes en mindre kran en del af tiden, evt. den store kran med forøget hejsehastighed og rækkevidde, eller er elementernes vægte og størrelse aldeles tilfældigt fordelt?

Mobilkranernes store bevægelighed betales med en højere pris. Montageudgifterne bliver op mod 2 kr./min., men til gengæld er spildtiden væsentlig mindre end ved andre krantyper, da mobilkranen hurtigt kan gå i arbejde, hvor der er brug for den, uden udgifter til lægning af spor. Ofte vælges kapaciteten større end absolut nødvendig, da man derved opnår større frihed ved placeringen. Byggepladsens planlægning bliver ekstra vigtig, når der benyttes mobilkran: Terrænet skal være plant og ryddet for oplagsmaterialer, hvor der skal arbejdes med kranen.

Tillæg

Sammenhængen mellem leveringstider, formudnyttelse og økonomi i elementproduktionen

Af Johs. F. Munch-Pedersen.

Indledning. Definitioner og beskrivelse af produktionsmetoderne.

I langt de fleste tilfælde er der til en elementordre knyttet en leveringsfrist, eller ofte en egentlig leveringsplan, hvori det krævede antal elementer til ethvert tidspunkt er opgivet. Oftest kræves der i disse tilfælde en jævn strøm af elementer eller et bestemt antal med lige store mellemrum. Da produktionen ligeledes foregår jævnt (bortset fra den første indkøringstid, indtil arbejdet er blevet rutinearbejde) er det ofte tilstrækkeligt at planlægge ud fra a) den samlede leveringstid fra ordre til levering af sidste element, L , eller ud fra

b) leveringstiden fra ordre til første element, L_0 , når der tages hensyn til indkøring og eventuelle driftsforstyrrelser.

I hvert enkelt tilfælde må det undersøges, om a) eller b) er bestemmende.

Men, som det vil fremgå af det følgende, findes der en værdi af L , L_{min} , som det med et givet formmateriale, betonteknik etc. ikke er muligt at komme under, en værdi som det iøvrigt er meget uøkonomisk at nærme sig.

Leveringstiden L består, hvis formmateriale, betonteknik etc. er valgt, at et konstant bidrag Σt og et variabelt bidrag T , idet man kan sætte:

$$\begin{aligned} L &= \Sigma t + T \\ L_0 &= \Sigma t + T_0 \\ L_{min} &= \Sigma t + T_{min} \end{aligned}$$

T består af formproduktionstid og elementproduktionstid. Σt , det konstante bidrag, består af en række tider, benævnt t .

$$\Sigma t = t_p + t_m + t_{fh} + t_{eh}$$

t_p er planlægningstiden, d.v.s. den tid, der går fra ordre til formproduktionen begynder. I denne tid bør endvidere indkalkuleres et tillæg for indkøringen (tillægget kan sættes ned, hvis man i begyndelsen sætter flere mand på arbejdet), eventuelt et tillæg for driftsforstyrrelser samt et tillæg for ferier o. lign.

Derefter begynder formproduktionen, der for stålformers vedkommende ofte er uden for elementfabrikkens kontrol. Findes der på smedeværkstedet ligeledes en planlægnings-tid - eller en ventetid, hvis værkstedet er optaget - kan dette tillæg, der er konstant, overføres til t_p .

Selve formproduktionstiden for stålformen afhænger af fabrikationstiden for een form, b , antallet af forme, f , og endvidere af produktions- og leveringsforholdene. Producerses formene en ad gangen, er formproduktionstiden $f \cdot b$, produceres de på een gang, er denne del af T kun

b. Til tider fabrikeres formene i flere, c , sideløbende produktioner og formproduktionstiden bliver da $\frac{f \cdot b}{c}$. For at nedsætte leveringstiden er det muligt, at man vil levere formene i p delleverancer, der straks tages i brug. Drejer det sig kun om et begrænset antal forme, produceres de antageligt samtidigt, d.v.s. $c = f$.

For betonformenes vedkommende bliver forholdene noget anderledes. Man begynder ofte med at producere en stamform i gips, træ eller et andet letbearbejdeligt materiale. Af denne stamform laves en matrice i beton, hvorover der siden produceres betonform. I dette tilfælde bliver formproduktionstiden: (se fig. 1 A).

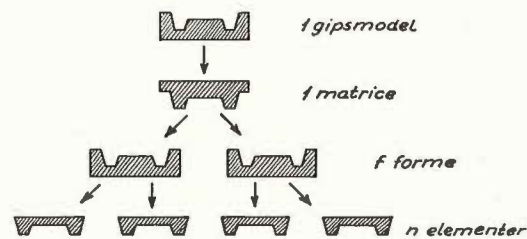


Fig. 1 A. Elementproduktion i betonforme, 1 matrice, få elementer. Relativ lang leveringstid.

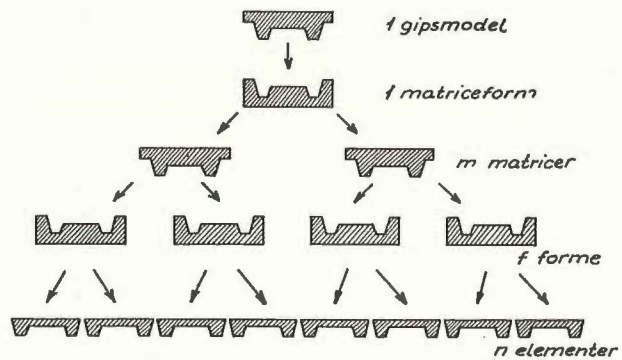
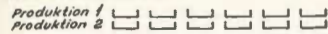


Fig. 1 B. Elementproduktion i betonforme. Flere (m) matricer. Mange elementer. Relativ kort leveringstid.

- a) Matricefremstillingstiden, der består af et konstant bidrag t_m til produktion af stamform + matrice (konstant).
- β) Omløbstiden for matricen, b (d.v.s. tiden mellem to afformninger i matricen af to forme) multipliceret med formantallet, f (variabel, $f \cdot b$).
- γ) Hærdetiden for formene t_{fh} (konstant).

I enkelte tilfælde benyttes flere matricer, antal m , til sideløbende formproduktioner. (Se figur 1 B). m bliver altså lig c som defineret under stålforme. I dette tilfælde er stamformen udført så bestandig, at det nødvendige antal matricer

FORMPRODUKTION i c (her 2) sideløbende produktioner.



FORMLEVERANCE



$f = 12$ forme
 $c = 2$ sideløbende produktioner.
 $f = 6$ delleverancer
 $c = 2$
 $n = 84$ elementer.

ELEMENTPRODUKTION

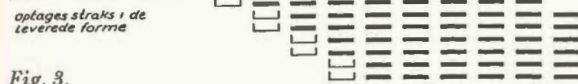


Fig. 3.

II Formene produceres alle samtidigt og leveres under eet. Een leverance ($p = 1$). $f = c$ sideløbende produktioner. Dette er en ofte anvendt produktionsmetode for *stålforme*

$$T = b + \frac{na}{f} \quad \text{se fig. 3}$$

$T_{\min} = b + a$ for $f = n =$ een form til hvert element (uden praktisk betydning)

$$T_0 = b + a$$

$$f = \frac{na}{T - b}$$

$$u = \frac{n}{f} = \frac{T - b}{a}$$

FORMPRODUKTION i c (her 2) sideløbende produktioner



FORMLEVERANCE



$f = 12$ forme
 $c = 2$ sideløbende produktioner
 $p = 2$ delleverancer
 $n = 84$ elementer

ELEMENTPRODUKTION



Fig. 4.

III Formene fremstilles i c sideløbende produktioner og leveres i p leverancer, der straks tages i brug, se fig. 4. Dette er en ofte anvendt produktionsmetode for *betonforme*

$$p \text{ delleverancer } \text{à} \frac{f}{p} \text{ stk.}$$

$$c \text{ sideløbende produktioner } \text{à} \frac{f}{c} \text{ stk.}$$

$$\text{Formfremstillingstid} = \frac{fb}{c}$$

For hver delleverance gælder

$$1 \frac{fb}{cp} \text{ dage fremstilles i } \frac{f}{p} \text{ forme } \frac{f}{p} \cdot \frac{fb}{cp} \frac{1}{a} \text{ elementer}$$

I formproduktions-tiden er der fremstillet

$$\frac{f^2 b}{cp^2 a} (1 + 2 + \dots + (p-1)) = \frac{f^2 b}{2 p c a} (p-1) = q \text{ elementer}$$

I den resterende tid skal produceres $n - q$ elementer. Heraf fås

$$T = \frac{fb}{c} + \left[n - \frac{f^2 b}{2 p c a} (p-1) \right] \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{na}{f} + fb \frac{1}{\omega^2} \quad \omega = \sqrt{c \frac{2p}{p+1}}$$

Minimum fås for $\frac{\delta T}{\delta f} = 0$, d.v.s. $f = \omega \sqrt{\frac{na}{b}}$

$$T_{\min} = \frac{1}{\omega} \sqrt{4nab}$$

$$T_0 = \frac{fb}{pc} + a$$

Af ligningen for T fås:

$$f = \frac{T - \sqrt{T^2 - 4nab} \frac{1}{\omega^2}}{\frac{2b}{\omega^2}}$$

$$u = \frac{n}{f} = \frac{T + \sqrt{T^2 - 4nab} \frac{1}{\omega^2}}{2a}$$

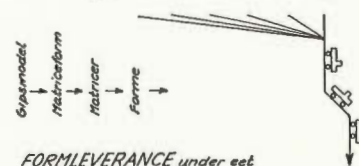
Faktoren $\omega = \sqrt{c \frac{2p}{p+1}}$ vil oftest være 1, idet $c = 1$ og

$p = 1$, men for store leverancer og når tiden er knap kan $c \neq 1$ og $p \neq 1$ reducere leveringstiden.

Faktoren $\sqrt{\frac{2p}{p+1}}$ har dog så lille betydning, at man ofte må regne med, at praktiske hensyn sætter $p = 1$. Se fig. 5.

| p | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | $\rightarrow \infty$ |
|-------------------------|------|------|------|------|------|----------------------|
| $\sqrt{\frac{2p}{p+1}}$ | 1,00 | 1,15 | 1,22 | 1,26 | 1,29 | 1,41 |

FORMPRODUKTION



1 gipsmodel
 1 matriceform
 $m = 2$ matricer
 til 2 sideløbende produktioner
 $f = 12$ forme
 1 formleverance
 $n = 84$ elementer

FORMLEVERANCE under eet

ELEMENTPRODUKTION

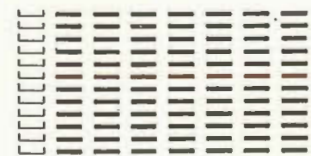


Fig. 5.

Iøvrigt må det bemærkes, at man ved indsættelse af f i de to led i formlen for T får:

$$\frac{na}{f} = \frac{T + \sqrt{T^2 - T_{\min}^2}}{2}$$

$$\frac{fb}{\omega^2} = \frac{T - \sqrt{T^2 - T_{\min}^2}}{2}$$

Leddet $\frac{na}{f}$ er elementproduktionstiden T_e og $\frac{fb}{\omega^2} = \frac{fb}{c}$ er

formproduktionstiden T_f for $p = 1$.

For $T = T_{\min}$ er $T_e = T_f$ og for $T \neq T_{\min}$ angiver

$\frac{1}{2} \sqrt{T^2 - T_{\min}^2}$ T_e 's og T_f 's afvigelser fra $\frac{T}{2}$, idet form-

produktionstiden er mindre, og elementproduktionstiden er større end $\frac{T}{2}$.

Ved produktion i betonforme rejser spørgsmålet om fastsættelsen af f og m sig. Både formens og matrixens pris skal fordeles over leverancens n elementer, men af formlen for u ses, at få matrixer (lille m) giver lille ω og dermed en

lav udnyttelsesgrad (lille $u = \frac{n}{f}$), d.v.s. mange forme (stort f).

Kaldes matrixens pris B og formens pris C må der søges minimum af $m \cdot B + f \cdot C$.

Sættes $\varrho = \frac{B}{C}$ fås, at der søges minimum af $X = f + \varrho \cdot m$,

hvor f og m er forbundet ved $\omega^2 = m \frac{2p}{p+1} = \frac{f \cdot b}{T - \frac{na}{f}}$

Heraf fås:

$$x = f + \frac{\varrho b (p+1)}{2p} \frac{f^2}{fT - na}$$

$$\frac{\delta x}{\delta f} = 0 \text{ giver}$$

$$1 + \frac{\varrho b (p+1)}{2p} \left[\frac{2f}{fT - na} - \frac{f^2 T}{(fT - na)^2} \right] = 0$$

Sættes $\frac{f}{fT - na} = z$ d.v.s. $f = \frac{naz}{Tz - 1}$, fås

$$T z^2 - 2z - \frac{2p}{\varrho b (p+1)} = 0$$

$$\text{hvoraf } z = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{2pT}{\varrho b (p+1)}}}{T}$$

$$\text{og } f = \frac{na}{T} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2pT}{\varrho b (p+1)}} \right)$$

hvorefter m fås af

$$m = \frac{f^2 b}{fT - na} \frac{p+1}{2p}$$

Forholdet ϱ kan ved produktioner uden matrice opfattes som et udtryk for eventuelt øgede omkostninger ved at producere forme i flere sideløbende produktioner, c . I så fald er B^* omkostningerne pr. sideløbende produktion, der startes og $\varrho = \frac{B^*}{C}$. I reglen er B^* ikke en konstant, men $B^* \cdot c$ vokser kun lidt med c . I så fald er det økonomisk med et stort c , d.v.s. et stort ω , altså lille T_{\min} med deraf følgende høj udnyttelsesgrad, $u = \frac{n}{f}$. Ved stålforme

er dette udpræget, således at man i reglen vil gå til grænsen $c = f$, hvis praktiske forhold ikke hindrer dette. Vi er da i tilfælde II.

Oversigt over den matematiske behandling.

| Produktionsmetode | I, fig. 2 | II, fig. 3 | III, fig. 4 |
|--------------------------|--|---|--|
| Leverance | Formene leveres efterhånden som de bliver færdige - og tages straks i brug. | Formene leveres under eet $p = 1$ | Formene leveres i p delleverancer p er dog i reglen 1 |
| Delleverance | $p = \frac{f}{c}$ delleverancer à c stk. | $p = 1$ | p delleverancer à $\frac{f}{c}$ stk. |
| Sideløbende produktioner | c sideløbende prod. à $\frac{f}{c}$ stk. | $c = f$, d.v.s. at alle forme produceres samtidigt | c sideløbende prod. à $\frac{f}{c}$ stk. oftest $p = 1$ og $\omega = \sqrt{c}$ |
| Benyttes ofte ved: | Store, løbende leverancer ^{*)} | Stålforme | Betonforme |
| Faktor | $\nu = \sqrt{2c}$ | - | $\omega = \sqrt{c \frac{2p}{p+1}}$ oftest $p = 1$ og $\omega = \sqrt{c}$ |
| T | $\frac{na}{f} + fb \frac{1}{\nu^2} + \frac{b}{2}$ | $b + \frac{na}{f}$ | $\frac{na}{f} + fb \frac{1}{\omega^2}$ |
| T_{\min} | $\frac{1}{\nu} \sqrt{4nab} + \frac{b}{2}$ | $b + a$ (Meget dyrt, $f = n$) | $\frac{1}{\omega} \sqrt{4nab}$ |
| T_{\min} fås for $f =$ | $\nu \sqrt{\frac{na}{b}}$ | $f = n$, d.v.s. een form til hvert element | $f = \omega \cdot \sqrt{\frac{na}{b}}$ |
| T_0 | $b + a$ | $b + a$ | $\frac{fb}{pc} + a$ |
| f | $\frac{(T - \frac{b}{2}) - \sqrt{(T - \frac{b}{2})^2 - (T_{\min} - \frac{b}{2})^2}}{\frac{2b}{\nu^2}}$ | $\frac{na}{T-b}$ | $\frac{T - \sqrt{T^2 - T_{\min}^{2**}}}{\frac{2b}{\omega^2}}$ |
| $u = \frac{n}{f}$ | $\frac{(T - \frac{b}{2}) + \sqrt{(T - \frac{b}{2})^2 - (T_{\min} - \frac{b}{2})^2}}{2a}$ | $\frac{T-b}{a}$ | $\frac{T + \sqrt{T^2 - T_{\min}^{2**}}}{2a}$ |
| | ^{*)} men i så fald har de opstillede formler ingen mening. | | ^{**)} Betonforme $m = c$ $\varrho = \frac{\text{matricepris}}{\text{formpris}}$ $f = \frac{na}{T} \left(1 + \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{2pT}{\varrho b(p+1)}}} \right)$ $m = \frac{f^2 b}{fT - na} \frac{p+1}{2p}$ |

Bemærkninger til den matematiske behandling.

Metode I er blot en videreudvikling af metode III, idet metode I indeholder det størst mulige antal dellerancer – formene leveres, så snart de er færdige – mens metode III indeholder et begrænset antal dellerancer, eventuelt kun een leverance.

Metode I er derfor lidt hurtigere end metode III.

Metode II, hvor alle forme produceres samtidigt – altså hvor antallet af sideløbende produktioner er maksimalt – er den hurtigste metode under iøvrigt lige forhold. Men da metoden ofte er benyttet ved forholdsvis dyre forme – f. eks. i stål – har man af økonomiske grunde valgt formantallet så lille, at metode III, der for de langt billigere betonforme er den naturligste, har kunnet konkurrere med metode II både i pris og tid. Stålforme og forsåvidt også træforme – produceret efter metode II – har en ret høj pris og skal derfor bruges mange gange, mens betonforme – produceret efter metode III – er billige („det er kun matricen, der koster“), således at den længere formproduktionstid kan kompenseres af flere forme uden at ødelægge den økonomiske konkurrenceevne.

I metode II er formantallet entydigt bestemt, når leveringstiden er givet; minimum af leveringstid fås for det i praksis utænkelige tilfælde af formene kun bruges een gang.

Metode III, hvor formene produceres i en eller flere sideløbende produktioner (for betonforme: over en eller flere matricer) og leveres i en eller flere dellerancer, der straks tages i brug til elementproduktion, rummer matematisk en række ejendommeligheder af praktisk betydning.

Det viser sig, at leveringstiden kun afkortes ubetydeligt ved opdeling af formleverancen i flere dellerancer (se pag. 59), således at dette næppe er umagen værd. Derimod influerer antallet af sideløbende produktioner af forme (c hhv. m) ret kraftigt, på tiden, nemlig med faktoren $\frac{1}{c}$ på formproduktionstiden og $\frac{1}{\sqrt{c}}$ på minimumstiden. Det viser sig, at der findes en minimumsleveringstid, idet man når et „point of no return“, hvor en indsats af flere forme nok reduceres elementproduktionstiden, men forøger formproduktionstiden mere. Endvidere viser formlen for formudnyttelsesgraden u 's afhængighed af T , at u i begyndelsen vokser meget hurtigt, når T vokser fra T_{\min} . Det er altså uøkonomisk at holde en leveringstid kun lidt over minimum, men på den anden side ses det også, at der ikke kan vindes ret meget med meget lange leveringstider, især ikke, hvis u efter formlen bliver større end, hvad formmaterialet kan udnyttes til. I så fald bliver der spildtid.

I denne forbindelse bør det også påpeges, at lange leveringstider nok nedsætter elementprisen, men øger byggerenterne, mens korte leveringstider kan lægge et så stramt produktionsprogram, at tidsplanen bliver for følsom over for forstyrrelser. Iøvrigt viser formlen i fodnoten til metode III, pag. 61, at der findes et entydigt bestemt økonomisk formantal og sammenhørende matriceantal (evt. antal sideløbende produktioner, se pag. 60), afhængigt af forholdet e , mellem matricens pris og formens pris, samt af elementantal, omløbstider, leveringstid og antal deleleverancer, n , a , b , T og p .

I det simple tilfælde, hvor der er een formproduktion (een matrice) og ingen dellerancer, fås T_{\min} for form-

produktionstid lige elementproduktionstid (idet der ved disse ord forstås disses variable dele som defineret pag. 57).

Eksempler.

Den praktiske fremgangsmåde som indledning til de økonomiske overvejelser i forbindelse med valg af formantal og leveringstider er noget forskellige for de forskellige metoder. Et par eksempler vil belyse dette – med tilfældigt valgte konstanter.

Eksempel 1

Produktion efter metode II i stålforme.

Fabrikken antages at vælge damphærdning, således at omløbstiden kan sættes til $a = 1$ dag $= \frac{1}{25}$ måned for formene.

Planlægningstid, inclusive et sikkerhedstillæg, sættes til $t_p = 0,5$ måned. Formproduktionstiden, b , sættes til 1,3 md. Elementhærdetiden sættes til 0,7 md (ofte søger fabrikkerne at nedsætte denne tid, men af hensyn til svind og krybning bør man selv ved hurtighærdende cement være varsom, især hvis tolerancerne er små).

Formene kan maksimalt anvendes 1000 gange, førend en gennemgribende reparation er nødvendig.

I dette tilfælde fås da.

$$L = 0,5 + 1,3 + 0,7 + \frac{n}{25f} = 2,5 + \frac{n}{25f} \text{ måneder}$$

$$\text{eller } f = \frac{n}{25(L - 2,5)}$$

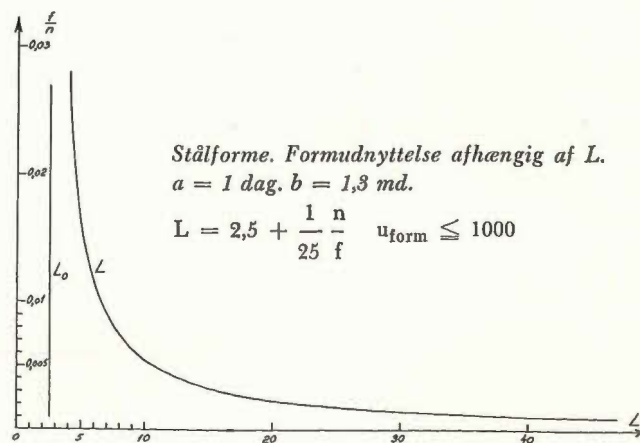


Fig. 6.

For økonomien er, som det senere skal vises, forholdet

$$\frac{1}{u} = \frac{n}{f} \text{ afgørende.}$$

$$u = 25(L - 2,5)$$

$$2,5 \leq L \leq 42,5 \text{ måned}$$

L må mindst være $2,5 + \frac{1}{25}$ md for $f = n$, men dette giver

$u = 1$, altså meget uøkonomisk produktion. Indsættes $u = 1000$ fås $L = 2,5 + 40 = 42,5$ måned.

En forøgelse af leveringstiden udover 42,5 måned vil derfor ikke bedre økonomien, med mindre fabrikken kan opnå en fordel derved. Så lange leveringstider vil kun komme på tale ved meget store elementordrer; normalt er L så lille, at u ikke kan nå op i nærheden af 1000. En bedre økonomi kan da opnås, hvis man kan garantere fabrikken, at formene kan benyttes igen ved en senere ordre.

Se iøvrigt kurven fig. 6.

| | t_p | t_{stamform} | $t_{\text{matriceform}}$ | t_{matrice} | t_{fh} | t_{eh} | Σt |
|--------------------|-------|-----------------------|--------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|------------|
| $m = 1$ | 0,5 | 0,4 | 0 | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 2,6 |
| $m = 2$ | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,65 | 0,4 | 0,8 | 3,15 |
| $m = 3$ | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,75 | 0,4 | 0,8 | 3,25 |
| $m = 4$ | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,9 | 0,4 | 0,8 | 3,4 |
| $m = 5$ | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 1,0 | 0,4 | 0,8 | 3,4 |
| m | 0,5 | 0,4 | 0,4 | $0,4 + \frac{3}{25} m$ | 0,4 | 0,8 | Σt |
| $m = 0$ $f = 1$ | 0,5 | 0,4 | 0 | 0 | 0,4 | 0,8 | 2,1 |

Eksempel 2

Produktion efter metode III i betonforme i fri luft.

Omløbstiden for formene $a = \frac{3}{25}$ md (dampfelt i vintertiden).

- for matricerne $b = \frac{1}{5}$ md

- for matriceformene $\frac{3}{25}$ md

Fremstillingstid for 1 stamform 0,4 md.

- 1 matriceform 0,4 md.

- m matricer $0,4 + \frac{3}{25} \cdot m$ md

Hærdetid for forme $t_{\text{fh}} = 0,4$ md.

- elementer $t_{\text{eh}} = 0,8$ md.

Planlægningstid $t_p = 0,5$ md.

Σt bliver da

$\Sigma t = 2,9 + \frac{3}{25} m$ for $m > 1$ og matriceformens omløbstid

$\frac{3}{25} =$ måned. Se iverigt skemaet ovenfor.

$$u_{\text{form}} \leq 150 \quad u_{\text{matrice}} \leq 20 \quad u_{\text{matriceform}} \leq 20$$

Der regnes med een leverance: $p = 1$.

$$\text{Forholdet } \varrho = \frac{1 \text{ matrices pris}}{1 \text{ forms pris}} \text{ sættes}$$

$$= \frac{1 \text{ matriceforms pris}}{1 \text{ forms pris}} = 1$$

For økonomien er den samlede udgift til forme, matricer og matriceforme afgørende. De øvrige prisled er ret konstante (se senere). Der søges altså minimum af

$$\frac{1}{n} (f \cdot c + m \cdot B + D)$$

hvor C , B og D er prisen henholdsvis pr. form, matrice og matriceform. Simplet er det for givet n at søge minimum af $f + (m + 1) \varrho$.

Dette led varierer med leveringstiden L og med n ; f aftager, når m vokser, og økonomihensyn mellem L , n , f og m m. v. er behandlet pag. 60.

Den simpleste måde at løse problemet på er da:

$$T = L - \Sigma t.$$

Det økonomiske formantal f_0 fås af

$$f_0 = \frac{na}{T} \left(1 + \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{2pT}{\varrho b(p+1)}}} \right)$$

og sammenhørende hermed

$$m_0 = \frac{f^2 b}{fT - na} \frac{p+1}{2p} \quad (\text{pag. 60-61}).$$

(Formlen forudsætter konstant t_m . Σ må derfor eventuelt korrigeres med det nye m , hvorefter der regnes om).

Der kan nu fastsættes m (afrundet m_0)

$$\Sigma t, T \text{ samt } T_{\text{min}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{m \cdot 2p}{p+1}}} \sqrt{4nab}$$

Derefter beregnes

$$u = \frac{n}{f} = \frac{T + \sqrt{T^2 - T_{\text{min}}^2}}{2a}$$

$$\text{og } f = \frac{n}{u}$$

$$\text{Som kontrol } T = \frac{na}{T} + fb \frac{1}{\omega} 2$$

Det er allerede omtalt, at formlerne for det økonomiske værdisæt af f og m forudsætter, at Σt er konstant, mens Σt i praksis er noget afhængig af m , f. eks. som angivet ovenfor, hvor matriceformens omløbstid er sat til 3 dage. Ved at starte formproduktionen efterhånden som matricerne bliver færdige, kan tidstabet indvindes, men det vil ofte give for mange praktiske vanskeligheder. Også for formproduktionen kan der da findes et „point of no return“, f. eks. fås for 300 elementer og de tidligere valgte konstanter $L_{\text{min}} = 5,80$:

| m | T_{min} | for f | Σt | L_{min} | $f + m + 1$ | En halv måned ekstra på L sparer 50 % |
|-----|------------------|---------|------------|------------------|-------------|---|
| 10 | 1,7 | 43 | 4,1 | 5,8 | 54 | |
| 8 | 1,9 | 38 | 3,9 | 5,8 | 47 | |
| 6 | 2,2 | 33 | 3,6 | 5,8 | 40 | |
| 4 | 2,7 | 27 | 3,4 | 6,1 | 32 | |
| 3 | 3,1 | 24 | 3,2 | 6,3 | 28 | |

$$T = \frac{36}{f} + \frac{f}{5n}; \quad T_{\text{min}} = \frac{5,4}{\sqrt{m}} \text{ for } f = \sqrt{m} \cdot 13,4$$

Kurverne, fig. 7-10, viser sammenhængen mellem leveringstiden, L , antallet af matricer og formøkonomien for forskellige værdier af n . På fig. 9, $n = 300$, er vist beliggenheden af de punkter, man når til ved anvendelsen af formlerne for økonomisk m og f for $L = 6, 7, 8, 10$ og 12 måneder. Endvidere er indtegnet L_0 , leveringstiden for første element svarende til det værdisæt af f og m bestemt af L , der giver den mindste værdi af L_0 uden at skade økonomien væsentligt.

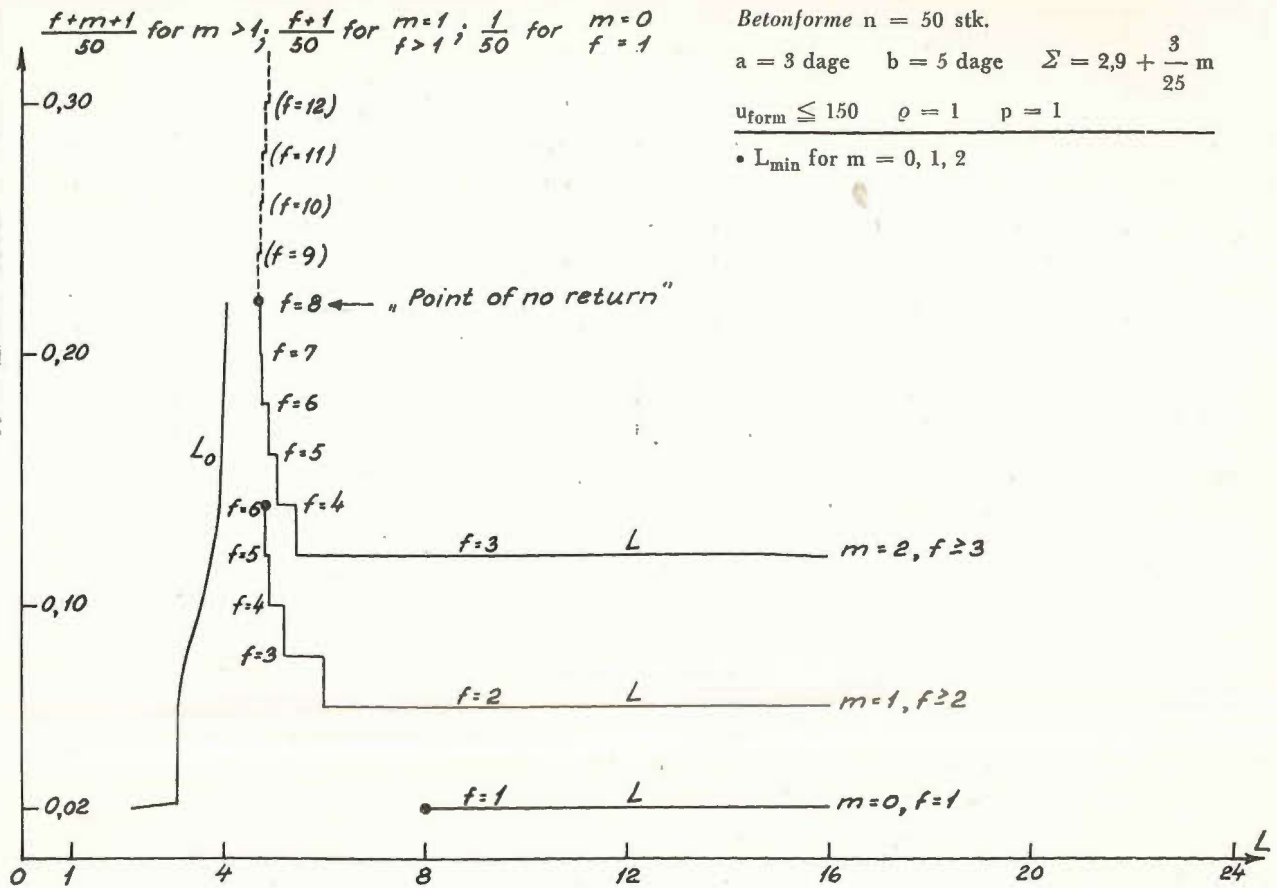


Fig. 7.

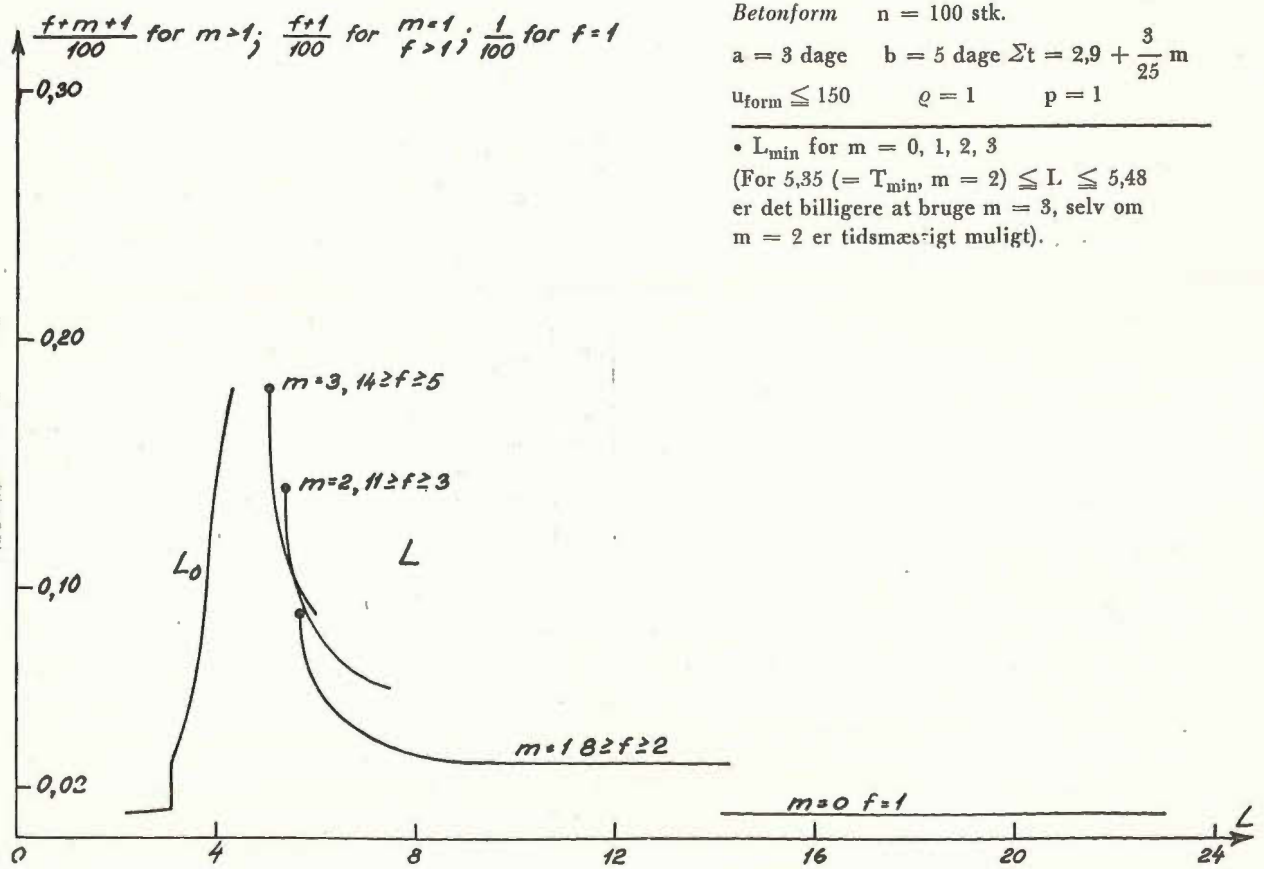


Fig. 8.

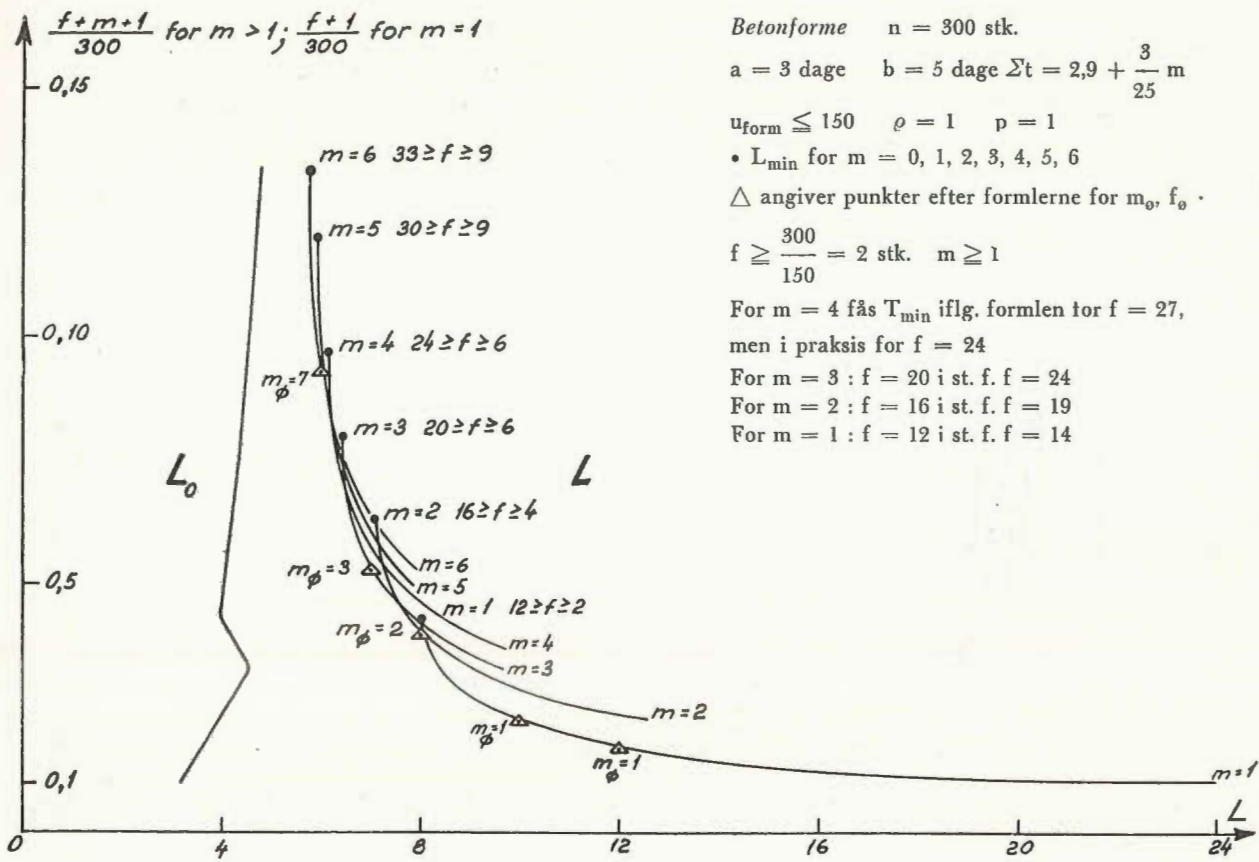


Fig. 9.

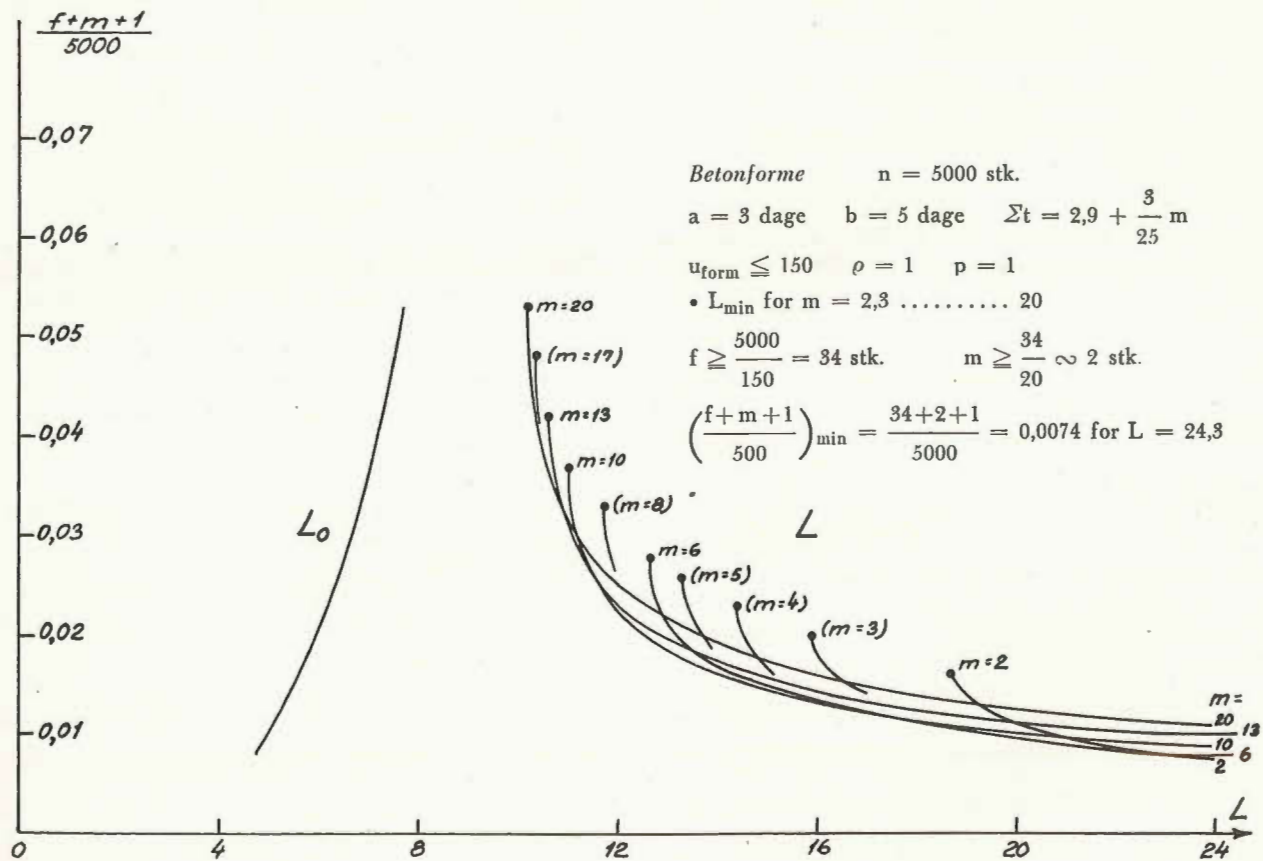


Fig. 10.

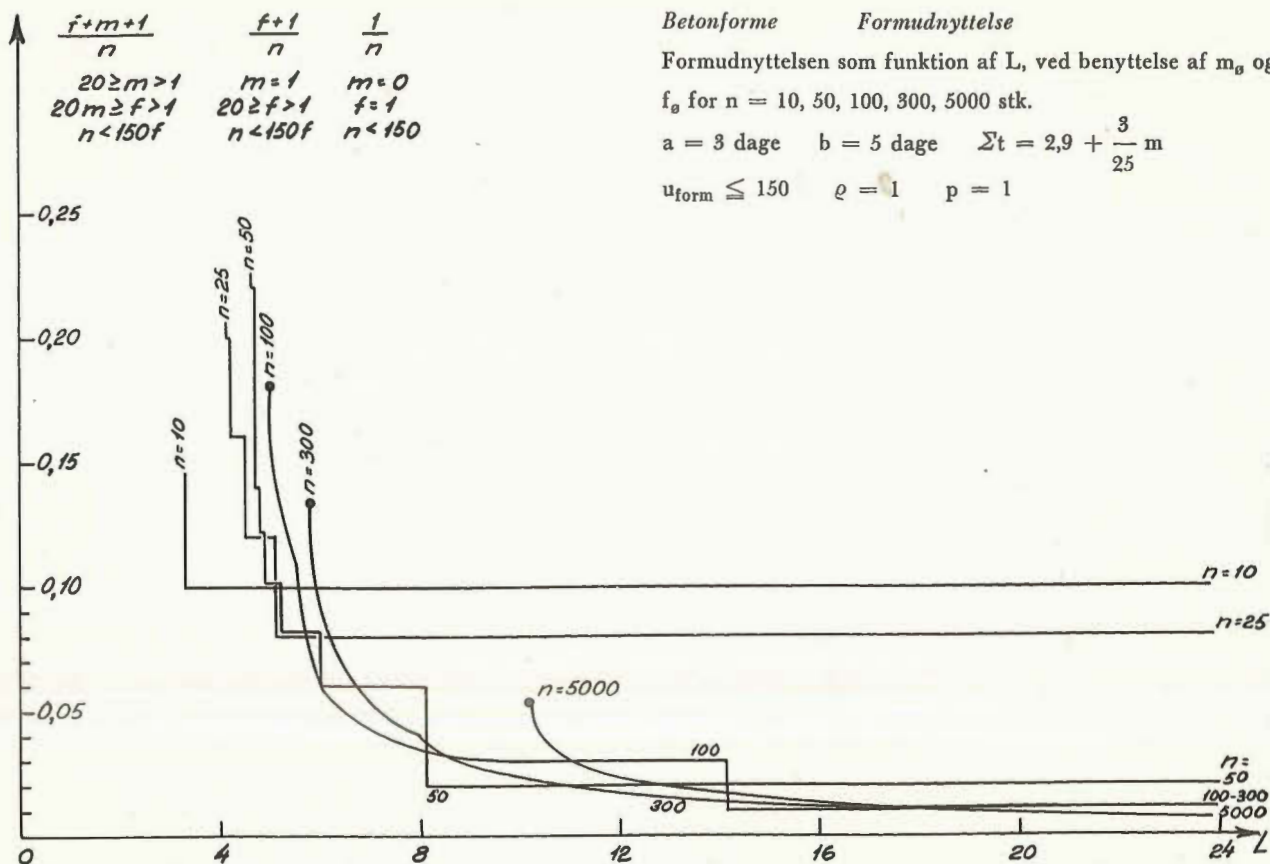


Fig. 11

Kurvernes ordinat, kaldet formøkonomien, er et udtryk for formenes udnyttelse, antallet af forme + matricer o.s.v. pr. element. For betonforme er udtrykket $\frac{f + \varrho(m+1)}{n}$

hvis der benyttes flere matricer; $\frac{f + \varrho \cdot 1}{n}$ hvis der kun benyttes en matrice, og $\frac{1}{n}$ hvis der kun benyttes en form.

(For stålforme $\frac{f}{n}$).

Det ses, at den bedste økonomi opnås med lange leveringstider, L , for den samlede produktion, når L_0 , leveringstiden for første element, samtidig nedsættes. Endvidere er på fig. 7 punkteret vist det økonomisk dårlige resultat og den øgede leveringstid for større formantal endbestemt ved T_{\min} .

På fig. 11 er vist de forrige kurvers indhyllingskurver, d.v.s. de kurver, der angiver forbindelsen mellem L , det mest økonomiske sæt f og m og formøkonomien. Det ses at for voksende elementantal vokser L_{\min} , mens økonomien bedres for rimelige leveringstider.

På fig. 6 er vist den tilsvarende kurve for stålforme, metode II. Økonomien er afhængig af leveringstiden, men ikke af n . L_0 er konstant.

Af kurverne fig. 7-10 ses det, at det kan blive afgørende for økonomien at vælge det rigtige antal matricer og forme blandt de sæt, der opfylder leveringstidens krav; for $n < 100$ er der dog ingen tvivl, men med voksende n , vokser betydningen af m_0 og f_0 . Det er klart, at det er

Betonforme Formudnyttelse

Formudnyttelsen som funktion af L , ved benyttelse af m_0 og f_0 for $n = 10, 50, 100, 300, 5000$ stk.

$$a = 3 \text{ dage} \quad b = 5 \text{ dage} \quad \Sigma t = 2,9 + \frac{3}{25} m$$

$$u_{\text{form}} \leq 150 \quad \varrho = 1 \quad p = 1$$

økonomisk at vælge en sådan værdi af m , at den tilsvarende værdi af L_{\min} er væsentligt mindre end L .

Disse beregninger må nøjere undersøges. Dels kan resultaterne vise, at der fås upraktisk store (små) værdier, dels kan visse grænsetilfælde ændre billedet.

$$u_{\text{matriceform}} = m \text{ skal være mindre end } f. \text{ eks. } 20.$$

$$u_{\text{matrice}} = \frac{f}{m} \text{ skal være mindre end } f. \text{ eks. } 20.$$

$$u_{\text{form}} = \frac{n}{f} \text{ skal være mindre end } f. \text{ eks. } 150.$$

Hvis $m = 1$, kan matriceformen undværes, idet matricen støbes direkte i stamformen. Derved vindes $0,4$ md. i Σt og samtidig bliver det økonomiske udtryk nedsat til $f + \varrho$. Dette forhold resulterer i, at det ofte selv om $m_0 > 1$ alligevel er billigere at benytte $m = 1$, idet tidsgevinsten $0,4$ gør, at f stiger så lidt, at

$$(f + \varrho)_{m=1} < (f + \varrho(m+1))_{m > 1}.$$

Hvis $f = 1$, støbes formen i stamformen, og Σt afkortes yderligere med $0,4 + \frac{3}{25}$ md.

Alt dette kan udtrykkes således:

$n < 150$. Med voksende L aftager m (m bør for så små værdier af n i praksis være 1). For m omkring 1 varierer prisen og Σt diskontinuert, idet matriceformen forsvinder. Vokser L yderligere, aftager f . For f omkring 1 varierer prisen og Σt diskontinuert, idet matricen forsvinder. Yderligere forlængelse af L bedrer ikke økonomien; der opstår spildtid.

$n > 150$. Med voksende L aftager m og for m omkring 1 varierer prisen og Σt diskontinuert, idet matriceformen forsvinder.

Vokser L yderligere, aftager f og dermed vokser $u = \frac{n}{f}$. Når forudnyttelsen når $u = 150$ gange, bedres økonomien ikke yderligere. Et voksende antal elementer kan mindske leddet $\frac{1}{n}$ · matricens pris, men dette er i praksis uden større betydning. Derimod kan andre forhold lade prisen aftage for store værdier af n . Til gengæld må $f \leq 20 \cdot m$, (eller der må benyttes stålmatricer).

$u = 150$ giver for 3 dages omløbstid $L \approx 20-24$ mdr.

$u = 150$ giver for 1 dags omløbstid $L \approx 8-10$ mdr.

Fælles for begge tilfælde er, at økonomien bedres, når leveringstiden øges (for konstant n), og at elementprisen varierer kraftigt med leveringstiden i området „lige over“ den mindste leveringstid. For lange leveringstider er variationen lille – og en forøgelse udover en vis grænse bedrer ikke økonomien. De angivne spring er i praksis mindre udprægede, da f. eks. matricens pris afhænger af, hvor mange gange den skal anvendes. Endvidere må det fremhæves, at formprisens bidrag til elementprisen ofte er (eller burde være!) så lille, at mindre afvigelser fra det teoretisk mest økonomiske ikke er afgørende.

Resumé af leveringstidens betydning. Konklusioner.

I de foregående afsnit er leveringstidens indflydelse på elementproduktionen undersøgt matematisk.

Det fremgår heraf, at såvel tiden fra ordre til levering af det første element som tiden fra ordre til levering af det sidste element er afgørende for produktionens tilrettelæggelse. Endvidere kan en uregelmæssig leveringsplan imellem disse to leveringstidspunkter lægge pres på produktionen.

Det er klart, at der må være en vis mindsteleveringstid for det første element, L_0 , idet der altid må være tid til planlægning, indkøb, produktion af forme, hærde tid for elementer (og matricer og forme for betonformes vedkommende). Denne leveringstid ligger ret fast, idet de forskellige deltider normalt kun kan presses lidt og kun under økonomiske ofre.

Den samlede leveringstid, L , kan derimod vælges friere. Den må naturligvis være større end L_0 , men undersøgelsen viser, at man, hvis L kun er lidt større end L_0 , nok kan opfylde kravet om en produktion, men at udgifterne stiger voldsomt.

Produktionen i betonforme foregår efter det på fig. 1 viste princip, hvor den øverste figur viser en normal fremgangsmåde, mens den nederste figur viser forholdene ved meget store produktioner.

Fig. 2, 3 og 4 viser tre muligheder for tilrettelæggelsen, hvor f er antallet af forme, c antallet af samtidige formproduktioner (for betonforme er $c = m =$ antallet af matricer), n antallet af elementer og p antallet af delleverancer af forme, der

straks tages i brug. Fig. 3 viser den almindelige metode for stålforme, og fig. 5 viser den almindelige metode for betonforme. Fig. 5 er for så vidt et specialtilfælde af fig. 4, idet man har valgt at afvente formproduktionens afslutning, d.v.s. en delleverance, en metode der administrations- og produktionsmæssigt oftest er fordelagtig.

Fig. 7–10 viser sammenhængen mellem formudgifter og leveringstid for betonforme. Billedet er for så vidt almenyldigt, men er beregnet ud fra følgende forudsætninger:

Elementantal, $n = 50, 100, 300$ og 5000 stk.

Leveringstiden, L , i måneder består af en variabel form- og elementproduktionstid, og en fast tid, Σt , kun afhængig af matriceantallet m .

Omløbstiden, d.v.s. tiden mellem to afformninger i samme form eller matrice, er for matricerne $b = 5$ dage og for formene $a = 3$ dage.

Matricens, formens og elementets pris er den samme $\rho = 1$).

Ud fra disse forudsætninger kan sammenhængen mellem abscissen, der udtrykker leveringstiden L i måneder, og ordinaten, der udtrykker formøkonomien, optegnes. Ordinaten er et udtryk for summen af udgifter til matricer, forme etc., fordelt på det producerede elementantal, mens u er antallet af gange en form benyttes.

Af disse kurver fremgår det, at man for lange leveringstider får en god økonomi, idet det kun er nødvendigt at benytte få forme (og matricer), men at der på den anden side ikke opnås noget væsentligt ved meget lange leveringstider. Bliver leveringstiden så lang, at formen kan udnyttes fuldt ud, kan der intet økonomisk opnås ved yderligere leveringstidsforlængelse.

Jo kortere leveringstider, man sætter, des flere forme skal der benyttes. Dette betyder forøgede formudgifter pr. element. Samtidig er der en nedre grænse for den samlede leveringstid, idet der nås et „point of no return“, hvor *elementproduktionstiden* nok kan afkortes ved at indsætte flere forme, men hvor *formproduktionstiden* samtidig vokser lige så meget eller mere. Af kurverne fremgår også, at man, for given leveringstid L , kan opnå små besparelser ved at producere flere matricer end absolut nødvendigt. Derved opnås, at man kan afkorte formproduktionstiden så meget, at elementproduktionstiden bliver så lang, at formantallet reduceres væsentligt. I visse tilfælde forekommer spring i kurverne som følge af, at man opnår en pludselig tidsgevinst, f. eks. når L bliver så stor, at man netop kan nøjes med 1 matrice, så man derved sparer tid og penge ved at kunne udelade matriceformen ved at producere matricen direkte over gipsmodellen.

Dette fører til, at det i reglen vil være fordelagtigst, om den samlede leveringstid er væsentligt større end leveringstiden for det første element. Det må fremhæves, at disse tider *ikke* kan aflæses af kurverne. Disse gælder kun for de opstillede forudsætninger, men viser de relative forhold.

På fig. 6 er den tilsvarende kurve for stålforme vist.

I praksis er problemerne ofte noget mere komplicerede, idet en elementordre kan betyde et væsentligt indgreb i elementfabrikkens planlagte produktion. Formværksted eller støbehal kan være optaget, eller hensynet til andre ordrer kan være bestemmende for valget af produktionsmetode. Sammenhængen mellem leveringstid, elementantal og økonomisk formudnyttelse tilsløres derfor i praksis ofte af mange, også tilfældige, faktorer. Samtidig må man overveje, om besparelse ved en lang leveringstid opsluges af forøgede byggerenter. Ofte er leveringstiden ikke fastsat, eller „uvedkommende“ faktorer på byggepladsen kan ændre byggerytmen, således at elementfabrikken må fremskynde leveringen, f. eks. ved hurtigere hærdning (damp, specialcement) eller flere forme, henholdsvis bremse den (dårligere udnyttelse af støbehal og/eller lager), i begge tilfælde normalt til skade for økonomien.

Hovedregler for elementordrer må derfor være:

- 1) Orienter fabrikken tidligt om eventuelle ordrer.
- 2) Afgiv ordren tidligst muligt.
- 3) Gennemtænk en detalieret arbejdsplan.
- 4) Overhold arbejdsplanen.
- 5) Sker der aligevel afvigelser fra arbejdsplanen, må fabrikken orienteres omgående.

Elementets pris.

Prisen for et givet element påvirkes (bortset fra arbejdsmarkedets forhold) af fabrikkens størrelse og organisation, elementantallet, både samlet og for de enkelte typer, og leveringstiden.

Meget store elementordrer – af størrelsesorden som de stationære fabrikkers produktion – af ens elementer er i dag fremtidsperspektiver, men en standard- og modulordning kan måske gøre dem til en realitet. I de store lande er en sådan udvikling i gang, og det har da været muligt ved en gennemgribende mekanisering, at anlægge produktionen industrielt. Det er dog vanskeligt at gennemføre en produktion på samlebånd som følge af betonens lange hærdetid, og besparelserne har

til dato ikke været store. Hvis transportudgifterne kan nedsættes, således at et større område kan dækkes af en fabrik, er muligheden for store produktioner til stede, en videre udvikling vil muligt kunne vise vejen til en industriel produktion. Dette vil kræve en større kapitalindsats, der formodentlig kun vil kunne hentes i andre grene af erhvervslivet.

Leveringstiden har en væsentlig indflydelse på økonomien, dels som følge af de bånd, den kan lægge på fabrikkens planlægning, dels som følge af dens indflydelse på antallet af forme, se forrige afsnit.

Skal man forsøge at vurdere elementprisen, må de enkelte prisbestanddele trækkes ud til diskussion hver for sig.

1. Materialer.

For en given elementtype må prisen pr. element være næsten konstant. Betonens m^3 pris, jernets kg pris o.s.v. er for en stationær fabrik næsten fast. Afskrivning på blandeanlæg etc. på denne post, fortjeneste o.s.v. må ligeledes være en fast %sats.

2. Arbejdsløn.

Udstøbning af beton, bukning af jern, rensning af forme, transport af elementet o.s.v. må ligeledes give faste udgifter pr. element for en given elementtype.

3. Forme.

Prisen på en stålform til en given elementtype ligger ligeledes nogenlunde fast, omend prisen må antages at aftage noget med formantallet (og dermed med elementantallet). Dette leds bidrag til elementprisen bliver derfor $\frac{f \cdot c}{n}$ hvor f er formantallet, n elementantallet og c er prisen pr. form. Da c aftager noget for voksende antal forme (voksende n), er dette led ikke proportionalt med $\frac{f}{n}$

men der ses bort herfra i det følgende. Som det fremgår af forrige afsnit, er $\frac{f}{n} = \frac{1}{u}$, hvor u er

antallet af gange en form benyttes, kun afhængigt af leveringstiden for en given produktionsmetode.

For *betonforme* skal der på n afskrives 1 stamform, eventuelt en matriceform, m matricer og f forme. Sættes stamformens pris til D , matriceformens og matricens pris for nemheds skyld begge til B , og formens pris til C fås, idet $e = \frac{B}{C}$,

at bidraget til prisen bliver:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{n} (D + (1 + m) \cdot B + f \cdot C) \\ &= \frac{D}{n} + C \frac{f + e(m + 1)}{n} \end{aligned}$$

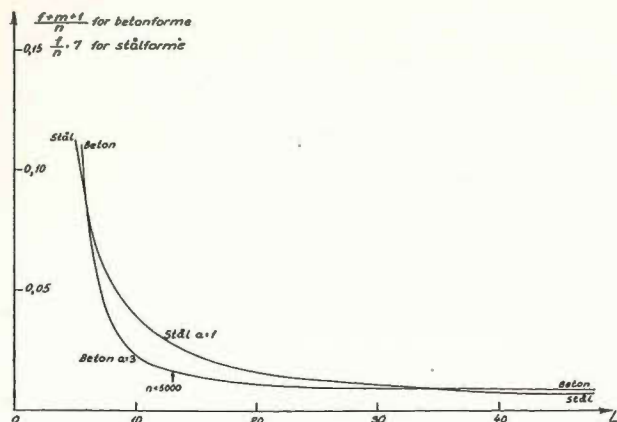


Fig. 12.

Sammenligning mellem beton- og stålformers prisbidrag. Se også figur 6 og 11.

D er af størrelsesordenen som prisen for en stålform, mens C er af størrelsesordenen $2 \times$ elementprisen. ρ kan være mindre end 1, hvis C inkluderer stålsideforme, mens matricernes sideforme kan udføres billigere, men normalt er $\rho \sim 1-2$. Tilsyneladende er betonforme gunstigere stillet end stålforme, idet den eneste dyre post er $\frac{D}{n}$, der aftager med voksende n, mens C for en betonform er $\frac{1}{5} - \frac{1}{10}$ af C for en stålform, men det må her erindres, at $\frac{f}{n}$ for en stålform kan gå op til $\frac{1}{1000}$ mens $\frac{f}{n}$ for en betonform kun når op på $\frac{1}{150}$.

Regnes $\frac{C \text{ stålform}}{C \text{ betonform}} = 7$ og sammenlignes en middelkurve $\frac{f+m+1}{n}$ fra fig. 11 med kurven

$7 \frac{f}{n}$ fra fig. 6, fås det på fig. 12 viste billede af

forholdene med de pag. 62-63 valgte værdier af omløbstider o.s.v. En sådan sammenligning må naturligvis ikke tillægges for stor praktisk betydning, men den kan give et indtryk af kurvernes gensidige form; de valgte omløbstider, 3 dage for betonformen og 1 dag for stålformen svarer til mange praktiske produktioner, hvor betonformen benyttes på feltfabrik uden damphærdning, mens stålformen benyttes på stationær fabrik eller på feltfabrik med dampkammer. For lange leveringstider, i praksis samtidig store elementantal, ligger stålforme antageligt økonomisk fordelagtigst, da der til betonformens pris yderligere skal lægges $\frac{D}{n}$ (dog ret ubetydelig for store værdier af n) - og endvidere en (i forhold til stålformene) højere pladsleje. Pladslejen giver et konstant bidrag til elementstykprisen, der måske kan gøre betonfor-

mene konkurrenceudnyttelige i stationære fabrikker.

For kortere leveringstider er betonformkurven krummet så stærkt, at den i mange tilfælde kommer væsentligt under stålformkurven, således at tillægget for pladsleje - konstant pr. element - og $\frac{D}{n}$ ikke bringer prisen op over stålformprisen.

Når der i dag er en stærk tendens til at benytte betonforme på stationære fabrikker, skyldes dette, at prisforskellene i forhold til den samlede elementpris er små, at betonforme - indendørs - har samme omløbstid som stålforme, 1 dag, således at kurven rykker mod venstre, at mange profileringer etc. er lettere at udføre i beton, og at betonformen er stabil, d.v.s. at nøjagtigheden forøges.

Alt i alt må resultatet af denne „undersøgelse“ være, at begge formtyper har økonomiske fordele, således at man ikke generelt kan afgøre, hvilken formtype der er bedst. Kun for langvarige produktioner af et stort antal elementer er stålforme udpræget fordelagtige. I fremtiden kan man for produktion af standardelementer forudse, at de foregående matematiske udredninger vil være uden værdi. Produktionen vil da foregå i slidstærke stationære forme, eller på samlebånd, med meget korte omløbstider som følge af vacuum, varme, nye betonarter el. lign., således at der kun er tale om at benytte een eller nogle få forme ad gangen, forme, der udskiftes successivt med sliddet.

4. Fortjeneste, afskrivninger etc.

Som allerede omtalt ovenfor er en del af disse udgiftsposter næsten proportionale med elementantallet, og de kan derfor i denne forbindelse lige så godt lægges på som et %-tillæg til posterne ovenfor. Dette gælder f. eks. afskrivninger af transportanlæg, klippeanlæg, bukkeanlæg, blande-anlæg, pladsleje (afskrivning af fabriks-hal m. v.), almindeligt tilsyn, løbende administration, elementtransporten til byggeplads o.s.v. Men en del af disse udgifter, der kan sammenfattes i begrebet „startudgifter“ er uafhængige af elementordrens størrelse. Dette gælder planlægning (formvalg o.s.v., arrangement af intern transport, arrangement af klodsfabrikation, tilskæring af isolationsmætter), udarbejdelse af betonrecept, bukkelister, omlægning af intern transport, ændring i fabrikkens arealudnyttelse, opstilling (og nedtagning) af forme, for så vidt også for betonforme den tidligere omtalte udgift til stamformen, omlægning af formværksted og udgifterne i indkøringstiden (ofte op til 100 elementer) til forøget arbejds-løn, forøget tilsyn, evt. prøvestøbninger o.s.v. Startudgifterne omfatter altså eengangsarbejds-lønudgifter og en meget væsentlig del af admini-

strationsudgifterne. Disse startudgifter, uafhængige af elementantallet, burde fordeles over den enkelte elementproduktion, således at de store elementordrer fik en økonomisk fordel herved. Tilsyneladende uddrages disse udgifter ikke af fabrikkernes regnskaber, men tillægges de almindelige administrationsudgifter, der derefter fordeles på alle elementordrer som en fast %-sats, der reguleres med mellemrum.

Det synes f. eks. almindeligt, at arbejdstiden er 3 gange så stor pr. element for de første 50 elementer som for element nr. 450-500, men at f. eks. dette ikke medtages ved afgivelsen af tilbud. Nedenfor omtalte fig. 13's „traditionelle“ kurve er f. eks. praktisk taget identisk med et entreprenørfirmas kurve fig. 4, pag. 30. Fig. 13's tyndt optrukne kurve viser de skønnede „rigtige“ priskurver, der viser en reduktion for store ordrer på bekostning af fordyrelse af småordrerne.

Lignende billiggørelse ved afgivelse af store elementordrer bestående af forskellige, men dog ensartede elementer, hvor hver type indeholder mange elementer, skulle ligeledes synes sandsynlig, men opnås i praksis kun i begrænset omfang. Blot man bestiller 100-110 ens elementer, er man

i praksis så nær priskurvens asymptote, at der ikke kan opnås nævneværdigt.

Går man ud fra den traditionelle grove fordeling af generalomkostningerne består elementstykprisen altså af:

1. Materialer, konstant bidrag.
2. Arbejds løn, konstant bidrag.
3. Formudgifter $\frac{1}{u} C$, hvor $u = \frac{n}{f}$ er det antal

gange, hver form anvendes og C prisen pr. form. Elementantallet n indgår således kun i forhold til formantallet. Dette gælder f. eks. stålforme. Her er der en simpel sammenhæng mellem leveringstiden L og u:

$L = \text{konstant} + u \cdot a$, hvor a er formens omløbstid, d.v.s. tiden mellem to afformninger i samme form.

Konstanten indeholder planlægningstid, formproduktionstid, hærdetid m. v.

For betonforme er forholdene mere indviklede, bl. a. indgår n mindre simpelt, men det spiller prismæssigt oftest ingen større rolle for princippet.

4. Generalomkostninger. Konstant bidrag.

Relativ stykpris på elementer - i princippet.

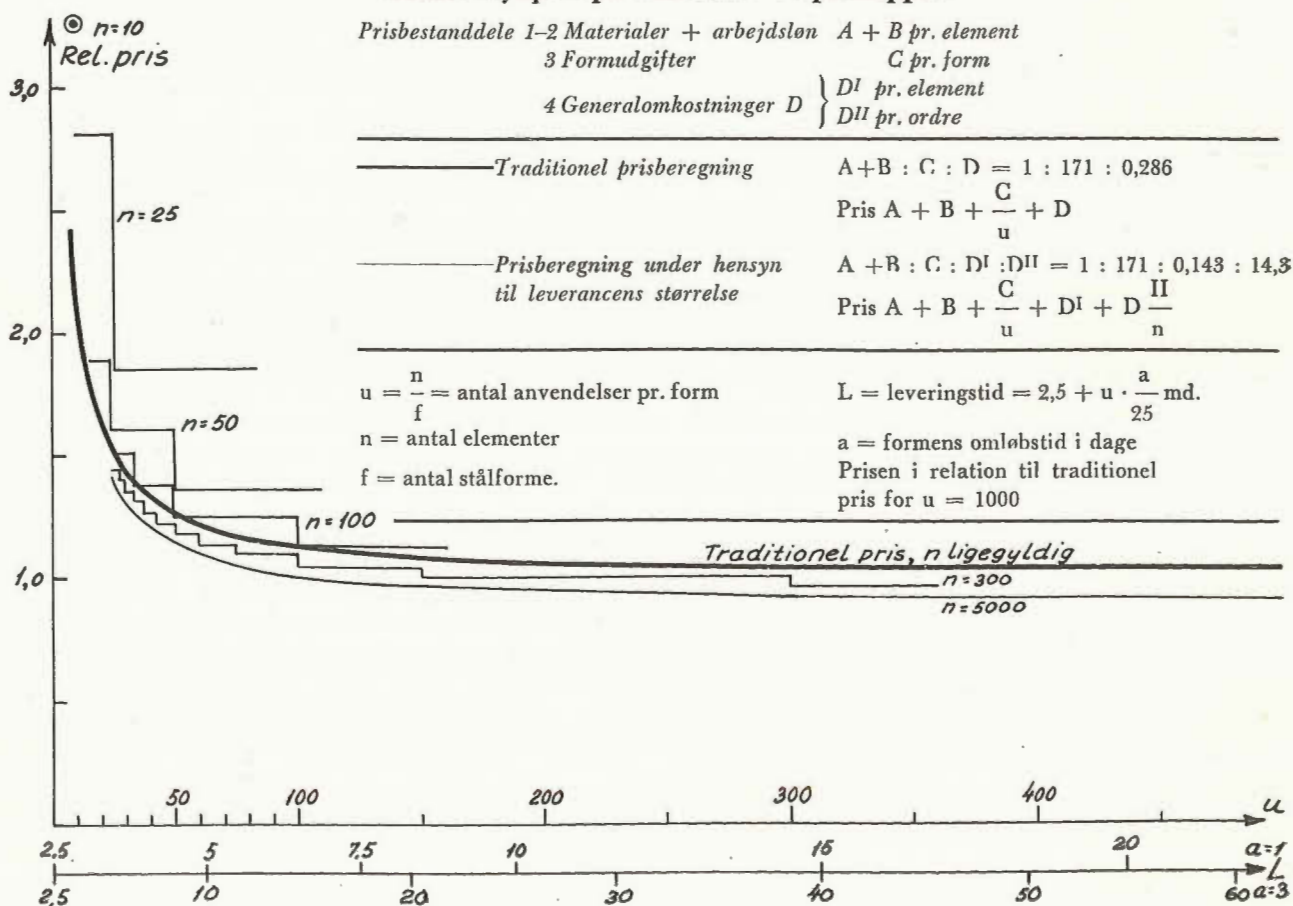


Fig. 13.

For et betonelement kan man f. eks. sætte følgende for stålformsproduktion:

1. 40 kr.
2. 30 kr.
3. $C = 1200$ kr. $u \leq 1000$. $L = 2,5 + u \cdot \frac{1}{25}$

idet $a = 1$ dag $= \frac{1}{25}$ md.

4. 20 kr.

For det givne element gælder:

Bidrag 1 kan næppe ændres. Bidrag 2 kan ned sættes ved en rationalisering, men næppe mere end ca. 1 kr./m² med mindre produktionsprocessen mekaniseres gennemgribende. I så fald skal der opføres et bidrag for afskrivning og forrentning af maskinerne. C bliver større ved mekanisering (post 2, arbejds løn bliver samtidig mindre, og u kan antageligt forhøjes). Bidrag 4 bør kunne nedbringes, hvis de små tabsgivende ordrer udelukkes, således at tabet på disse ikke skal bæres af store ordrer, ved rationalisering af produktionen etc.

Det kunne være interessant at analysere, hvilke løbende udgifter, posten 4 indeholder. En sådan analyse er til dato ikke gennemført, men virkningen af, at man på grundlag af en sådan analyse reviderede prisberegningen kan i princippet demonstreres. Forudsættes f. eks. 10 kr. at være bidraget fra de løbende udgifter og 10 kr. at være bidraget fra „startudgifterne“, svarende til en startudgift på 1000 kr., forudsat at en elementordre „gennemsnitlig“ er på 100 stk., fås de på fig. 13 viste kurver for $n = 10, 25, 50, 100, 300$ og 5000 stk., mens den tykt optrukne kurve viser prisen, når post 4 ikke opdeles (20 kr.). Abscissen er u (eller L) og ordinaten den relative pris, idet

prisen for $u = 1000$ når post 4 ikke opdeles, sættes lig 1. (Den absolut mindste pris efter den traditionelle metode (91,2) sættes lig 1). Det må bemærkes, at $n = u = 10$ næppe vil udføres i praksis. Et billigere formmateriale ville være benyttet.

Det ses, at den traditionelle prisberegning metode giver en meget væsentlig besparelse for de små elementorders vedkommende ($n < 100$), mens omvendt ordrer på 300–5000 stk. fordyres med 5–10 % under de her gættede forudsætninger. Forholdet mellem posterne 1–4 er afgørende for besparelsernes, hhv. fordyrelsernes størrelse, men princippet vil under alle forhold være det samme.

Billedet kan også vendes, idet man som abscisse anvender elementantallet n , som parameter formudnyttelse u og som ordinat den relative pris. Derved fås kurverne fig. 14.

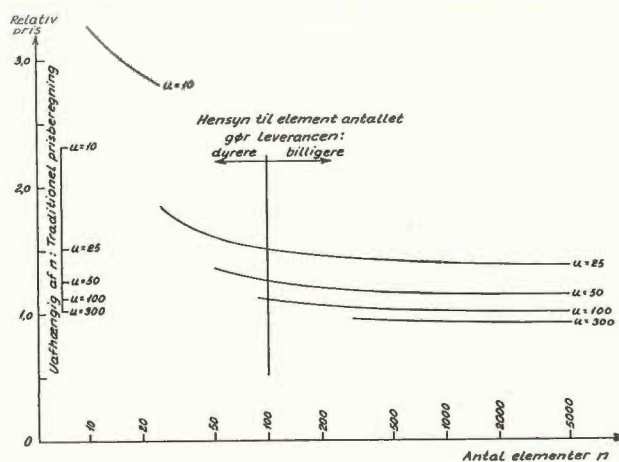
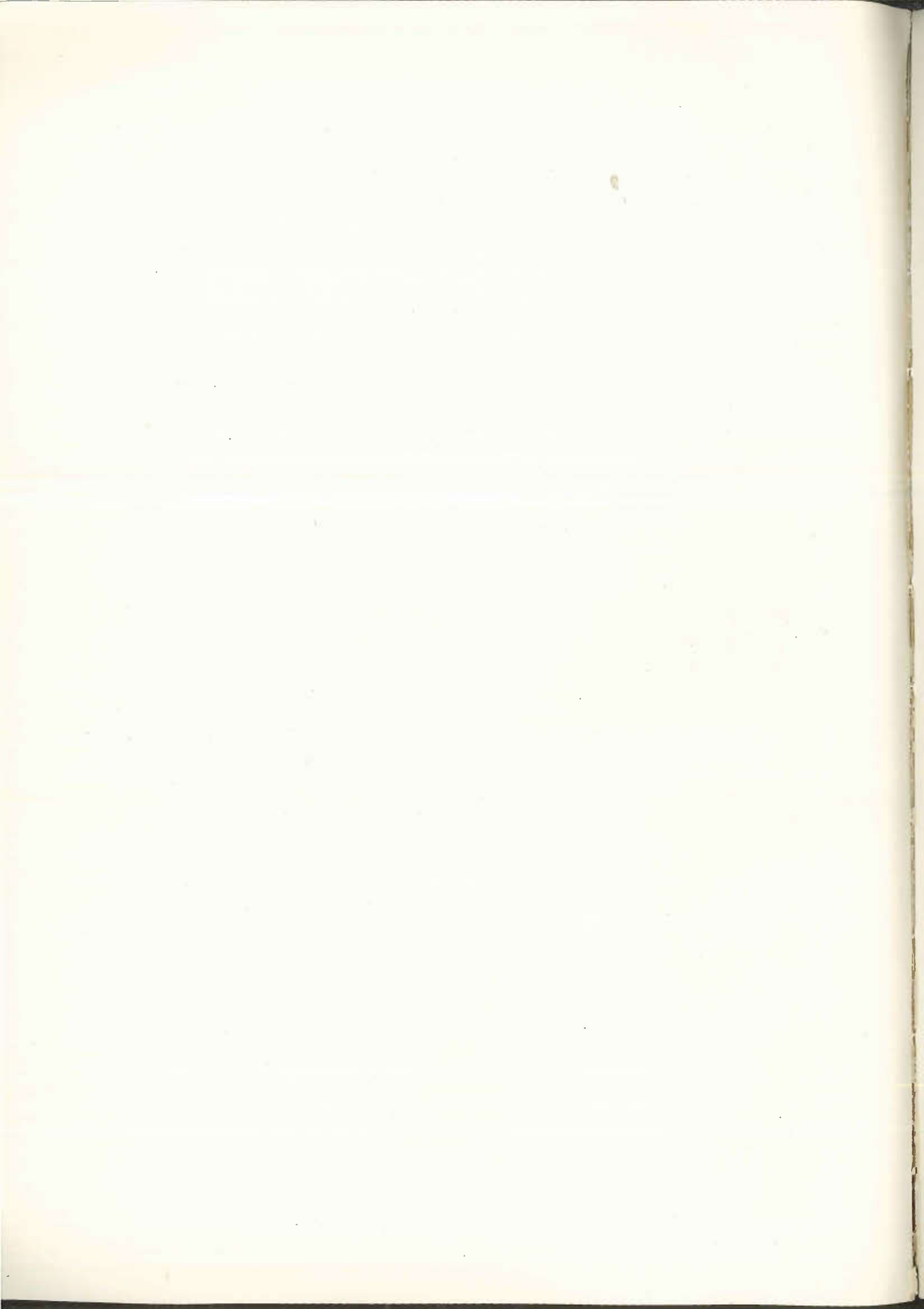
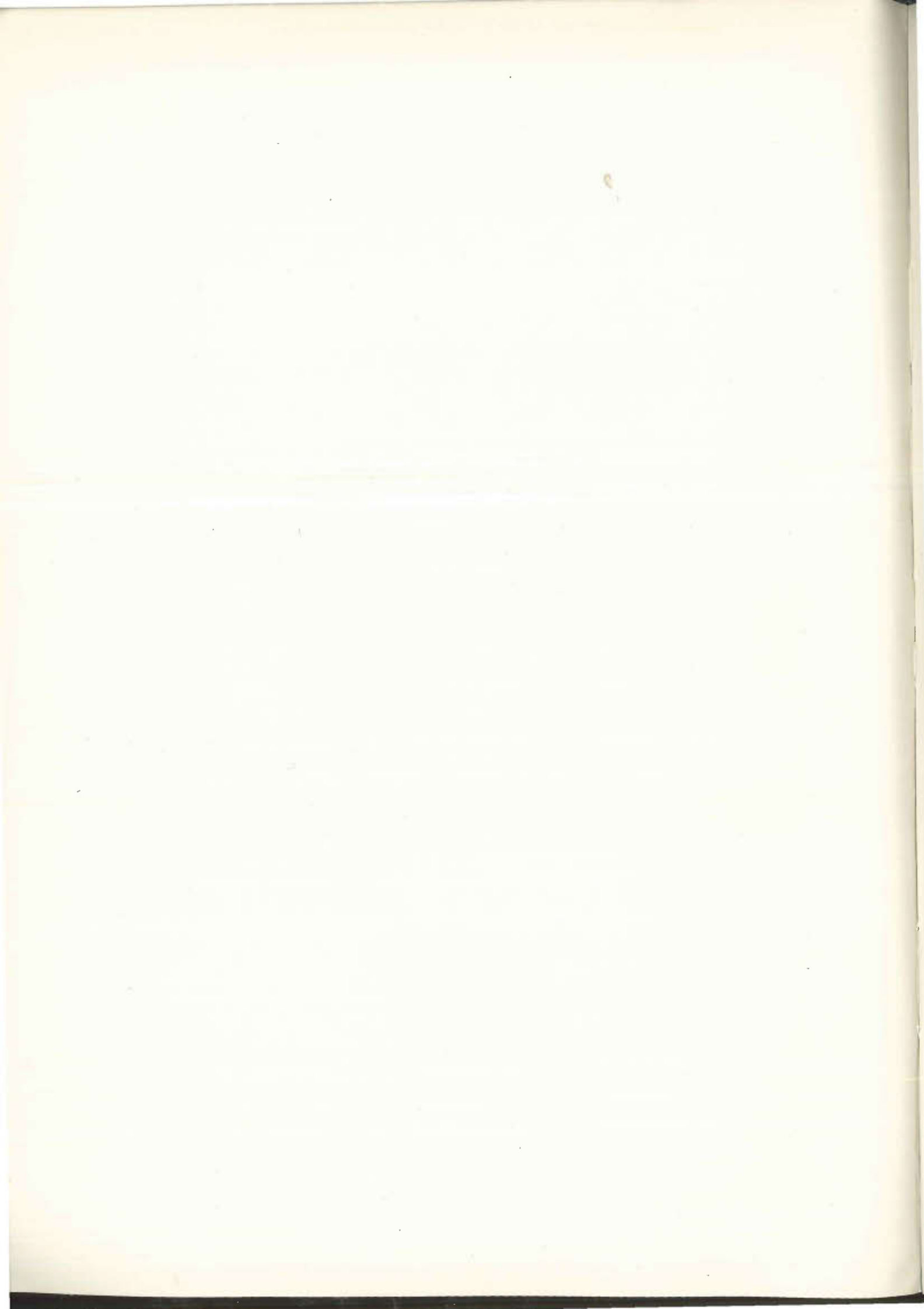


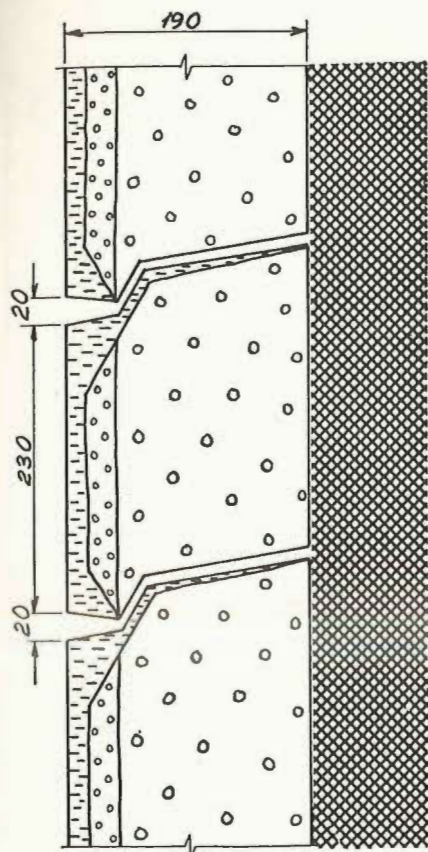
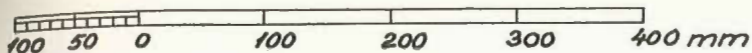
Fig. 14.
Relative priskurver, når hensyn tages til post 4.



EKSEMPLER PÅ FUGELØSNINGER

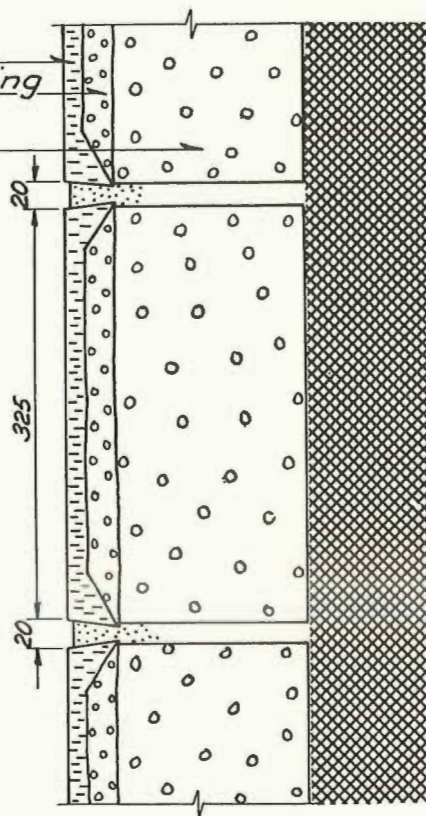
På de følgende sider vises en række eksempler hentet fra danske montagebyggerier i årene 1952-56. Eksemplerne er stillet til rådighed for udvalg 4's arbejde og for dette udvalg af en række arkitekt-, ingeniør- og entreprenørfirmaer og bringes efter aftale uden kildeangivelse.





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.

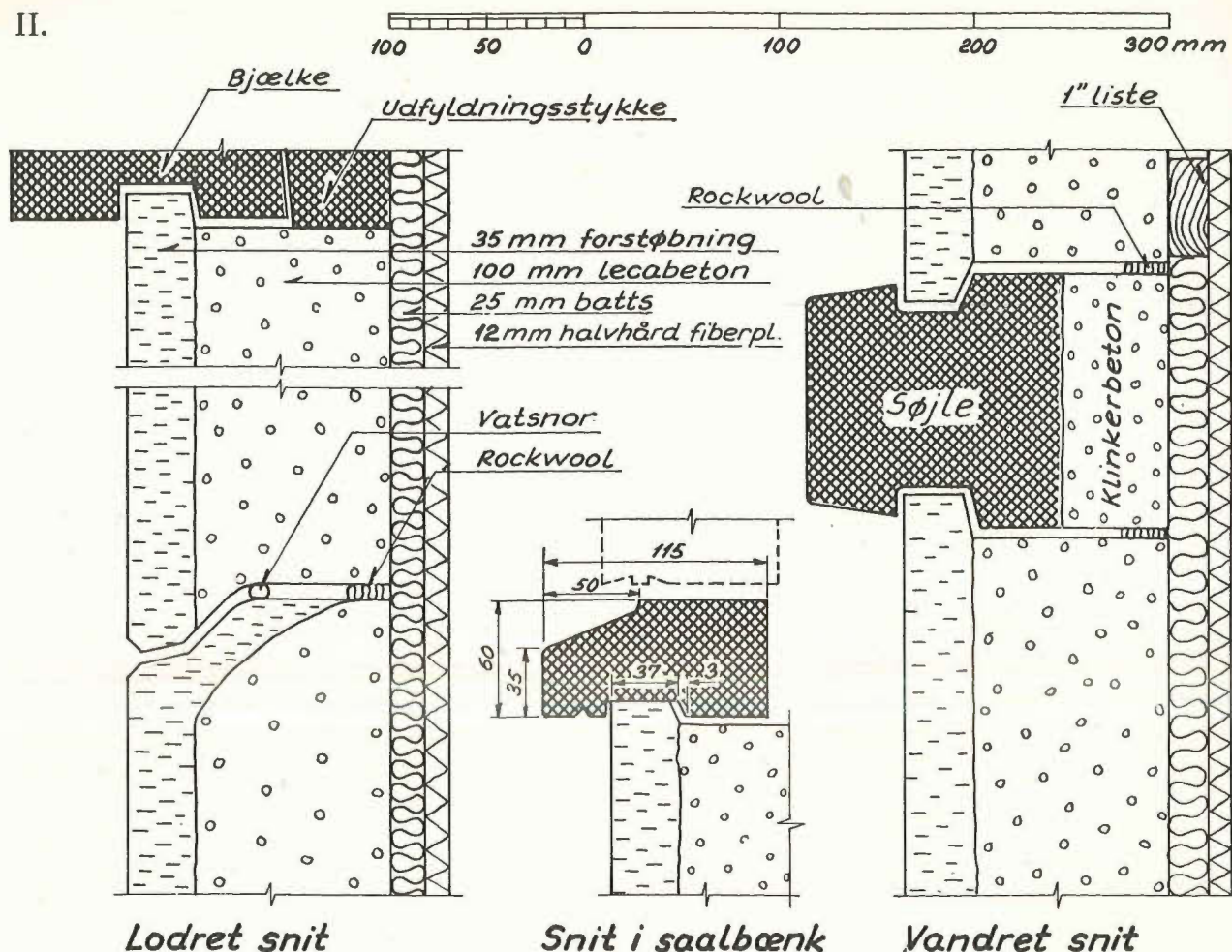
De vandrette fuger efterbehandles ikke, da de skal virke som dræn for isolationslaget. Tætheden overfor slagregn er opnået ved at der er vandnæse i elementet over fugen og et

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 udviser 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 ± 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.



Ikke-bærende facadefliser til parcelhuse.

$h=40$ cm, $b=110$ cm, $t=13,5$ cm + indvendig beklædning.

Elementerne, der ligner de på blad I viste, indgår som udfyldning i et skelet af jernbetonsøjler og -dragere.

Elementerne består af et 3,5 cm tykt betonlag og et 10 cm tykt lag lecabeton indvendigt, og er iøvrigt opbygget og fremstillet som fliserne på blad I, ligesom fugtforanstaltningerne er de samme: isolationslaget drænet til en åben, vandret fuge.

Montagen foregår således: Først rejses en søjle, derefter oplægges fliserne med den ene ende fastholdt af fjer- og notsamlingen, til slut opstilles den anden søjle, og der fortsættes i det næste fag. Søjlerne bindes sammen foroven ved vandrette bjælker, med fjer og not samlinger mod facadeelementerne.

Der udføres ikke nogen egentlig fugning, idet man anser den åbne, vandrette fuge for at være tilstrækkelig til at aflede eventuelt vand. I de vandrette fuger er der udlagt en vatsnor, og der er „efterfugtet“ indefra med rockwoolstrimler i både den lodrette og den vandrette fuge. I de vandrette fuger udlægges galvaniserede stykker jern for at sikre en bestemt fugebredde.

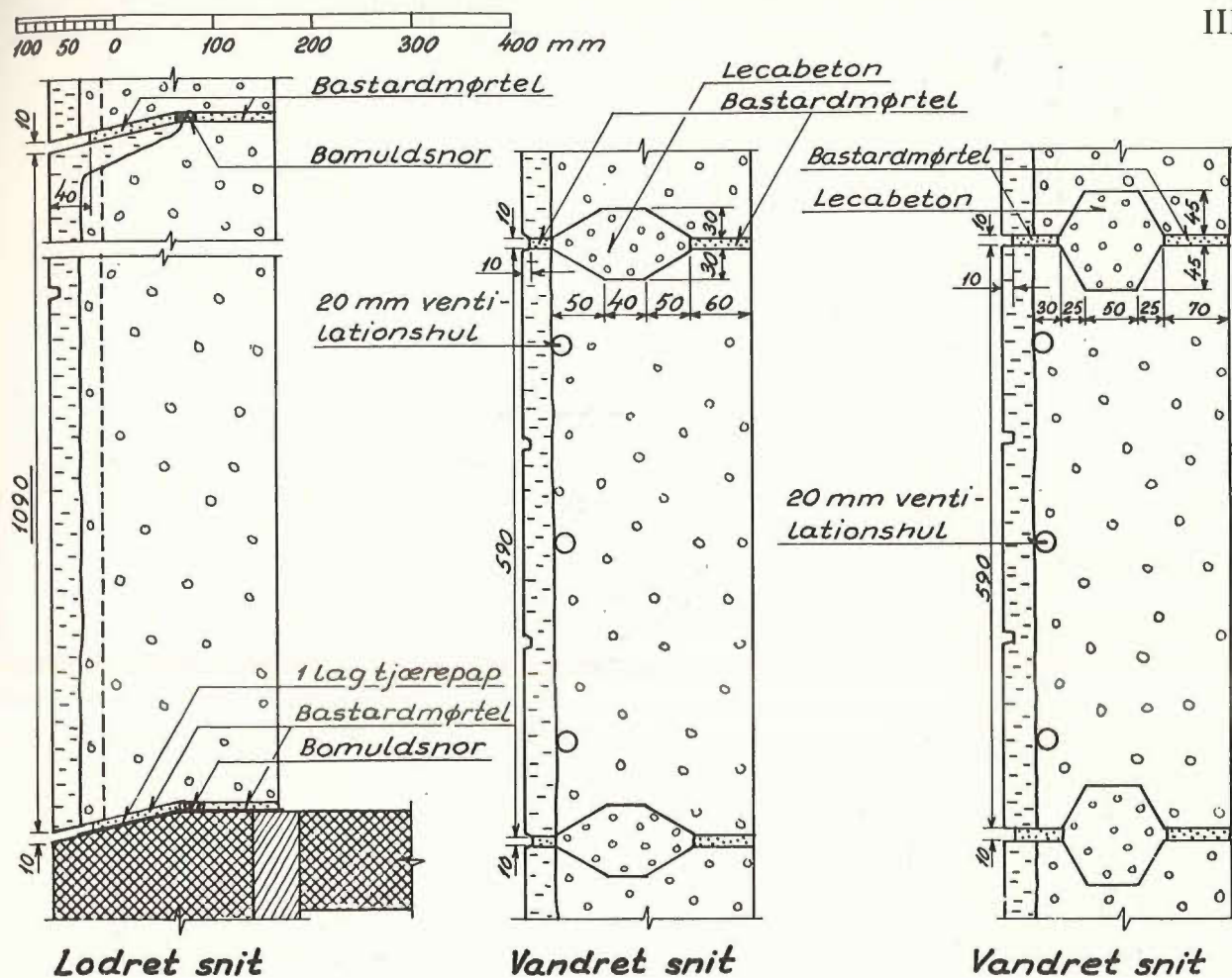
Indvendig foretages der en yderligere isolering ved opsætning af rockwool batts og 12 mm halvårde plader på lister. Derved opnås samtidig, at disse fliser, som fliserne på blad I, ikke behøver at afrettes eller pudses indvendigt, og endvidere nedsættes søjlens kuldebrovirkning så væsentligt, at den næppe spiller nogen rolle.

Fliserne fastholdes vandret ved fjer- og notsamlingen til søjlerne, mens deres vægt overføres gennem elementerne og de vandrette fugers vatsnore til fundamentet.

Fugerne er tætte overfor vand; de lodrette fuger er det måske ikke i alle tilfælde, f. eks. hvis indtrængende vand hindres i at løbe ned og ud som følge af, at fugens bredde varierer. Små målafvigelser kan tænkes at forårsage, at vandet ledes så langt ind, før det løber ned og ud i den vandrette fuge, at isolationslaget ikke holdes tørt. I praksis betyder dette dog næppe overvældende for et materiale som lecabeton, og den indvendige isolation berøres ikke. Fugerne er antagelig vindtætte, men luftstrømninger vil iøvrigt blive stoppet af de bløde plader; derimod kan der være tale om luftstrømninger i isolationslaget, der forøger k-værdien.

Konstruktionen giver elementerne gode bevægelsesmuligheder overfor tempertursvingninger o. s. v.

Konstruktionen stiller store krav til produktionsnøjagtigheden. De lodrette fuger kan kun optage begrænsede målafvigelser; for ikke at risikere, at elementerne kan „klapre“, er elementerne foroven fastlåset med kiler, og da fladjerns-understøtningen ligger på den skrå flade, vil næste elements underside glide udad. Konstruktionen giver anledning til fejlophobning af elementfejl i lodret retning, således at den øverste samling bliver utæt, eller umulig at udføre uden tildannelse, hvis der ikke holdes nøje kontrol med elementproduktionen. I det her viste tilfælde gik montagen udmærket, idet elementerne, der var støbt i betonforme over fælles matrice, var praktisk taget ens, da formene var meget stabile.



Derimod vil en eventuel fejl i matriceformen gå igen i alle elementer, således at de f. eks. nok er ens, men alle lidt for store. Dette hindrer dog ikke, at den øverste samling kan udføres ordentligt, men betyder blot, at den øverste rem flyttes lidt (op) i forhold til det projekterede.

Bærende facadeelement til to-etages boligbyggeri.

$h=1,1$ m, $b=60$ cm, $t=23$ cm.

Bygningen har bærende midteskillevæg og bærende facader, samt afstivende tværvægge. Etageadskillelsen mellem stue og første sal består af ribbeplader (blad XV og XX), og over første sal af et pladebeklædt trætag; bæreretningen er vinkelret på facaden, og altanplader er udkragede.

Elementet er opbygget på lignende måde som de på blad I og II viste fliser. Udvendig er der en 3 cm profileret betonforstøbning, indvendig en 20 cm lecabetonisolering.

Elementet støbes med ydersiden nedad, og lecabetonlaget blev på første del af byggeriet blot afrevet, idet der blev pudset indvendig, senere gik man over til en afretning med et pudslag af tæt lecamørtel, der kunne spartles med en sand-spartel-farve.

Da betonlaget udvendig er mere dampstandsende end lecabetonen, er der en vis fare for kondensvandsdannelse, der er imødegået ved de viste lodrette udspæringer, der virker som dræn til den åbne vandrette fuger. Dette princip har fungeret udmærket i 4 år, der er dog aldrig observeret drænvand.

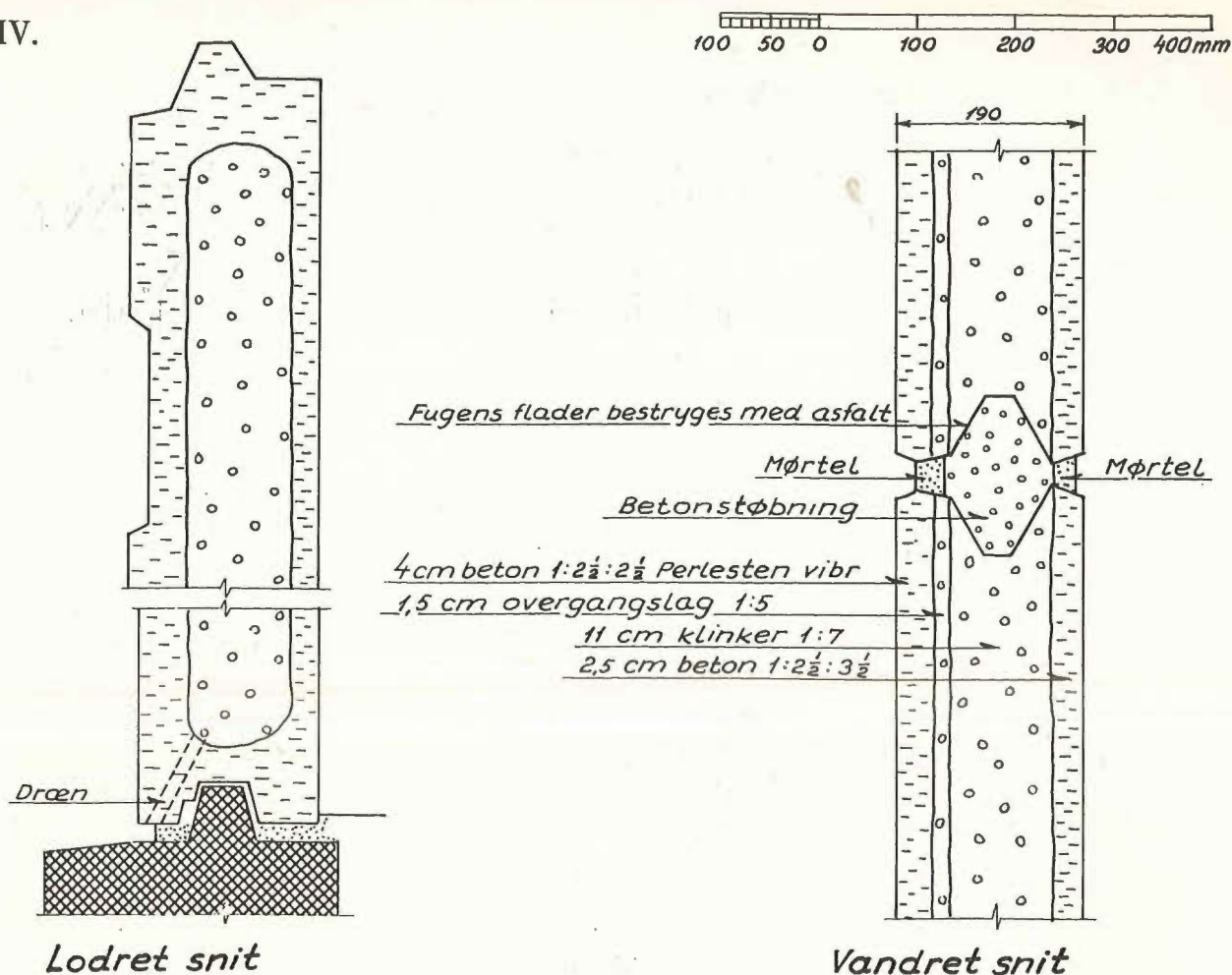
Elementerne opstilles på mørtelpølser og kiler, rettes op og efterstoppes. To skifter udgør en etagehøjde i forbindelse med et vandret gennemløbende bånd af bjælker – blad XXII – til sammenlåsning.

De vandrette fuger består af en vatsnor og to udlagte bastardmørtelpølser. Efter montagen må der efterstoppes og udjævnes indvendigt. For at de lodrette kræfter kan overføres, må efterstopningen udføres omhyggeligt. Fugernes vandtæthed er sikret på ligende måde som på bladene I og II, men oversiden skræner mindre, uden at dette har givet anledning til gener. For at afbryde kuldebroen er den viste vatsnor indlagt.

De lodrette fuger udstøbes med lecabeton og efterfuges med bastardmørtel. Den til højre viste udformning ændredes senere til den venstre udformning for at lette dette fugearbejde ved at fugedybden er mindre.

Den viste udformning sikrer overførslen af vandrette kræfter mellem elementerne. Samtidig opstår der ingen kuldebro, da der udstøbes med isolationsmaterialet.

Den normale fugebredde er 10 mm, men 20 mm vil antagelig være bedre, når både fremstillings- og montageafvigelser tages i betragtning. Elementerne må fremstilles og monteres meget nøjagtigt, for at der ikke skal blive synlige spring i fladerne. Den udvendige, tilbageliggende fuger og de affasede kanter betyder, at man kan montere elementerne alene ud fra hensynet til, at den indvendige side skal være plan. De derved frembragte spring i facadeplanen skjules af fugerne, og samtidig er der derved mulighed for, som på projektets sidste del, at nøjes med sand-spartelfarve-behandling indvendigt.



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 kg/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.

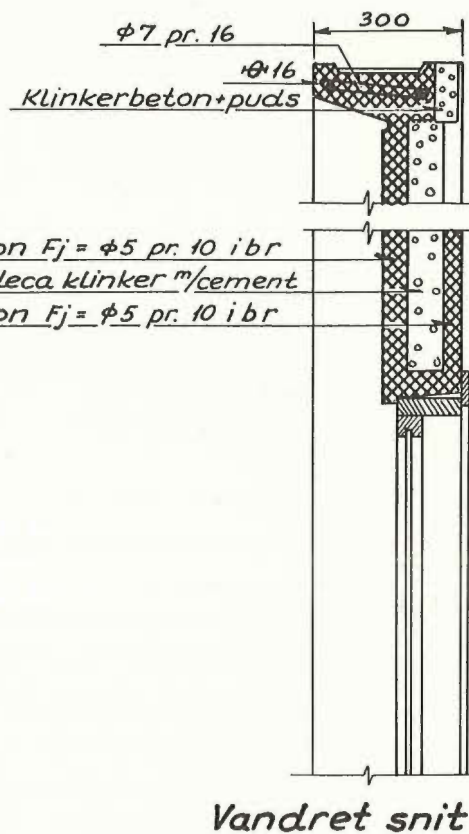
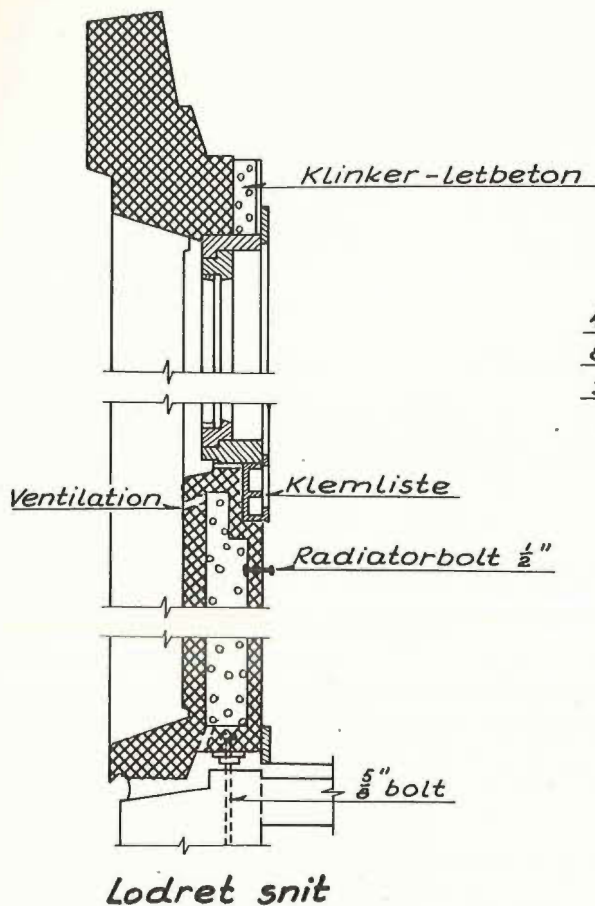
Den vandrette fuger efterfuges med cementmørtel og overfører elementets vægt til fundamentet samt optager en del af vindbelastningen. For at sikre fugens tæthed er fjeren anbragt i fundamentet (og endvidere ville en not i fundamentet være udsat for forurening før og under montagen). Den normale fugebredde er 20 mm, tolerancen på elementet ± 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 ± 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 fuger 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 ribbelementer $5,25 \times 1,50$ 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 ned 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 fuger, og samtidig er elementet ventileret, idet der også foroven er ført udsparinger ud til det fri fra klinkerlaget.

Montagen er simpel, idet elementet foruden 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 fuger består dels i en justering af elementets placering i højderetningen ved hjælp af møtrikker på boltene, dels i en understøpning med cementmørtel.

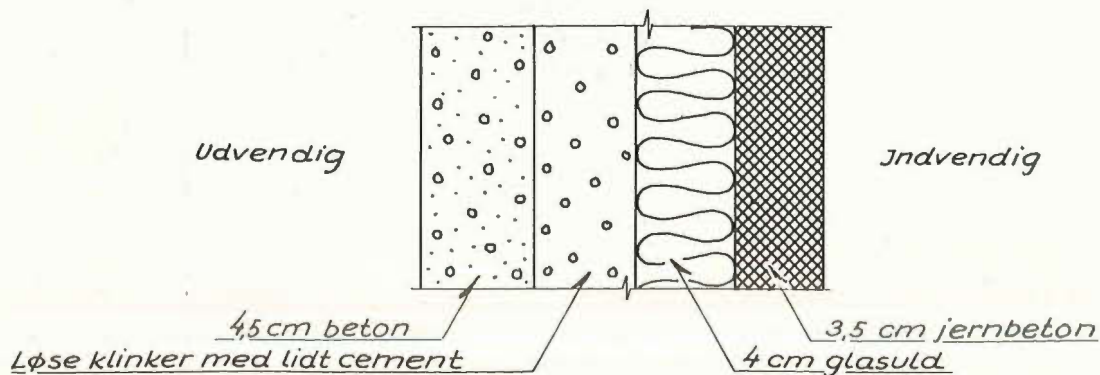
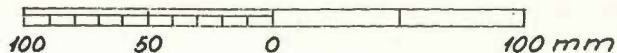
De lodrette kræfter overføres gennem mørtlen ved ribber langs pladekanten; de vandrette vindkræfter optages i fundamentet og tagfladen, hvorfra de overføres til de afstivende tværvægge.

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 ± 5 mm.

Den lodrette fuger 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 fuger 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 ± 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.



Variant af V.

Elementet er principielt opbygget som f. eks. elementerne på blad V eller VII, men der er benyttet både klinker og glasuld. Derved fås en god isolationsværdi, uden at man behøver at arbejde med meget tykke og eftergivende måtter. Elementet støbes med ydersiden nedad, og man støber det indvendige betonlag på måtten uden at tage hensyn til, at den sammenpresses noget. Klinkerne virker samtidig som et udmærket dræn for hele isolationslaget.

Ikke-bærende facadeelementer til boligbyggeri.

h =etagehøjde eller brystningshøjde, b =afstanden mellem bærende vægge, tykkelse 15 cm.

Bygningen har bærende tværvægge, støbt på stedet, længdefastivningsvægge ved trapperum og etageadskillelselementer som ribbeplader (se blad XVI).

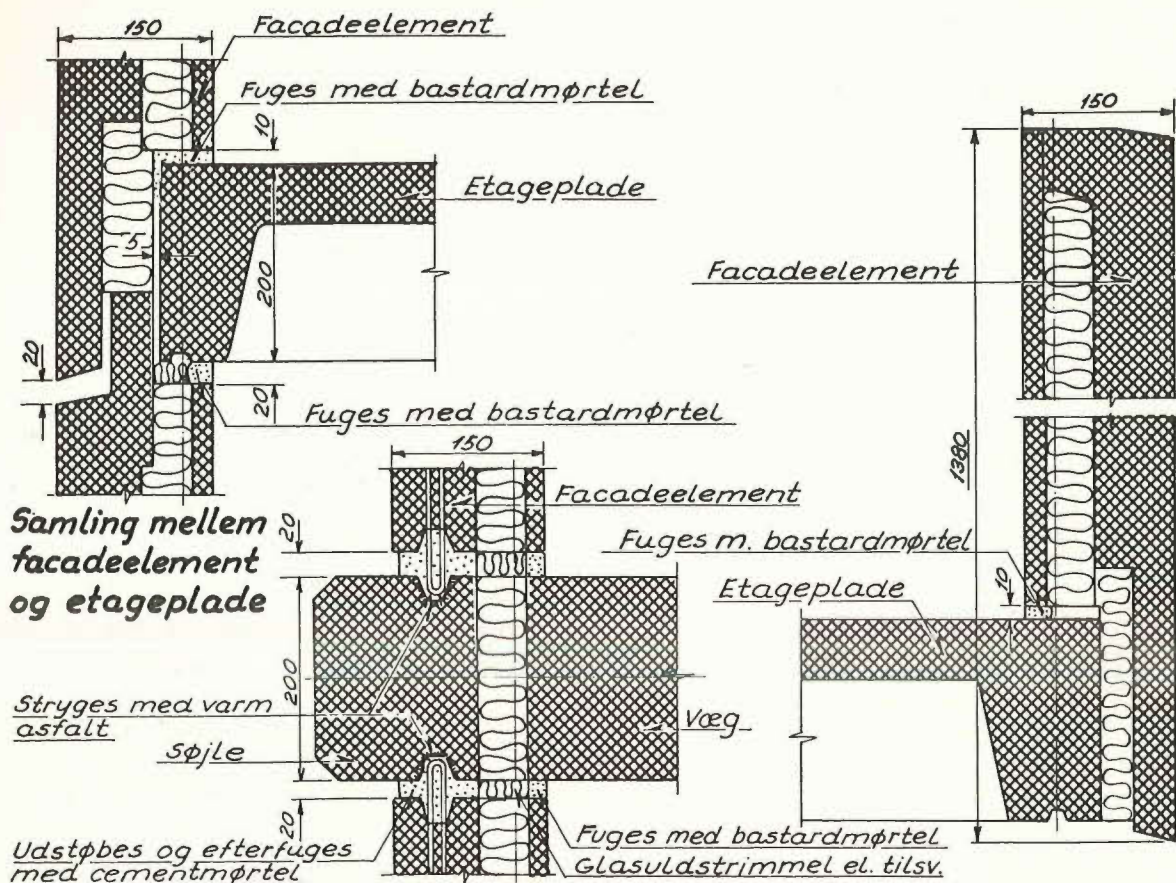
Facadeelementerne findes i to typer: 1) etagehøje elementer, 2) brystningshøje elementer, begge med 8 cm profileret jernbeton yderst, 5 cm glasuldsisolering med bitumenpapir, kyllingenet og rørvæv og 2 cm mørtellag indvendig.

Elementerne støbes med ydersiden nedad. I betonen sættes stritter, måtterne lægges ud, stritterne bøjes ned og mørtellaget udstøbes og glittes. For at måtten ikke skal blive sammenpresset under udstøbningen bæres bitumenpapir etc. under støbningen af elektrikerør, der er stukket gennem forsider og glasuldlag.

Isolationslaget er ventileret nedad til de åbne, vandrette fuger.

Elementerne monteres mellem facadesøjlerne, enten ved at man hejser dem ned mellem søjlerne, eller hvad der oftest viser sig fordelagtigt, ved at de udragende u-bøjler før montagen bøjes op (eller ned) og efter montagen atter

100 50 0 100 200 300 400 mm



Samling mellem facadeelement og etageplade

Stryges med varm asfalt

Søjle

Udstøbes og efterfuges med cementmørtel

Samling mellem facadeelement facadebrystning, søjle og støbt væg

Samling mellem facadebrystning og etageplade

bøjes på plads. Med et koben tager dette kun sekunder. Elementerne blev opstillet på kiler.

Den vandrette fuger overfører ikke kræfter, således at den viste mørtel kun er en tætrende udfugning med bastardmørtel. Fugen virker som ventilation for isolationslaget og er vandtæt som følge af „fiskeskælprincippet“. Det øvre element rager ned og dækker for det nedre elements opragende, tilbagetrukne fleg af det ydre betonlag.

Bevægelserne i lodret retning som følge af temperaturbevægelser kan foregå uhindret.

Den lodrette fuger optager alle kræfter, således at etagepladerne er ubelastede, d. v. s. at de ikke behøver specielle facadebjælker eller forstærkede plader. Elementets vægt overføres gennem de indstøbte u-bøjler til den udstøbte mørtel. Fra mørtlen føres kræfterne videre til facadesøjlen gennem den anlægsflade, der er dannet, hvor noten afsluttes et stykke fra søjlens underside og til etagepladens overside umiddelbart ved vederlaget. Mørtlen overfører endvidere vandrette kræfter.

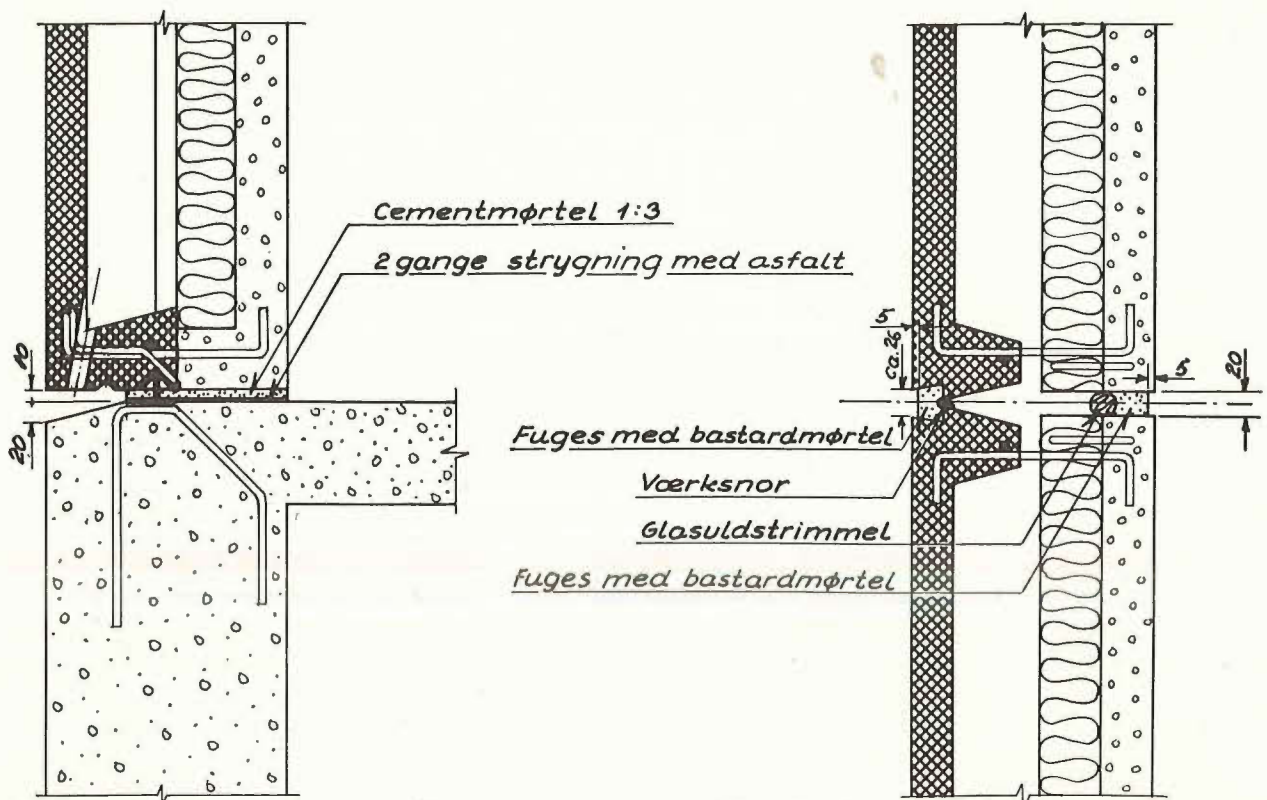
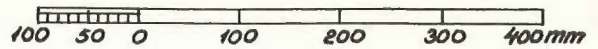
Af hensyn til beskyttelse mod slagregn har man sørgt for, at eventuelle revner i fugen opstår langs den asfalterede søjlenot, således at eventuelt indtrængende vand må følge en knækket linie. Revnebredden langs notens sider (anlæg 1:5 i forhold til facadeplanen) vil blive ganske ringe i forhold til revnebredden i facaden og fugens bund, d. v. s. at vandet vil have større tilbøjelighed til at løbe ned under tyngdekraftens påvirkning, især da der ikke opstår væsentlige lufttrykforskelle mellem facadens yderside og isola-

tionslaget; glasuldmåtterne er jo i åben forbindelse med det fri gennem de vandrette fuger. For at skabe modhold under fugningen og for at afbryde en eventuel kuldebro er der mellem søjlens træbeton og elementets glasuld indstøpet glasuldstrimler.

Bevægelser som følge af svind, krybning, sætninger og temperatursvingninger kan optages. Facadeelementerne er uafhængige af de over- og underliggende rækker, da de kun bæres af søjlerne i deres egen etage. Disse søjler er ikke gennemgående, men bæres i hver etage af en knast fra de støbte vægge foruden og foroven; en samling, der tillader lodrette bevægelser. Mellem to søjler over hinanden er der dilatationsfuge, og mellem søjle og væg 5 cm træbeton, der dels fører isolationen ubrudt igennem, dels sikrer bevægelsen. Knasten er den eneste kuldebro, og den ligger iøvrigt mellem dæk og parket. De vandrette bevægelser optages i dobbeltnoten mellem søjle og element. Som følge af det svind, der endnu er tilbage efter normal hærdeperiode, vil denne fuger normalt åbne sig lidt. Revnen vil følge den asfalterede notflade i søjlen, og alle vandrette bevægelser optages her.

På blad VII er den normale fugebredde vist til 20 mm. Med tilvirkningstolerancer på elementerne ± 5 mm og monterings-tolerancer af antagelig samme størrelsesorden, samt tolerancer på vægafstandene på ± 10 mm, må 20 mm fuger anses for at være den mindste, der bør gennemføres.

Fugerne er også her tilbageliggende, og arbejdet udføres hurtigt med et elektrisk værktøj med fladhamret spids.



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 længevægge 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. Luftmellemlaget hindrer, at isolationen bliver fugtig.

Hvis lecabetonens indvendige pudslag af lecamørtel 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

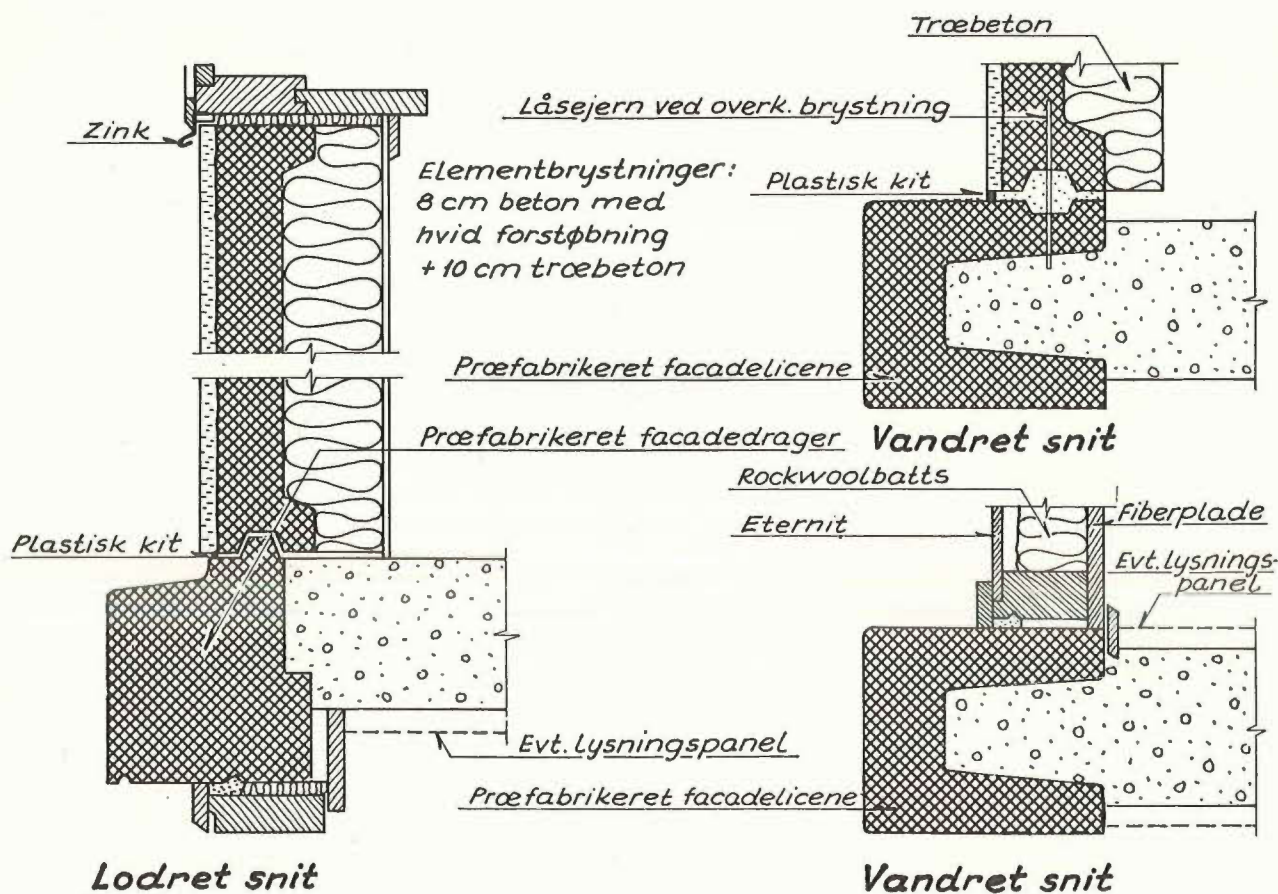
indstøbte L-jern griber om den T-skinne, der er afrettet og faststøbt i fundamentet. Elementets placering i tværretningen er derved fikseret, og korrektioner i længderetningen udføres let ved en forskydning langs skinnen.

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



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

Tolerancerne på bredderne er ± 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 ± 5 mm.

Det lette udfyldningselement, 11 cm tykt.

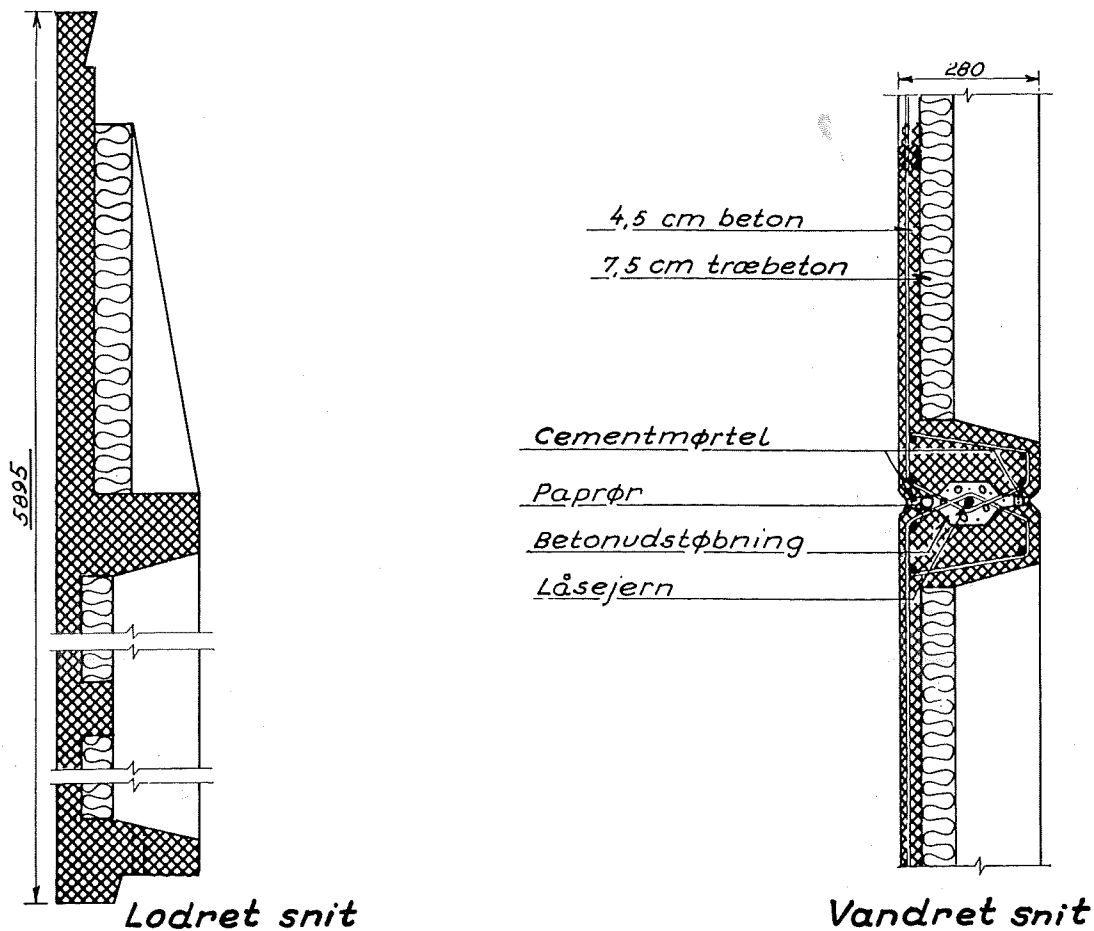
På en træramme er udvendigt sat eternitplader, indvendigt hårde fiberplader. I mellemrummet er indlagt 7,5 cm rockwoolbatts op ad fiberpladen, således at der dannes et hulrum mellem batts og eternit. Hulrummet er ventileret til det fri. Elementerne opstilles og opkiles på brystningerne og fastspigres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

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.

X.

100 50 0 100 200 300 400 500 mm



Bærende facadeelement til lagerbygning.

$h=6$ m, $b=2,05$ m, $t=12$ cm (ribber 28 cm).

Bygningen består af en række indspændte søjler i hallens midtlinie, af facadeelementerne (der efter montagen også danner søjler), samt af bjælker og ribbetagplader.

Elementets yderside består af en glat, farvet, 4,5 cm tyk jernbetonplade, med ialt 28 cm høje ribber. I felterne mellem ribberne er der 7,5 cm træbeton, der svømmes.

Elementet støbes med ydersiden nedad og ribber og træbeton opad, d.v.s. at der må benyttes overform.

Der er ikke truffet særlige foranstaltninger mod fugttransport.

Elementet opstilles og justeres på bolte på samme måde som det på blad V viste element. Imellem elementerne udstøbes dobbeltnoten efter at der er anbragt lodrette låsejern mellem de fra elementet udragende u-bøjler.

De to ribber danner derved sammen med udstøbningen en samlet søjle.

Den lodrette fuger er sikret mod vandindtrængen ved det indsatte, lodret gennemgående paprør, der iøvrigt samtidig virker som forskalling under notens udstøbning.

Fugens normale bredde er 15 mm og tolerancerne ± 5 mm.

Da isolationen ikke er gennemgående, er ribberne kuldebroer, der dog er uvæsentlige for varmetabet.

Efterfugningen udføres med cementmørtel og som sædvanligt tilbageliggende.

Ikke-bærende facadebrystninger til et-etages kasernebyggeri.

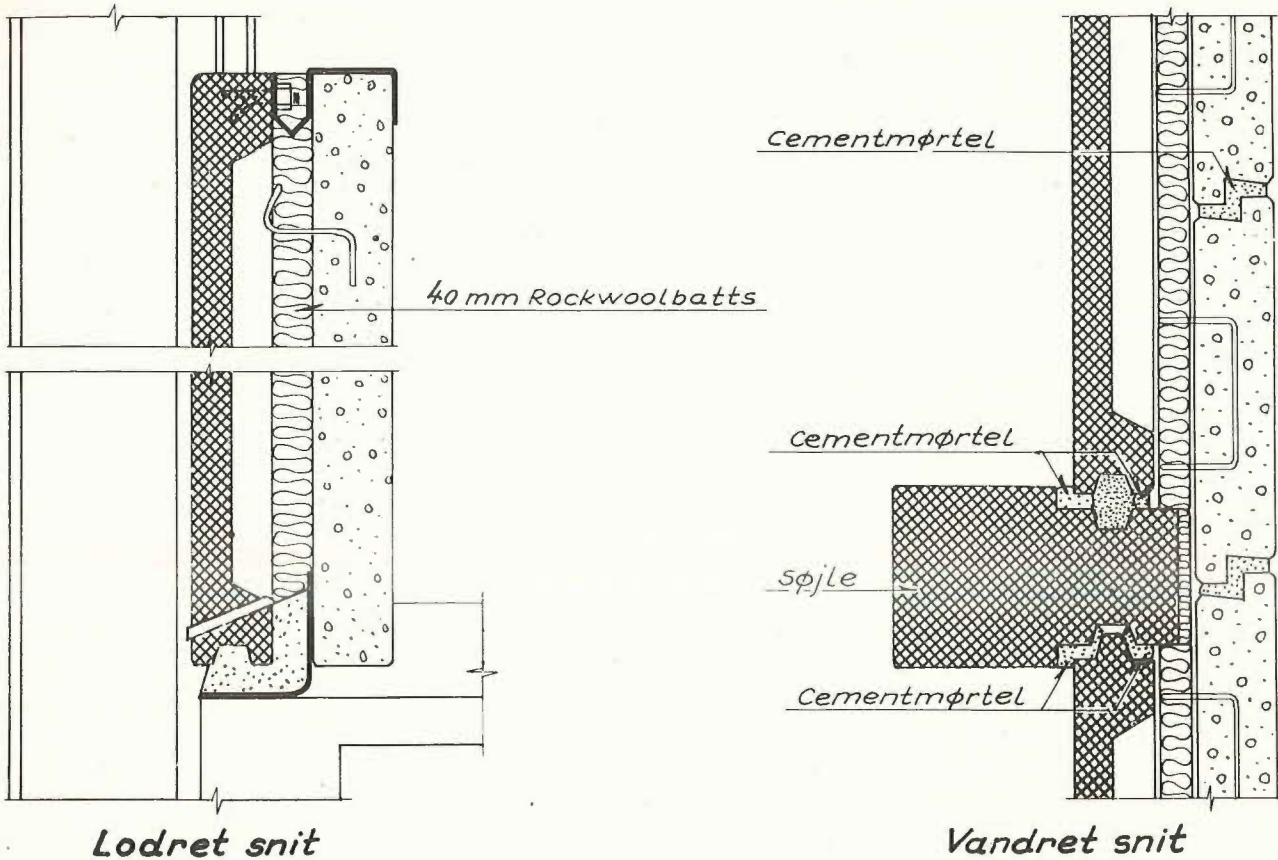
Udvendigt element: $t=4$ cm (ribber 8 cm).

Ved gennemgående vinduer er elementet nominelt 3 m langt (søjleafstand) og brystningshøjt. Ved mindre vinduer benyttes et brystningshøjt element under vinduet, flankeret af etagehøje elementer.

Indvendigt element: brystningshøjt, $l=150$ cm, $t=8$ cm under vinduer.

100 50 0 100 200 300 400 mm

XI.



Er der i faget kun et lille vindue, benyttes under vinduet et brystningshøjt element, $l=150$ cm, flankeret på begge sider af to $37,5$ cm brede, 8 cm tykke, etagehøje elementer. (Disse elementer er de normale, lette skillerumselementer).

Bygningen er opbygget over et skelet af jernbetonsøjler, facadesøjler og to rækker midtersøjler, indspændt i fundamentet, afstand 3 m. Søjlerne er forbundet med bjælker, i facaden af tæt klinkerbeton. Bjælkeundersiderne ligger i samme plan, således at alle vægelementer får samme højde, oversiderne følger tagets plan. De ikke-bærende tværbjælker vinkelret på facaden bliver da trekantformede. Taget består af ribbeplader med bæreretning vinkelret på facaden.

Det udvendige element består af en 4 cm jernbetonplade med 8 cm ribber langs kanterne. Elementet støbes med indersiden nedad – af hensyn til ribberne er dette også lettest, ydersiden afrives groft. Det indvendige element består af 8 cm grovbeton med påsatte 4 cm rockwoolbatts. Elementet støbes med den indvendige grovbetonside nedad.

Isolationslaget er adskilt fra det ydre element ved 4 cm luft og er drænet udad forneden. Montagen af elementerne foregår efter opstilling af det bærende skelet. Det udvendige element opstilles på kiler, hvorefter den nedre fuge sideforskalles, og tagpap indlægges. Derefter udstøbes fugerne og det indvendige element opstilles. Fugerne udstøbes med jordfugtig beton, idet et $\varnothing 8$ mm, overtrukket med en plasticslange benyttes som forskalling. Efterfugningen med fugeske består blot i en aflætning under tryk. De ikke-udstøbte fuger udfuges med stiv cementmørtel $1:3$.

Det ydre element er fastholdt i den nedre fuge og de lodrette fuger, det indvendige element forneden ved understøtning og foroven ved fladjern, boltet til det ydre element.

Den vandrette fuge forneden er sikret mod vandindtrængen af de to lag opbøjede tagpap. Fugebredden er 25 mm, tolerancen på elementet ± 3 mm.

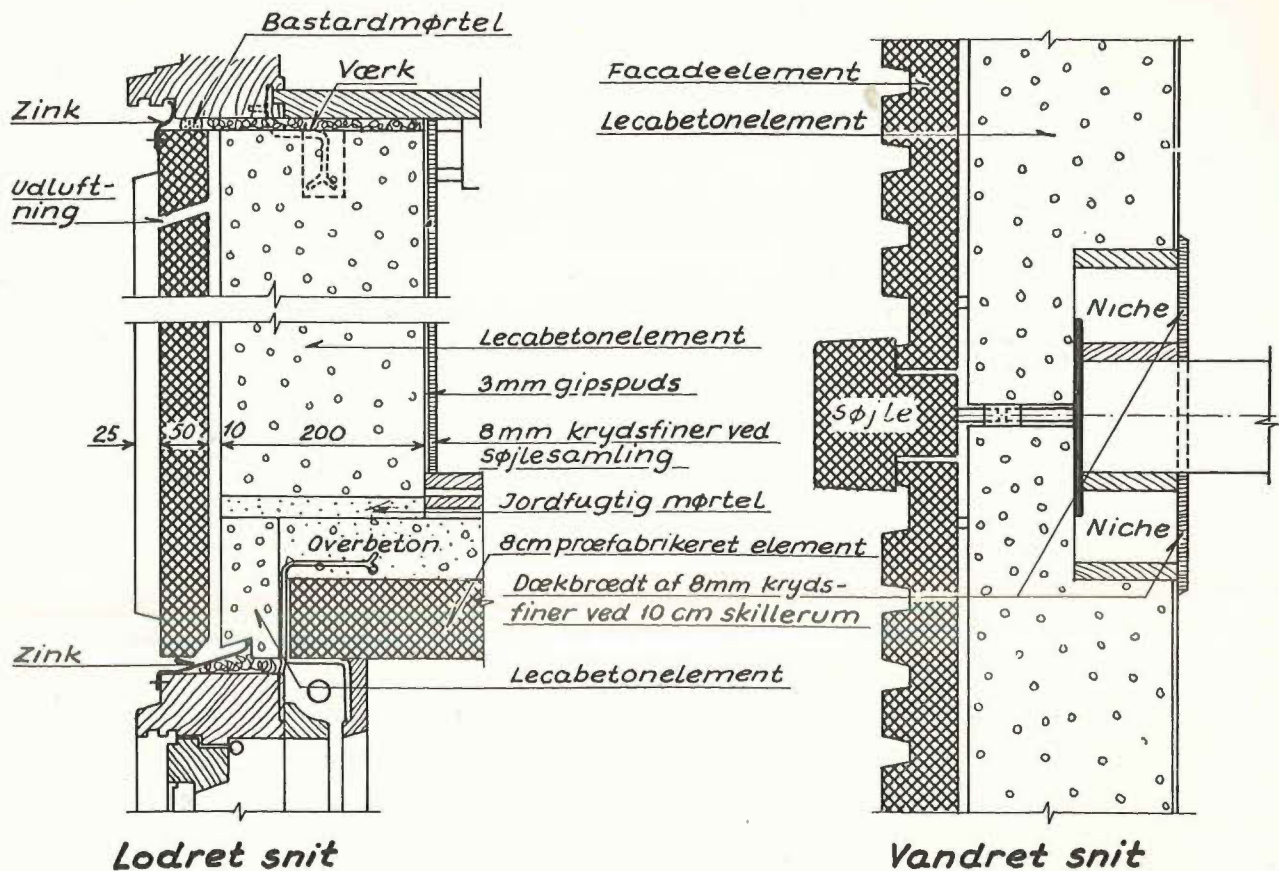
Den ydre lodrette fuge er mellem elementerne indbyrdes og mellem søjle og etagehøje elementer en fjer- og notsamling, mellem søjle og gennemgående brystningselement en dobbeltnot, idet søjlen af symmetrigrunde er udført med not i begge sider.

Bag søjlen er måtten ført igennem, men er sammenpreset, således at der kun opstår en ubetydelig kuldebrovirkning.

Der er ikke truffet særlige foranstaltninger mod bevægelser eller vandintrængen. Dette skulle heller ikke være nødvendigt, da eventuelt vand, som på blad VIII, vil løbe ned og ud af drænet uden at komme i berøring med isolationslaget.

Fugebredden er normalt 10 mm, elementets tolerancer er ± 3 mm, og eventuelle mindre målafvigelse kan iøvrigt optages ved den noget bredere dobbeltnotsamling.

Den indvendige, lodrette fuge har kun tætnende betydning. Den Z-formede not fuges tilbageliggende med cementmørtel $1:3$. Væggen bliver ikke plan, men har synlige fuger pr. $37,5$ cm, da en fugning i plan ikke ville kunne udføres tilfredsstillende, smlgn. f. eks. teksten til blad IV.



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 lecabeton-element, 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 betonaftandsklodser.

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.

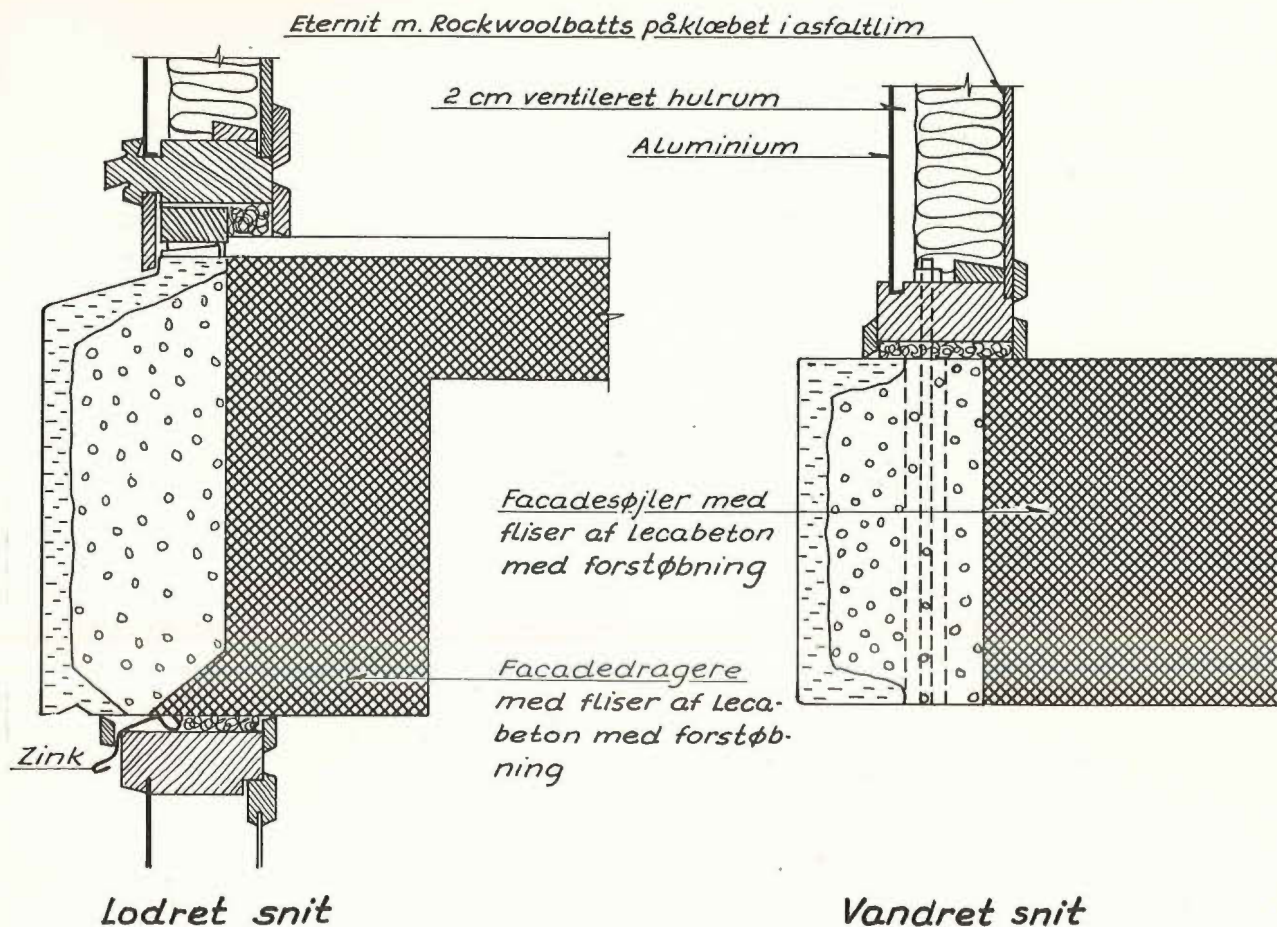
Kuldebroen ind mod etageadskillelsen er afbrudt ved et lille letbetonelement. Fugebredden er 10 mm, tolerancerne på elementerne ± 2 mm.

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 blæsevej trængte ind i den lodrette fuge mellem udvendigt facadeelement og facadesøjle. Når vandet derpå løber ned i fugen, trængte det ind bag den zink, som afdækker vinduets overkarm.

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

100 0 100 200 300 400 mm

XIII.



Ikke-bærende facadeelementer til fleretages 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 aluminiums-plade. 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 damptæt, 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

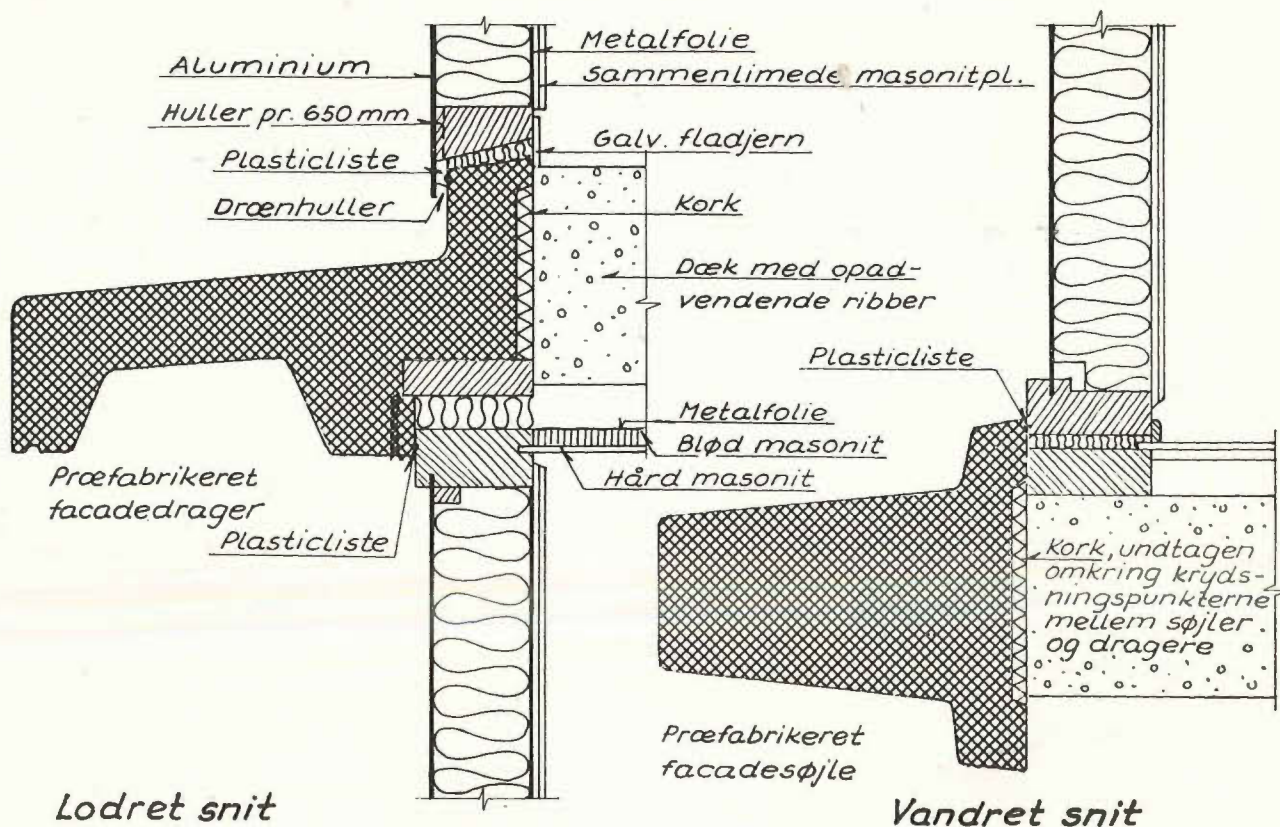
siderne gennem flisernes rørbørsninger. Derefter opsættes eternitbeklædningen med de påklæbte batts. Fugerne stoppes med tjæret værk, og der påsættes kantlister og zinkinds-kud i den øverste, vandrette fuger.

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

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.



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 trappeendevægge. 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 forneden ventileret og drænet udad.

Elementerne rejses indefra med anslag mod fremspring i den overliggende bjælke og søjlerne. Elementerne fastspigres til indstøbte planker, forneden 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.

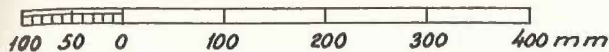
Kræfterne overføres gennem søm til den indstøbte planke. Sømningen er udført således, at plasticlisten klemmes og derved skaber tæthed i fugen. Yderligere tætning er opnået ved værkstopningen. Vandbeskyttelsen ligger i bjælkens drypkanter og plasticlisten. Der er rigelig plads til optagelse af målafvigelse 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 anslag. Elementet er sikret mod at glide udad ved de påskruede, galvaniserede fladjern.

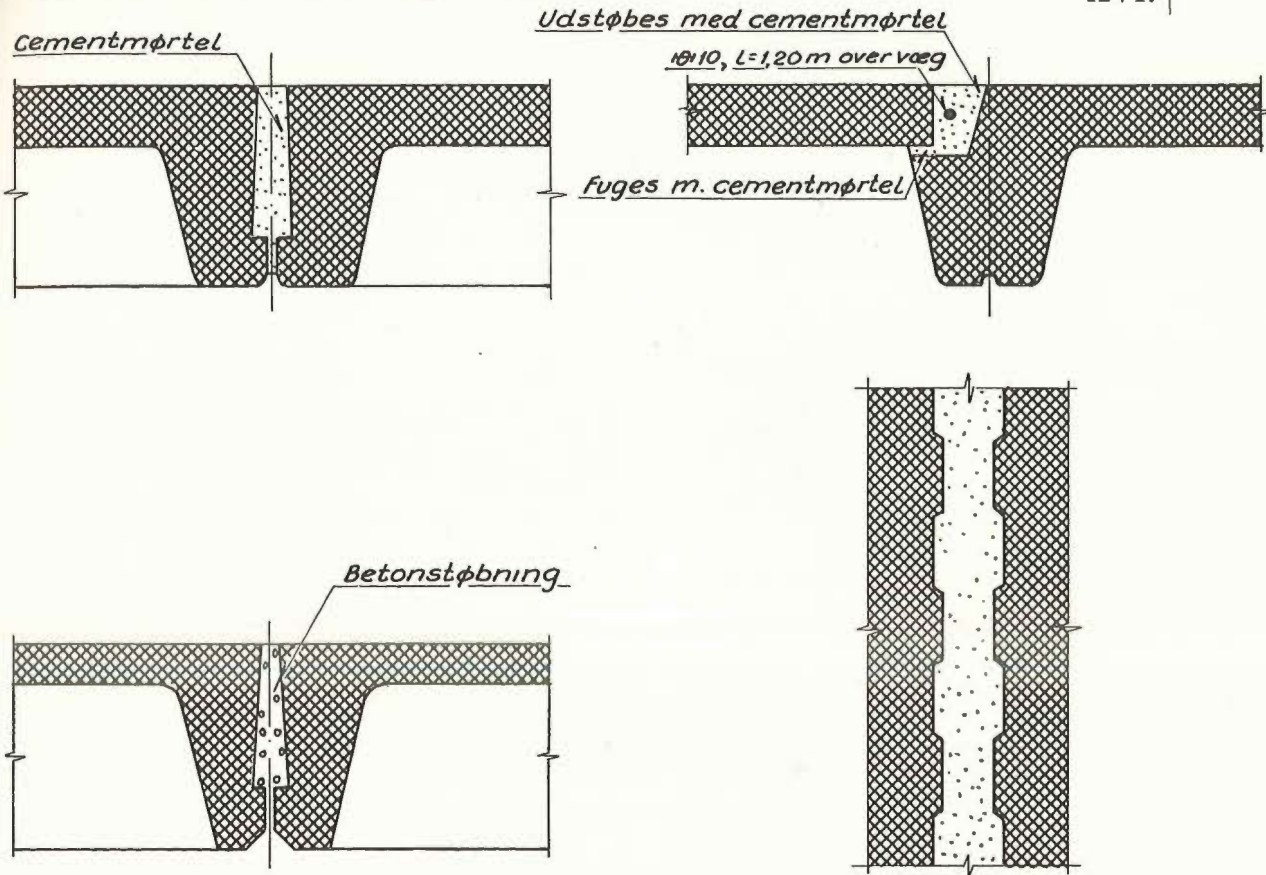
Fugen er sikret mod vand ved bjælkens lodrette opspring og aluminiumsbeklædningens drypkant.

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, $1=n \times 60$ 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 målafvigelser i elementerne camoufleres i forbindelse med den tilbageliggende fuge.

Samlingen udføres ved udstøbning fra oven og efterfugning fra neden.

Blad XVI.

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. $1=n \times 60$ cm, $b=120$ cm, $t=6/20$ cm.

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

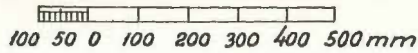
Ribberne er her anbragt tættere, hvorved tilslutningen af lette vægge kan udformes friere. Når fugen er usymmetrisk, betyder det, at der i bygningen må benyttes en symmetrisk vendeplade med to ribber, uden fri pladekant, $b=60$ cm udover normalpladerne med to ribber, en fri pladekant, $b=120$ cm.

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.

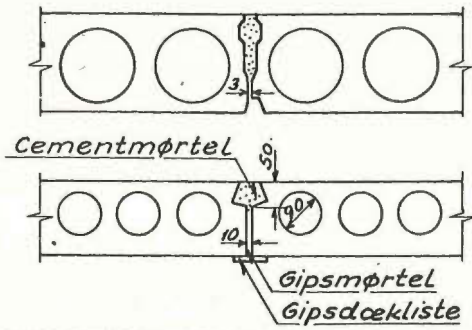
Den usymmetriske fuge har forskellige fordele, bl. a. bliver efterfugningen lettere at udføre, fra siden i stedet for nedefra (smlgn. blad XV), og endvidere optages målafvigelser i elementer og under montage „usynligt“.

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

XVIII.



Etageplader m. plan underside



Etageplader med plan over- og underside.

Blad XVIII.

For at spare materialer og reducere vægten er alle pladerne forsynet med langsgående udspæringer.

Pladerne bærer hver for sig, og de eneste kræfter, der eventuelt skal overføres, er skivekræfterne fra vindpåvirkning. Pladekanterne er derfor fortandede. Begge typer udstøbes fra oven, men „efterfugningen“ udføres forskelligt. For neden ses en løsning, hvor efterfugningen erstattes af en gipsdækliste, der opsættes i gipsmørtel (smlgn. blad XIX). Foroven ses en løsning, hvor efterfugningen ikke er nødvendig, men hvor der stilles større nøjagtighedskrav til produktion og montage.

Samling mellem væg- og etageplade.

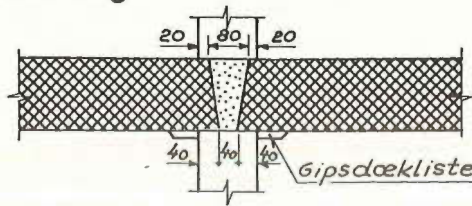
Blad XIX og XX.

På begge de viste konstruktioner er fugen vandret gennemløbende. Også „knækkede“ fuger kan tænkes, f. eks. ved ribbeplader uden enderibber, men i princippet er samlingsmetoderne de samme:

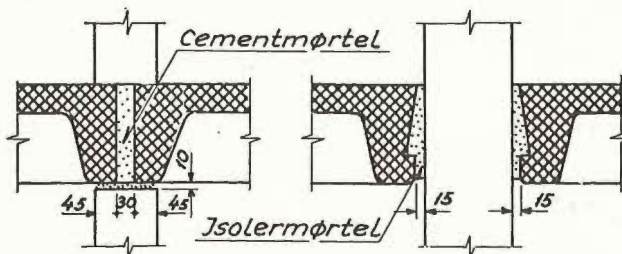
Knasfuge som vist på blad XIX eller oplægning i mørtel, opkiling, understopning etc. som vist på blad XX. Oplægges med knasfuge, bør udstøbningen mellem elementerne vibres, således at ujævnhederne udfyldes af indtrængende mørtel. Knasfuger er billigere, men stiller store nøjagtighedskrav, specielt af æstetiske grunde, derfor er der som vist på blad XIX lagt en gipsdækliste over samlingen. Den ujævne kant kan også skjules ved, at man lader pladens underside ligge lidt lavere end vederlagets plan.

Endvidere er på blad XX vist en ikke-kraftoverførende samling mellem etageplade og afstivende, ikke-bærende væg.

XIX. **Vederlag**



XX.



Ved længdeskillevæg

Ved tværskillevæg

Eksempel på fuger mellem vægelementer.

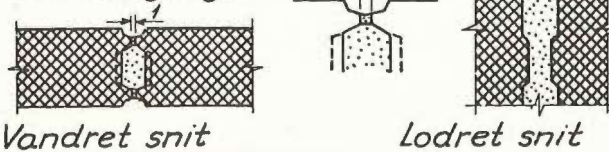
Blad XXI.

Fugen kan med den viste udformning overføre vandrette kræfter mellem elementerne, og fortandingen sikrer, at hele væggen virker som en skive. Af hensyn til afformning har fladerne de viste smig. Samlingen udføres ved udstøbning, hvorefter der kan gås efter med en fugeske, eventuelt efterfuges. Den normale fugebredde, 10 mm, stiller i forbindelse med elementernes breddetolerance ± 5 mm ret strenge, men absolut ikke uigennemførlige, krav til montagens nøjagtighed. Disse krav falder i tråd med de krav, der iverigt stilles til råbygningen.

I fugen indlægges el-installation. Af hensyn til udseendet er fugen tilbageliggende. Det vil nemlig som følge af små unøjagtigheder, f. eks. vindskævheder og krumning af kanter, ikke være muligt at fuge i plan på tilfredsstillende måde – og stofkarakteren ville være afvigende, ligesom smårevner ville være meget synlige. Smårevner skjules ved den viste udformning i fugens bund.

For at målafvigelser ikke skulle resultere i en umiddelbart synlig fugebreddevariation er fugen udformet således at den tilsyneladende bredde er ca. 30 mm.

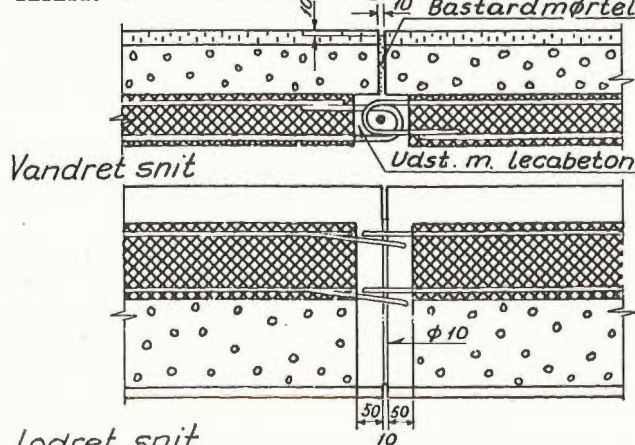
XXI. **Vægfuge**



Vandret snit

Lodret snit

XXII. **Bjælkesamling**



Vandret snit

Lodret snit

Eksempel på bjælkesamling, der kan overføre trækkræfter (og momenter).

Blad XXII.

Coignets og Camus' elementfabrikker

Uddrag af Johs. F. Munch-Petersens beretning over en studierejse
til England-Frankrig, offentliggjort i „Byggeindustrien“, 1957.

Coignet.

Firmaet har ud fra en omfattende standardisering af etageplanen reduceret elementantallet til et minimum og derved skabt muligheder for udnyttelsen af en vidtdreven mekanisering (i hvert fald i nogle af processens led) ved præfabrikationer af elementer til 300 lejligheder om året.

Husets dybde er $2 \times 3,76$ m og lejlighedsplanen omfatter f. eks. 3 rum à $3,76 \times 3,30$ m, et trappe- rum af samme dimension, og endvidere et køkken-bad arrangement omfattende $1\frac{1}{2}$ felt af denne dimension. Alle etageplader er rumstore, af dimensionen $3,76 \times 3,30$, og alle facadeelementer $3,30 \times 2,70$ m. Produktionen omfatter derfor 1 etageplade (med variationer fra huller), 3 facadeelementer af samme ydre dimension, men med hhv. 2 små vin-



Fig. 1. Coignets facade.

duer, 1 stort vindue eller 1 fransk dør, samt diverse væg-, trappe-, skorstenselementer o.s.v. Men planen er også meget bundet og (set med danske øjne i hvert fald) ikke særlig spændende. Facaderne er kedelige, men dette skyldes nok mindre uniformeringen og mere arkitekturen. De sand-

blæste overflader fremtræder grumset gullige og helhedsindtrykket er en stor flade med vindueshuller. Man kunne ønske f. eks. nogle farver eller altaner til at bryde facaden. Farvevarianter vil jo kunne fremstilles i de samme forme, således at en del af uniformeringen vil kunne bringes ud af verden uden ekstraudgifter.

Se facaden fig. 1 og etageplanen fig. 2.

Etagepladerne er krydsarmerede jernbetonplader med kantbjælker. Over- og underside er plan, og dimensionerne $328 \times 386 \times 19$ cm. For at spare materiale indlægges trækasser, der går tabt, da de er omstøbt på alle sider.

Facadeelementerne har dimensionerne $330 \times 270 \times 25$ cm, og består udvendigt af 2 cm facadebeton med tilslag i farver efter ønske, 5 cm jernbeton, 15 cm letbeton og 3 cm puds.

Fabrikationen foregår i en hal

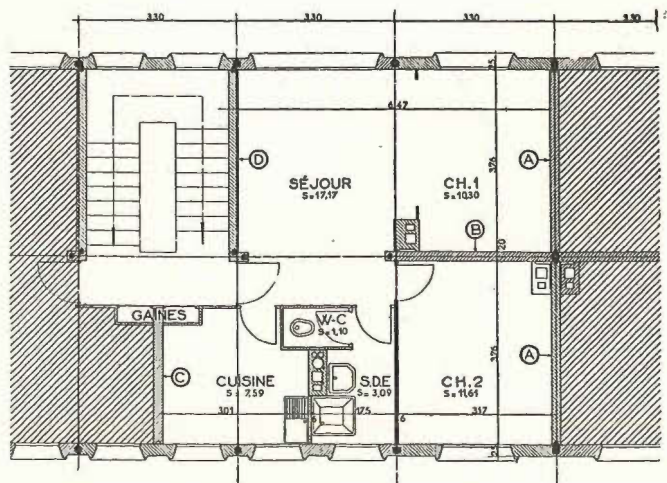


Fig. 2. Coignets etageplan. Bemærk det skrabe køkken (cuisine). Der er ingen entré. Stue og kammer er ikke adskilt ved en væg.

på ca. 20×40 m, hvor formene er opstillet. Udenom ligger lager, kontor, sandblæsningsrum, anlæg til fremstilling af damp og trykluft, betonblande-anlægget og armeringsværkstedet. Betonen blandes skiftevis i to fritfaldsblandere anbragt umiddelbart uden for hallen ved midten af den ene langside, hvorfra betonen transporteres på tipvogn til støbestedet.

Væggene støbes lodret i et „batteri“ bestående af stålskillevægge på hjul, således at flere vægge udstøbes på een gang mellem sammenspændte forme. Etagepladerne støbes i vandrette, stationære forme med hydraulisk manøvrerede sideforme. Facaderne støbes vandret, men afformes i lodret stilling. Facadeelementproduktionen er den interessanteste og skal beskrives nærmere:

Facadeelementformene er udført i stål i meget svære dimensioner (af type som vist på fig. 3). Alle bevægelser af sideforme, rejsning af formen, afformning o.s.v. er hydraulisk styret. De stabile forme resulterer i meget små målafvigelser, så små, at facadeelementerne uden videre kan monteres oven på hinanden gennem 6 etager blot med en udjævrende og tættnende bitumenstrimmel udlagt i „knasfugen“ – med en stor tidsgevinst.

Betonen udstøbes og afrettes. Dette foretages ved skovling, lidt vibrering, stampning og endelig afretning med en roterende „slibeskive“, fig. 4. Derefter anbringes en „hætte“ med damprør over formen, fig. 5, og temperaturen holdes i 3 timer på 83°. Så begynder afformningen, hydraulisk manøvreret, fig. 6. Sideformen på elementets overside klappes ned (2). Formen rejses, fig. 7 (3). Klemt mellem de 2 sideforme (4) frigøres elementet fra den nu lodrette bundform (5). Elementet ophænges i en løbekat. Sideformene frigøres (6). Derefter transportere-

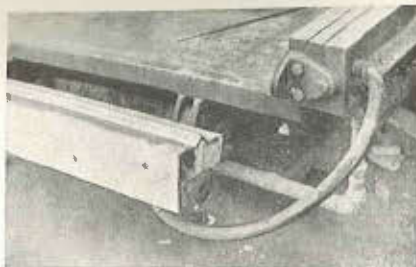


Fig. 3. Form til etageplan.

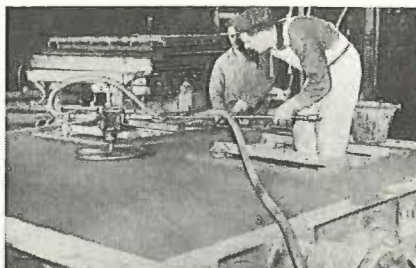


Fig. 4. Elementfabrikation (Coignet).



Fig. 5. Elementfabrikation (Coignet).

res elementet til sandblæsning – 2 mand i 2 timer. Den opnåede overflade minder om de engelske „exposed aggregates“, men fremgangsmåden er dyr. Den anses for nødvendig for at skabe en selvrensende overflade. Muligvis er

betonteknikken på dette punkt ikke så god som i Danmark (muligt er den kraftige opvarmning grunden) i hvert fald kan en glat overflade ikke opnås. Dette betyder, at de indvendige overflader ikke kan benyttes uden videre, men at der kræves en behandling med „enduit de peintre“, der så vidt jeg forstod, er en slags puds, lignende vor Kåbetäck, måske mere finkornet. Resultatet mindede om gipspuds.

Om montagen er der ikke meget at sige. Der benyttedes i begyndelsen en portalkran, men nu bruges tårnkraner. Interessant var det at se, at der er udarbejdet en „køreplan“, der koordinerer elementtransporten fra fabrik til byggeplads på „tømmervogne“, således at man sparer mellemlager. Til stødpudelager var der dog parkeret nogle elementer på pladsen, men motorvognen og mandskabet, den dyreste del af transportgrejet, var i fast rute-fart. Let indstillelige teleskoparme fastholder elementet foreløbigt (fig. 8). Elementerne kan som nævnt stables uden videre, men mellem facadeelementerne udstøbes et cirkulært hulrum, dannet af halvcirkulære udspæringer i facadeelementernes sider (fig. 9). Alle udvendige fu-

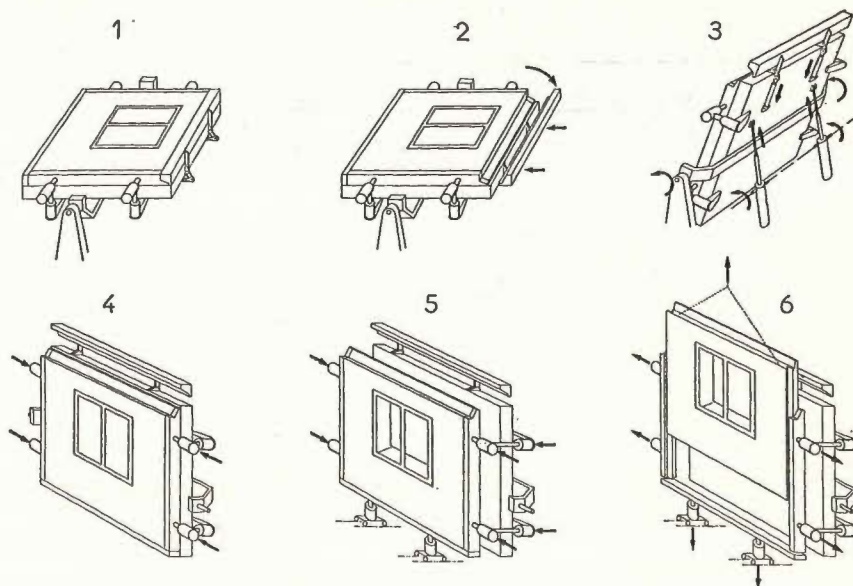


Fig. 6. Elementfabrikation (Coignet).

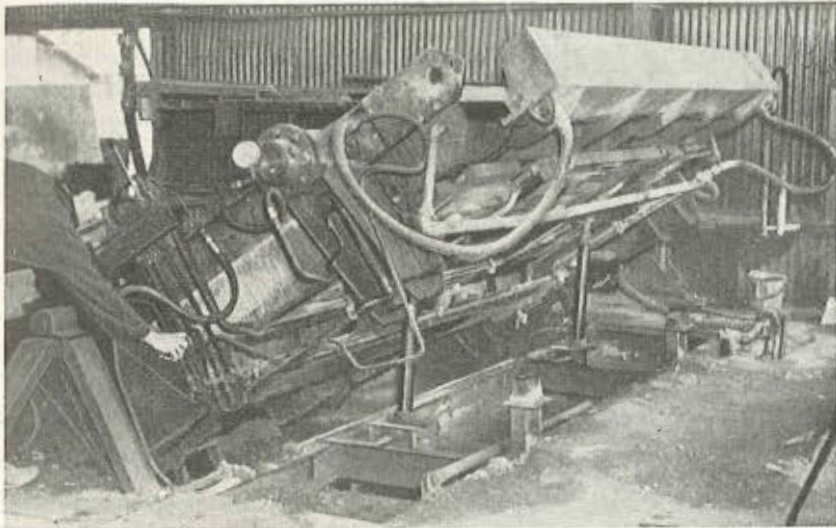


Fig. 7. Elementfabrikation (Coignet).

ger bliver senere secomasticforseglede af 2 mand, stående i gravkoens grab(!).

Iøvrigt er lodrette rør og skorstenen samlet i en blok, og el-rør er indstøbt i vægelementerne. Hvor der er fuger i loftet eller væggen mellem to elementer bliver der påsat en liste, der samtidig skjuler el-installationen. Samlingerne mellem de indstøbte el-rør er det lykkedes at anbringe steder, hvor arbejdet ikke skal skjules: i skabe og målerskab, men med de ret enkle, franske

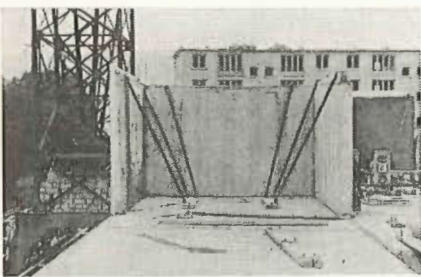


Fig. 8. Montage (Coignet).

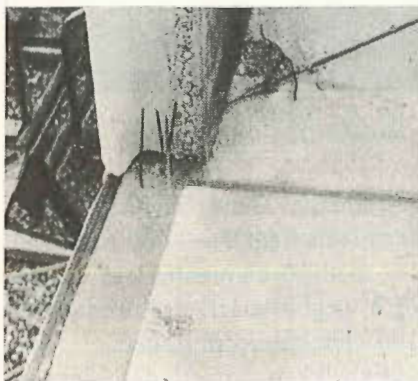


Fig. 9. Montage (Coignet).

krav, er problemet også mindre end i Danmark.

Skabe, rør, inventar m. v. er præfabrikeret og fastgøres til indstøbte bolte, gevindskårne rør m. v.

Indtrykket må samles i, at fabriken ved en hårdhændet systematisering af etageplanen og facaden har skabt mulighederne for en storproduktion med en vidt-dreven rationalisering. Men alle led er ikke lige rationelle og automatiserede, og det er måske en grund til, at man ikke føler produktionen som en helhed. Den automatiserede del føles som en antydning af, hvad der måske vil blive fremtidens løsning, hvis teknikken i de øvrige led kan automatiseres, men uniformeringen er så udpræget, at man føler, at dette hindrer en effektiv udnyttelse af produktionsapparatet inden for en rimelig radius af den stationære fabrik.

Camus.

Denne fabrik er ikke så automatiseret, men til gengæld føles alle led afbalancerede. Anlægget er langt mere storstilet, og samtidig er uniformeringen mindre. De i mindre grad mekaniserede forme kan lettere udnyttes til ændringer af produktionen. *Produktionsanlægget anses for det vigtigste*, og man fremhævede, at man ikke ønskede at standardisere alt ned til et absolut minimum af elementtyper med henblik på automatisering. (Jeg spurgte om disse forhold, fordi Camus også står bag „verdens første plastichus“ (smlgn. fig. 16-17), hvor rygten talte om enorme investeringer i forsøg og forme). Markedet er for begrænset, i hvert fald endnu, og betonen lidt egnet til samlebåndprocesser. I fremtiden kunne man derimod overveje, hvilke veje, man kunne gå, afhængigt af de til den tid anvendelige materialer. Der kunne da tænkes på en standardisering for at afskrive de meget dyre forme, som f. eks. plastic ville medføre. Målstandardisering, ville da komme til sin ret. I dag er rumstore betonelementer økonomiske, helst i serier på 2-300 ens elementer. Men man må kunne ønske, at en vis koordinering kunne befri produktionen for en masse ligegyldige varianter, der belaster økonomien, omend ikke uforsvarligt. På den anden side er tiden ikke moden til samarbejde mellem flere byggerier – og jeg tror heller ikke, fabrikkerne er interesserede, når det er muligt at opnå store, samlede ordrer.

Fabrikationen i Montesson finder sted i en hal bestående af 10 tværhaller à 15×45 m. I een hal er der kontorer og i hveranden af de 9 resterende haller er der to dæk, 1. sals dæk til jernlager og bukning af jern og varmeslanger til opvarmningssystemet, „stueetagen“ til lager etc. for de øvrige materialer. 1. sals dækkene er forbundet med en langsgående gangbro. I de 5 haller er der kun „stuegulvet“, i niveau med terrænet, og her fabrikeres elementerne (fig. 10).

Tilslagsmaterialerne ankommer pr. pram ad Seinen og føres på bånd op i en silo, hvorfra de sorteres og føres på nye bånd til blandestationen. Herfra pumpes

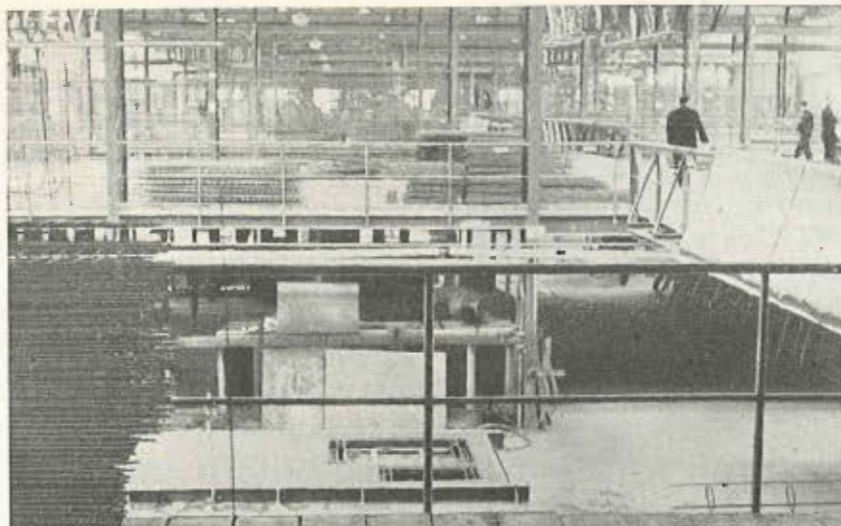


Fig. 10. Fabrikationshallerne (Camus). 1. sals midtergang ses tilhøjre.



Fig. 11. Silo- og blandedanlæg. Bemærk mændenes størrelse i baggrunden (Camus).



Fig. 12. Vægformsbatteri (Camus).

betonen ind i hallerne, hvor slangerne har udtag ved arbejdspladserne (fig. 11).

De vægge og etageadskillelser, der kun indeholder een kvalitet beton og ikke har fliser, ribber o.s.v., fabrikeres i lodrette for-

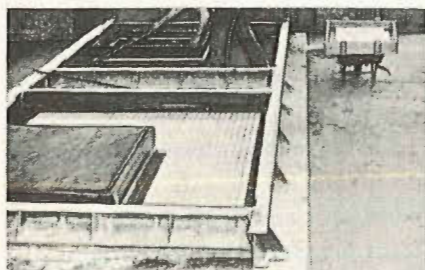


Fig. 13. Facadeform (Camus).

me, dannet af 25 mm stålplader, der opstilles samlet til et batteri, hvori støbningen finder sted under eet, fig. 12. De opnåede overflader er fine, glatte omend med nogle små huller, der forholdsvis let kan fyldes. Til denne produktion benyttes ikke opvarmning. Vægelementer er rumstore og undersiden er forsynet med fremspringende bølger, 10 cm høje knaster, der letter vægopstillingen, idet man da kun behøver at afrette og eventuelt justere på disse steder. Normalt sker montagen dog uden justeringer, og knasterne fungerer som midlertidig understøtning, indtil mellemrummet er stampet under med beton. Knasternes hovedformål er derfor at holde fri af etagen, således at knasfuger med usikker kraftfordeling undgås. Men et spil på 10 cm synes rigeligt.

Facadeelementerne, der også er rumstore, støbes i vandrette forme, bestående af et stort stålbord, hvorpå sideformene til et (eller flere!) elementer opspændes (fig. 13). I bunden af formen (elementets yderside) nedlægges fliser opklæbet på papir (keramiske fliser, ca. 4×4 cm) og stålvinduesrammerne anbringes, hvorefter støbningen af 5 cm facadebeton foretages. Derefter lægges 3 cm glasuld (fernisaftivet for en merpris af 50 %), 10 cm letbeton ud-

støbes, og der afsluttes med 2 cm mørtel. Omløbstiden er 3 timer, idet der under formen er faste rørslinger, over formen en løs hætte med rørslinger, hvori vand (140°) passerer og opvarmer betonen til 80°. Formene rejses til næsten lodret stilling før afformningen. Der mangler nu kun afvaskning af papiret, der fastholder de udvendige fliser, og indsætning af glas i vinduesrammerne (fig. 14).

Fabrikkens omfang fremgår af nogle tal: Der produceres i eet skift 250 m³ beton pr. dag til 8



Fig. 14. Facadelement (Camus).



Fig. 15. SHAPE-bebyggelsen i Saint-Germain (Camus).

lejligheder. Der er 24 stålborde til facadeelementerne, der produceres med 50 elementer om dagen, og 8 væg batterier, der producerer 100 elementer om dagen.

Fabrikken har til dato leveret elementer til 26 lejlighedsplaner,

ved hjælp af 185 elementtyper. En vis koordinering og standardisering er altså foretaget, men der er stadig fleksibilitet (fig. 15).

Camus arbejder også på andre fronter, bl. a. i samarbejde med en række andre firmaer på „verdens første plasticus“, der viste fransk plasticindustriens høje stadi på den internationale byggeudstilling ved Paris i 1956.

Huset er et forsøgshus, der har givet mange erfaringer, også dårlige, om fremstillingsmetoder, brugskrav og æstetik.



Fig. 17. Uørelseenhed i det cirkulære plasticus. I baggrunden hoveddøren. Farverne var hvid, lyseblå, høj rød, orange m. fl. Båden i forgrunden er også af plastic.

Fig. 16. Køkken i det franske eksperimenthus, opbygget af 100 % plastic-elementer, fra standardrumenheder og ned til askebægre. Læg mærke til den pressede køkkenvaskenhed til højre. I badeværelset var badekar, bidet, håndvask, hylder o.s.v. presset op i een stor enhed af hvid (lovlig nubret) plastic.

Tillæg D
Engelsk resumé.

Summary

Summary

This report is issued by The Institution of Danish Civil Engineers and prepared by The Committee for Rationalization of Building Activities. It contains a summary of the problems related to prefabrication, the present experience and possible future development – with a special view to danish building practice, giving construction in R. C. Concrete a predominant position.

The Building Industry compared with other industries.

The economic trend is towards rapid development of industrial plant. In the western hemisphere this has caused the utility goods made by craftsmen to be exchanged by cheap mass produced goods. This, undoubtedly, has raised the standard of living, and with automation in industry this standard is likely to continue to increase. It is not unreasonable to expect a social upheaval with new demands will result.

Single and aged persons to-day prefer flatlets to sublet rooms. Early marriages are common and independent accomodation is preferred. Clearing of slums is important, and the increase in population will raise the demand for housing.

It is a question whether the house production with the present methods will be able to cover the demand to-day and in the future. A building industry besides the old building trades is therefore developing. Prefabrication as described in this report is going to play a part in this new industry. Traditional building methods, one must admit, have not changed much in principle during more centuries.

To quote Architect *P. Arctander*, M. A. A., an industrial production can be desribed as follow:

A continuous production

of a *uniform* and *tried* product,
under *guidance* of all steps in the production,
in so *large series* that the advantage of *repetition*
is obtained,
with *mechanical* tools,
on a *planned* building site,
according to a routine *working plan*,
with *control of labour operations*,
using *semi manufactured* or standard elements,
and based on a *known market*.

If the individual building projects have the necessary size and uniformity in design, prefabrication will pay dividend. This is also the case if several projects are coordinated with use

of a number of elements differently combined in each project. It leads to considerations about the use of a module and other standardization measures in house building (Publ. No. 3, Modular coordination in Denmark).

With industrial production follows a high degree of uniformity and accuracy in measurements. The accuracy of precast concrete elements is due to the rigid forms which it is necessary to use to get several reuses. The accuracy is vital to the erection and at the same time provides a raw structure so exact that all trades can rely on the measurements given on the drawings.

Piping and carpentry can thus be prefabricated with economic advantage. Reference may be given to Publ. No. 6, Accuracy in Building Construction.

Prefabrication.

A clear definition of prefabrication is hardly possible. This is because prefabrication is following a development and the design consequently changes. Should one give a definition it would be prudent to say that the building process has two seperate operations, fabrication on one site and erection without fitting on the building site.

Strictly to this definition we have hardly carried out a prefabrication here in Denmark, but the development throughtout the last five years has brought prefabrication close to this definition. When this report is printed the first really prefabricated house – apart from foundations – will be up.

Progress in Prefabrication Practice.

The early “prefabricated” buildings were partly traditional. No one dared to take the deep plunge.

From the start concrete was the material chosen on account of its cheapness and strength. But it has disadvantages: It must be insulated and the slow setting prevents an ordinary industrial processing.

For carrying structures concrete must be expected to be used in the future, and if the concrete can be made nailfast and with a cement of a considerably quicker setting, it will satisfy the demands of to-day.

Inner walls were to begin with cast-in-situ and plastered, later only treated with “Kåbetäck”. Then the walls were to receive no treatment as the shutters were improved by use of steel instead of hardboard or plywood.

Cast-in-situ walls without rendering is a reminiscence from monolithic concrete structures. Such walls adds stiffness and gives the building

stability, but must be considered foreign to prefabricated buildings. It is the forms for these walls that are prefabricated for erection. Lack of experience in prefabricating carrying concrete walls has introduced the cast-in-situ wall without rendering in to-days prefabrication.

It has been acknowledged that to plan the timetable for the various trades it is important to avoid plastering as a delaying factor during construction. To avoid plastering is also a necessity for dry building and help to place contracts that do not overlap.

All concrete surfaces on prefabricated elements will be smooth and need no other treatment than painting or wall papering. Cast-in-situ walls must be equally smooth to avoid special treatment.

The surface finish on ceilings and carrying walls does not present any problem in prefabrication. For light partitions, however, an acceptable solution has not yet been found. Breeze block walls are cheap and have certain advantages in the finished house, but as a whole the result is uneconomic. This is due to the plastering which introduces a wet operation in the otherwise dry building. Hereby the clear division in contracts for the various trades becomes impossible, because – for flats – it would mean that the bricklayers would have to return to one flat several times. It would also mean that the insertion of windows and installation of central heating can not follow directly after erection, causing a delay in carpenters and joiners work.

In the start outer walls were made in small elements which could be hoisted by light gear and placed with help of wedges and with use of "mortar sausages". Larger elements were then used, supported on brackets or carried by columns or beams. Later the elements were made as sandwiches with heat insulation of rockwool and later also plastic foam and with protecting, insulating and carrying functions separated. The elements are now often room sized and erection methods improved so that the crane only has to hoist the elements but does not need to position these. Light timber framed front elements are lately appearing.

Floor slabs are usually with ribs as this design is economical in material. Lately also flat slabs with cavities have been made making it easier to arrange light partitions.

The trend is now towards making also carrying walls in prefabricated elements, giving continuity to the erection progress.

The advance made in the making of the individual elements is described in the paragraph

about design of elements and in the following section with examples. Here various methods are shown, especially with regard to the arrangement of joints.

It is expected that further development will influence the technical installations. The main problem in the Building Industry is the differentiation in trades, parts and working operations.

The complications from installations can be eliminated if the structures and the installations are merged. Several ways may be open, but the result will be a different design of the installations than known to-day.

Consequences for the design.

Design of prefabricated buildings now combine the shaping of the elements with the planning of the erection scheme. To use a minimum of types of elements the architect and the engineer must work close together from the beginning. Housing schemes and lay-out of houses or flats have a predominant influence on elements and erection. The design by architect and engineer can in fact be compared with industrial styling.

One must realize that all discussion is about the building as a whole and new points of view must therefore be taken.

The cost of the prefabricated skeleton building should not be considered vital and should not be compared with that of the traditional building. The main thing is that the new building method devised present a favourable picture with regard to overall expenses to contractors, fees, rents, maintenance and heating and taking into account the practical and aesthetical results obtained.

The lay-out of the buildings should be considered with a view to facilitate transport and erection and, if required, give room for a temporary factory for production of the prefabricated elements. Whether it is a building in brickwork or in prefabricated elements it is a disadvantage with stepped or curved buildings, skew corners, projections, difference in numbers of floors or in the plan of the floors. The lay-out in general as in details must be simple.

Survey on Construction in relation to Project.

Construction of prefabricated buildings can be divided in the following phases:

1. Making of the elements. Here the economy related to forms is an important problem.
2. Transport of prefabricated elements to and/or on the site.

3. Erection, including lay-out of the site with special regard to internal transport and storage.

For all three phases it is necessary to consider the plant.

Re. 1. The elements are cast in moulds. These can be of various materials. Irrespective of material the mould is rather expensive. The best economy is therefore obtained by using each mould to its limit. This fact makes it reasonable to standardize the elements for use in several projects, based on a module, or to standardize flats, houses or units such as bathrooms, kitchens, staircases etc. At this stage, without such a standardization, the equivalent advantages should be aimed at by reducing the numbers of elements required through careful planning.

From the demand to reuses of the moulds follows that the delivery time for the elements must be long if the moulds are used to full capacity. For concrete moulds full capacity will amount to 100–150 reuses and for steel moulds to a minimum of 500 reuses. Normally the moulds are used once daily. Delivery time will then have to be fixed to 100–500 days dependent on the material used for the moulds, with 2–3 months extra for making the moulds, curing (if concrete), starting and wasted time etc. Delivery time for the first element is considerable shorter.

Well planned prefabrication must have large numbers of each element. Not only is the cost of moulds about the same for 10 as for 300 elements, but also the planning with detailed design of connections and joints is a constant initial cost. The building project should cater for a suitable coordination of fabrication of elements, erection and site building program. Waiting on the site should be eliminated, but not at the cost of overfilling the store-yard at the factory.

Re. 2. Transport of elements can be from a stationary factory to a store on the building site and from the store to erection. For economic reasons it ought to be from factory direct to erection. If the factory is situated on the site the transport will be from factory to storage and then from storage to erection.

Re. 3. At the erection the size of the elements decides the plant to be used, either light

gear or expensive, heavy cranes. Initial cost, running cost and maintenance can amount to huge sums. It is therefore necessary at the planning to shape the elements to utilize the plant.

Size of elements and standardization questions.

The first prefabrications were carried out with rather small elements, but to-day they are normally room sized or at least elements the size of half a room.

The sudden change from small to large elements took place because with the methods of production known it was advantageous to use rather large elements.

In Denmark it is being discussed if this rule will continue to apply. New materials and methods may change the conditions. One part believe that a multipurpose standard element, even though smaller than room sized, will sell on the market in so large numbers that the price can be considerably lowered.

Large elements in the sense of room sized elements will not, due to the size, be of any use except for the building to which they are designed. Even if the size was correct for another job it would be unlikely if provisions for pipes, switches and doors fitted more than one house plan. Large elements will therefore be used either to standard houses, sold by a contractor fully detailed as a finished product, which the buyer – the client – can buy or leave, or to building projects designed for a special purpose to suit a client's individual demand.

While large elements are made for special projects or must be used to standard houses – designed by a private firm or by The National Institution for Building Research – standard elements are smaller but more versatile, with the advantage that each type may be mass produced.

As mentioned before large elements are for the time being economic compared with smaller elements. The evolution may therefore depend on a decision concerning the desirability to erect standard houses and blocks with standard flats. It is also a question whether versatile standard elements when mass produced can be reduced enough in price to make up for the advantages by larger elements.

Some factors in estimating are:

Forms. The share of forms in the cost per sq. unit is relatively low for only 100 reuses with the types of forms known. Only large numbers of

elements will allow the use of mechanized forms.

Circulation, i. e. the time between two decenterings, can only be reduced by new methods or materials. Real steam curing is used, in France with a temperature up to 80°C ., but the surface finish suffer.

Casting Yard is most efficiently used with large elements.

Screeds adds the smallest amount to the cost per sq. unit with the use of large elements.

Transport and Erection. Heavy cranes have a lower lifting speed than light cranes. The initial cost of the plant is proportional to the maximum load. It is an advantage to large elements, however, that the time spent on gripping, positioning, release, pointing etc. is relative short.

Services can easiest be combined with large elements as these give fewer connections.

Curves of relative prices to-day.

Judging from the present methods of production the near future will show that the influence of transport mileage is of no great importance to the final price, see fig. 3, page 29. Stationary, rational element factories will therefore be able to compete within large areas. Fig. 4 – as also Figs. 3 and 5 – is from an element factory and contractor in Copenhagen, and shows that with only 150 reuses (“stk/form”) of a mould the minimum price has been reached. A rationalized factory to-day would not gain much from standardization, even if an order for 9000 elements was placed. The price would be about the same as for 60×150 elements.

From Fig. 5 follows that with the present level of costs large elements are cheapest. With 200 reuses (“støbn./form”) for each form – maximum for concrete moulds – it is possible to save 20 % by making the width of the elements 8 ft. (2.4 m.br.) instead of 4 ft. (1.2 m.br.). If the order is limited, for instance to 800 ft. run of wall, 8 ft. wide elements would give 100 reuses of the form, 4 ft. wide elements 200 reuses. The saving by using the larger elements amounts here to 15 %.

The Element Factory.

Considerations concerning type of factory can loosely be judged as follow: A field factory has a smaller investment than a stationary factory, this being an advantage to the former. The part

of the expenses more or less proportional to the numbers of elements produced is in return lower for the stationary factory. In short will – all other equal – the effect per man hour be highest for the stationary factory. This can also be found from the roughly made curve on Fig. 6, Page 34. Here A_f and A_s are the initial cost for respectively the field factory and the stationary factory, while u_f and u_s respectively shows the total expenses as a function of the total production. The dotted curve s shows the selling price, and it will be noted that the price per element decreases with increase of n . The stationary factory will only be competitive when it has reached a fair size.

The methods of internal transport divides the factories in two types, characteristic by the two types of forms: Stationary or movable.

With stationary forms the production is a chain operation where rows of fixed forms are used. This system demands plenty of room and constant transport of steel and concrete. As the forms are not moved the weight is unimportant, and they are often solidly built, heavy forms, for instance of concrete. The system is used on a provisional factory, where 3 rows of concrete moulds were available, used in a 3 days cyclus. The area concerned was serviced by a travelling crane on rails at a high level.

Also in stationary factories the stationary forms are used more often. This is because the forms are stable, i. e. exact, and that an analysis of the costs shows that the hire of space is made up for by the saving in cost of transport of materials and finished elements compared with cost of transport of mould and element as used with movable forms.

With movable forms the production takes the shape of an assembly band operation. The method is strict in the demand to the forms, and also to the assembly band itself if used in the production. In Denmark conveyor bands have been used only to small and medium sized elements.

A variation of the assembly band production is the point production where the form during placing of reinforcement, inserts etc. and also during concrete casting and vibration is placed at a fixed point, to which cleaned forms, reinforcement and concrete through independent channels are carried forward to a time table. After vibration the mould is driven or lifted to a curing place or possibly to a steam curing chamber where the setting of a few elements takes place at a time. The method saves space, but the demands to the curing yard are great (levelled block carriage rails) to avoid twisting the elements.

Relationship between delivery time, utilization of forms and economy in production of elements.

In Appendix A, Page 57 this problem is treated, and it is proved that the whole complex, with fixing of numbers of forms, circulation time for and numbers of reuses of the forms, can be dealt with mathematically to give either an economic and/or quick delivery. It is a condition that the order for the elements including the delivery is fixed and can be fitted into the production plan for the relevant factory. The following is giving the main features, in summary, in relation to the figures in this section.

Figs. 1 A & 1 B shows the method of production with elements cast in concrete moulds. The moulds are made from a gypsum pattern via one or more matrices.

Fig. 2 shows successive form production. The forms are used at once.

Fig. 3 shows simultaneous form production.

Fig. 4 shows successive form production. The forms are used when certain numbers are completed.

Fig. 5 shows successive form production. The forms are only used when they are all completed. This takes a little extra time, but for only 100 reuses it is unimportant as it makes organization easier.

Normally the method indicated by *Fig. 3* is used for steel forms, and by *Fig. 5* for concrete moulds.

Fig. 6 shows the relation between delivery time L in months and the relative price $\frac{f}{n}$. f denote the number of forms and n the number of elements. L_0 is the delivery time for the first element. The curve is for steel forms.

Figs. 7, 8, 9 & 10 shows the similar relation with use of concrete moulds and production of respectively 50, 100, 300 & 5000 equal elements.

m denote the number of matrices. The curves shows that there is a minimum time of delivery with a certain number of forms and that for a short delivery time it will be an advantage to make more matrices than necessary. Hereby it is possible to produce moulds quicker, and the time available to casting the elements is more ample and will require less moulds.

Fig. 11 shows the envelop curves for *Figs. 7, 8, 9 & 10*.

Fig. 12 shows that concrete or steel forms will give about the same economy.

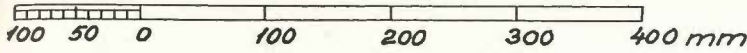
Fig. 13 shows in heavy line a relative price for the element, including materials, wages, expenses to forms – and overhead costs as usual in percentage. In thin line is shown the result of an analysis of the initial costs in starting a production, indicating the preference to orders for large numbers of elements. It must be hoped the manufacturers will start on such a price policy.

On pages 32–54 in this section are mentioned construction of forms, problems concerning tolerance (refer Publ. No. 6, Accuracy in Building Construction) work on forms, reinforcement and concrete, grading of concrete materials, curing, decentering, storage and erection plant.

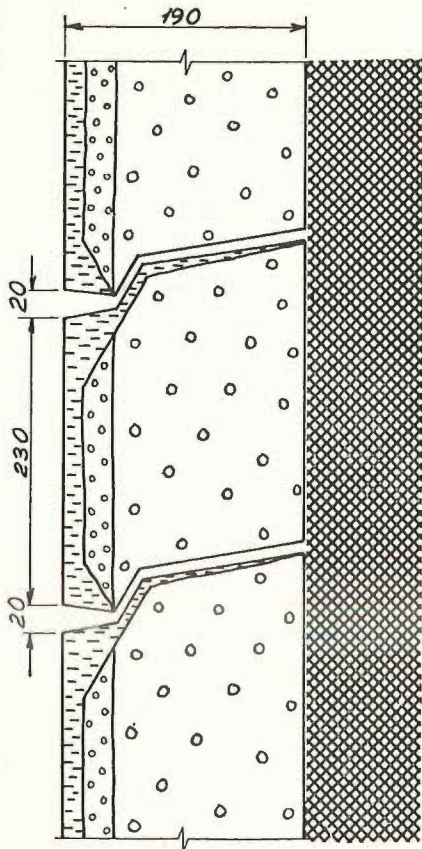
Instead of centre jib cranes used hitherto, the use of heavy mobile cranes have now been tried. The latter allows such a freedom and enables wasted time to be cut down to a minimum to compensate for the expensive lay-out of the site and the increased appreciation on plant. Labour cost, usually rather heavy for erection, is not quite so important with mobile cranes. The erection problems will, by the way, be considered by another committee with regard to erection time and economy etc.

A translation of Appendix B is printed overleaf.

Appendix C is an extract of a report by the Secretary of the Committee on French Building Methods.

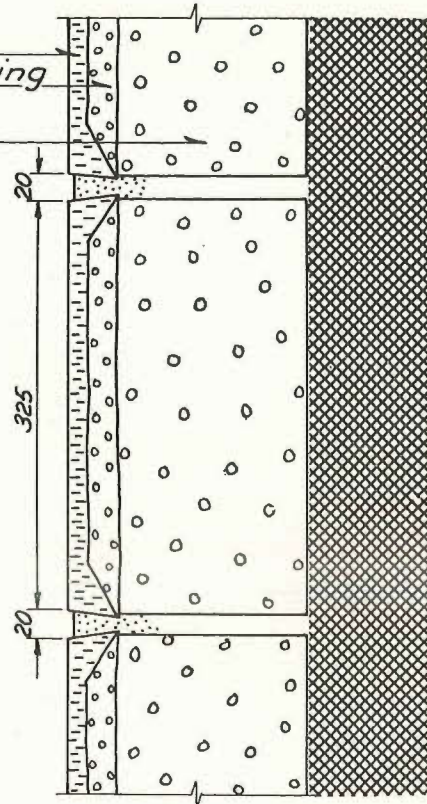


I.



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.

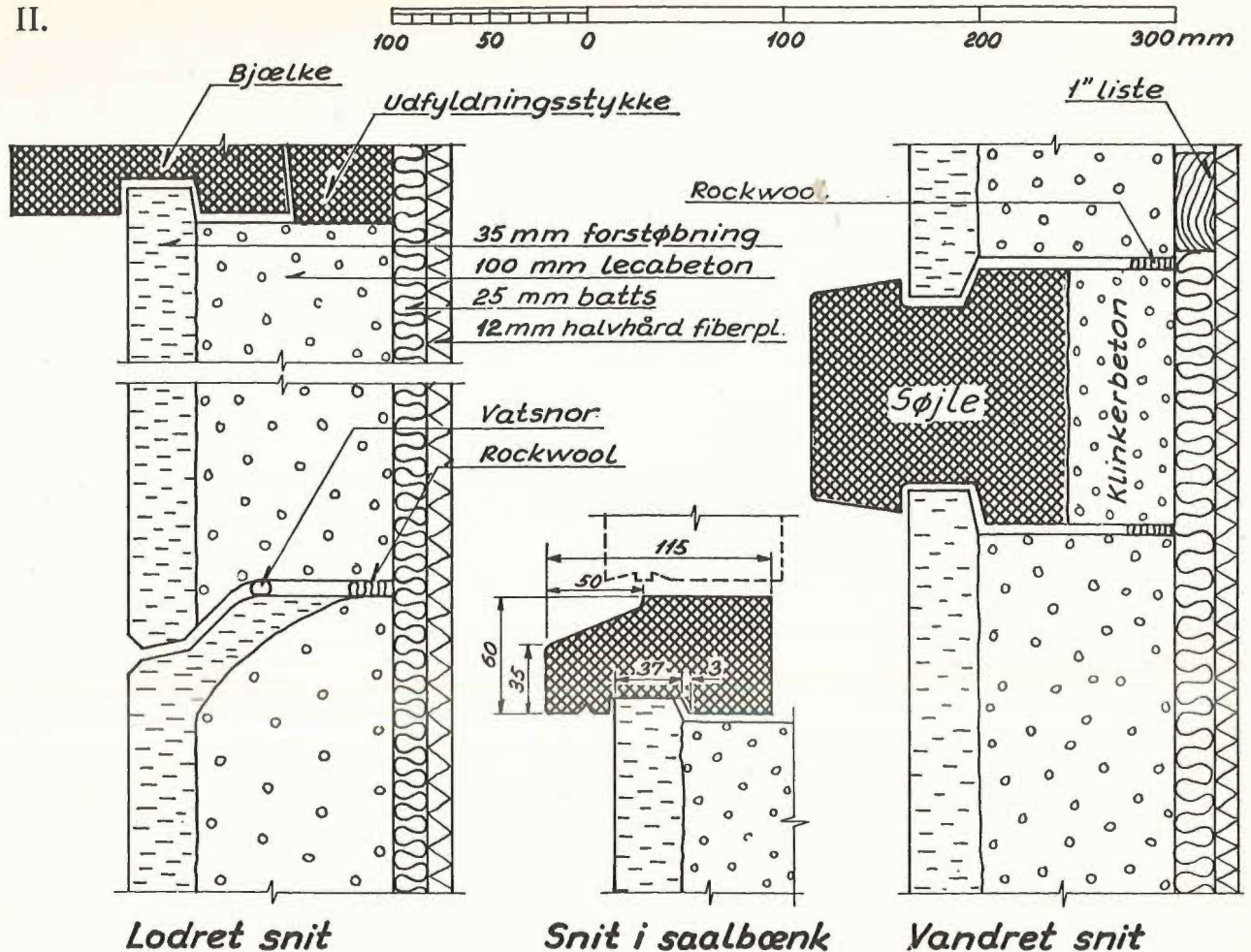
The vertical gaps are filled with lime-cement mortar with cardboard tubing to counteract the capillary forces.

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 ± 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.

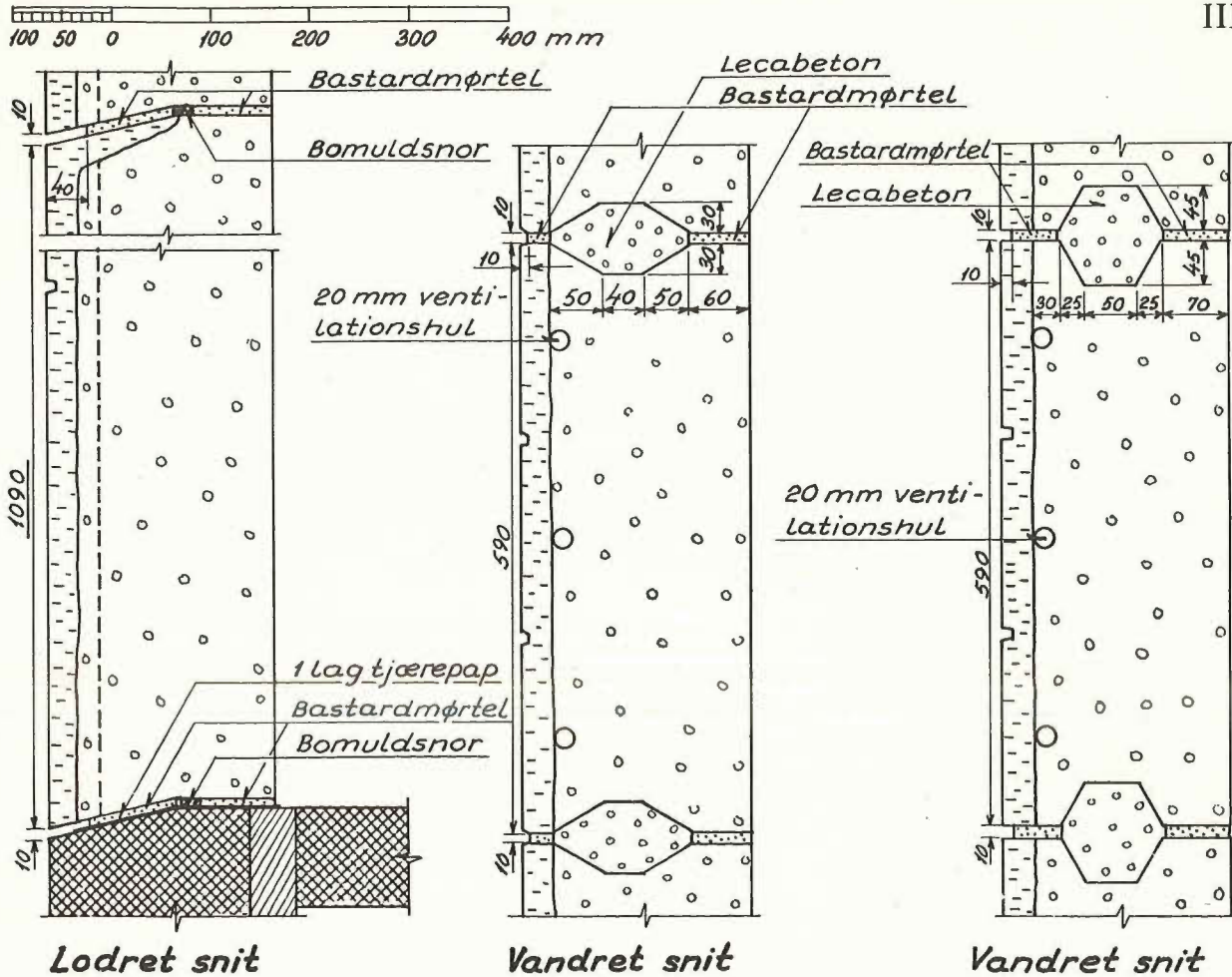
Further insulation on the inner side of the wall is effected by means of Rockwool batts and 12 mm semi-hard fibre boarding ("fiberpl.") on a wooden frame work. This gives the added advantages that the stones, as was the case on sheet I, need not be fitted and finished on the inner surface, and that the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

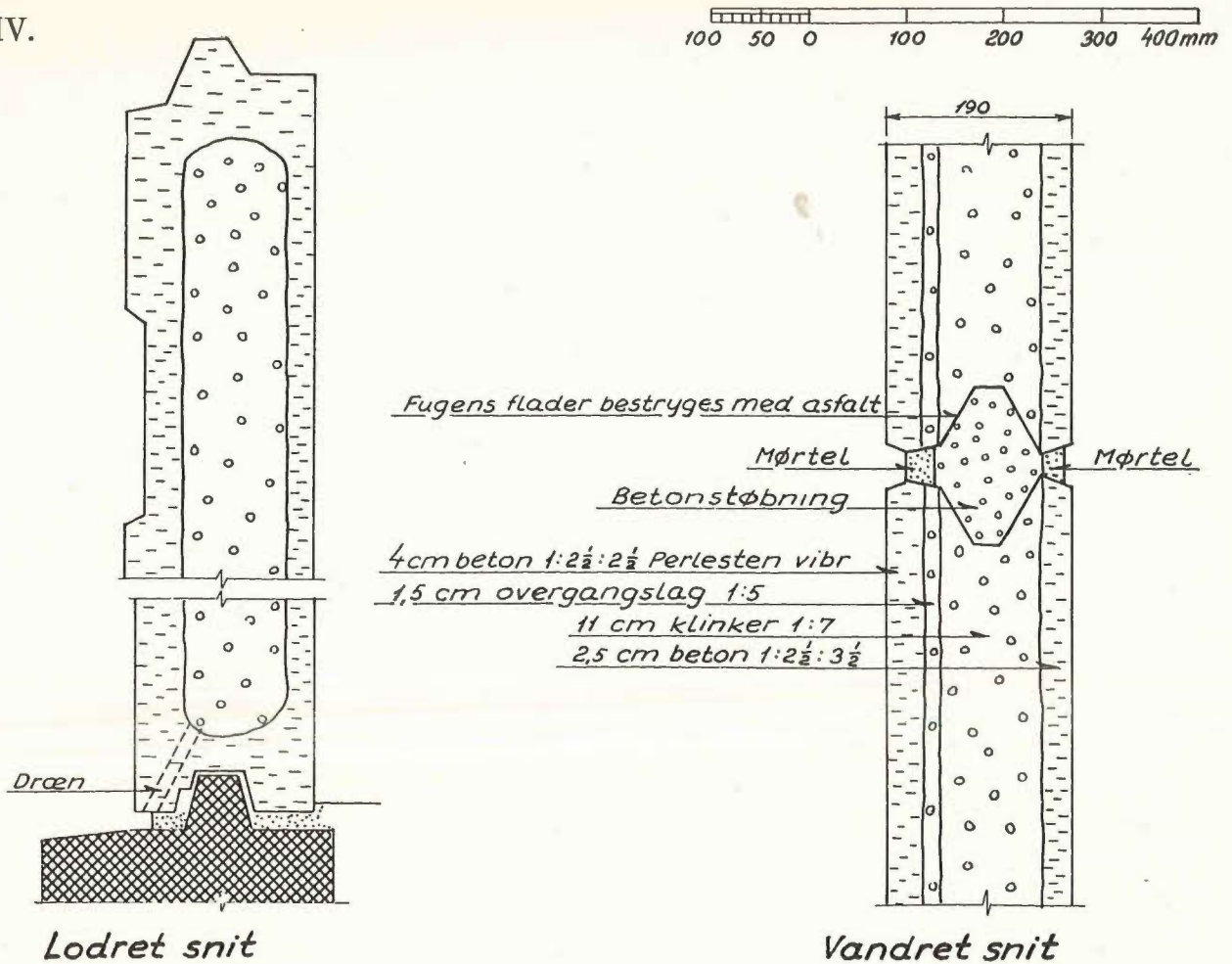
Two courses, with the horizontal beam, see sheet XXII, give the height of the storey. The components are erected on "sausages" of mortar ("Bastardmørtel" = Lime-cement mortar) and wedges, are aligned, and the gaps are then stopped with mortar.

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

IV.



very exactly if visible differences in the face of the wall are to be avoided. As the outer edges are chamfered, and the joint is not a flush joint, small irregularities on the outer surface will not be noticeable, and it is then only necessary to consider the alignment of the inner surface during erection, and this again makes the earlier mentioned finishing method with sand filler possible.

Facing Components for a Factory Building.

h=5.62 m b=2.08 m t=19 cm.

The building consists of a frame work of reinforced concrete columns and pre-stressed beams in which the components are erected, being fixed top and bottom. The components consist of a 4 cm outer layer of profiled concrete, a weaker intermediater layer 1.5 cm thick of concrete 1:5, an 11 cm thick layer of "Leca" clinker concrete weighing 600 Kg/m³ (37 lbs./cu.ft.) and an inner concrete layer 2.5 cm thick.

The component is cast with the outer side downwards, without any pauses and interruptions. The clinker concrete layer is drained ("Dræn") outwards at the bottom as shown. The erection is facilitated by the tongue and groove assembly. (Compare sheet VIII).

The horizontal gap is filled with cement mortar and this transmits the weight to the foundation and takes up part of the forces exerted by the wind. The tongue is situated in the foundation and the top of the component rather than

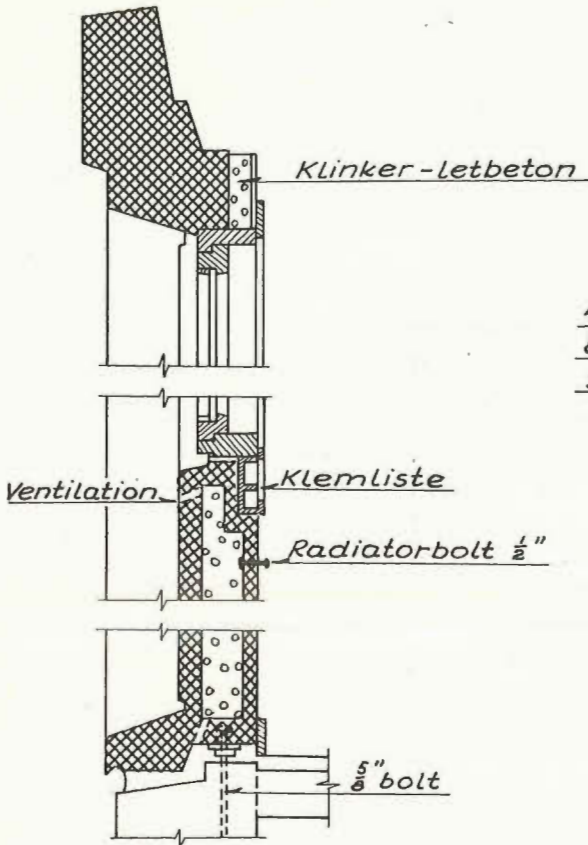
the groove as this ensures a tighter joint. (A groove in the foundation would incidentally tend to become cluttered up before and during the erection). The normal clearance is 20 mm and the tolerance on the component is ± 5 mm. A negligible cold-conductor is formed by the jointing material and the edge of the component.

The vertical gap is filled with clinker concrete and finished with cement mortar recessed from the surface. The design as shown permits horizontal forces perpendicular to the face of the wall to be transmitted between the components, without, at the same time hindering horizontal movement in the plane of the wall. Such movements may give rise to cracks in the jointing material and cause it to crumble away, and to avoid this, the ends of the component are coated with asphalt ("asfalt"). Any cracks that may occur are then localized to the surfaces of the component, and, as asphalt it to a certain extent water repellent, the water tightness of the joint is not impaired. The normal gap is 15 mm wide and the tolerance on the components is ± 5 mm.

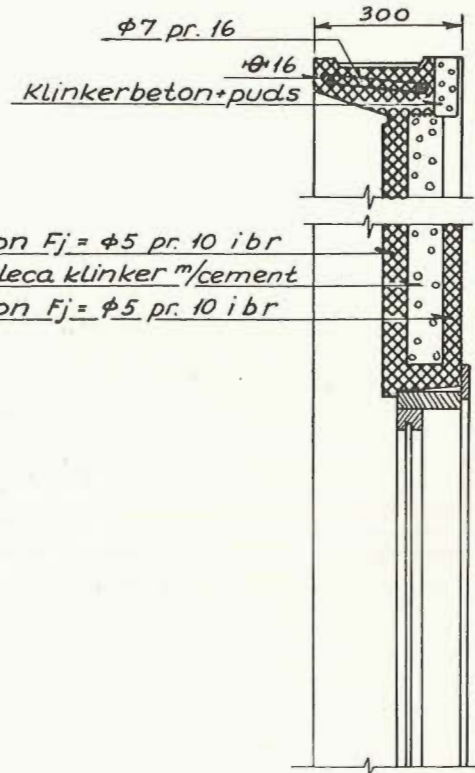
As is usual in constructions of this kind, the jointing material is recessed which effectively conceals small irregularities in manufacture and erection, and also cracks between the jointing and the component. If the jointing were made flush with the surface, the joints would have an irregular appearance, cracks and inaccuracies would become very obvious, and it would in no case be possible to conceal the joint, as there will always be some difference in the character and colour of the material of the component and joint.

100 50 0 100 200 300 400 500 mm

V.



Lodret snit



Vandret snit

Supporting Facing Components for One-Storey Barracks.

$h=2.84$ m $b=2.98$ m $t=15.5$ (30) cm.

The building has load bearing longitudinal walls and bracing transverse walls made up of components. The roof is constructed of ribbed slabs 5.25×1.50 m placed perpendicularly to the length of the building.

The component consists in principle of an outside layer of reinforced concrete 4.5 cm thick, an 8 cm layer of loose "Leca" clinker with a little cement, and a 3 cm inside layer of reinforced concrete. There are ribs along the edges of the component raised 14.5 cm from the outer surface. The thickness of the component is then 15.5 cm and 30 cm along the edge.

The components are cast with the ribs downwards i. e. face down. For simplicity of manufacture, this method is preferable to casting with the ribs upwards as for example on sheet VIII.

The insulating layer is drained downwards to the open horizontal gap and ventilated at the top by small holes through the outer concrete layer.

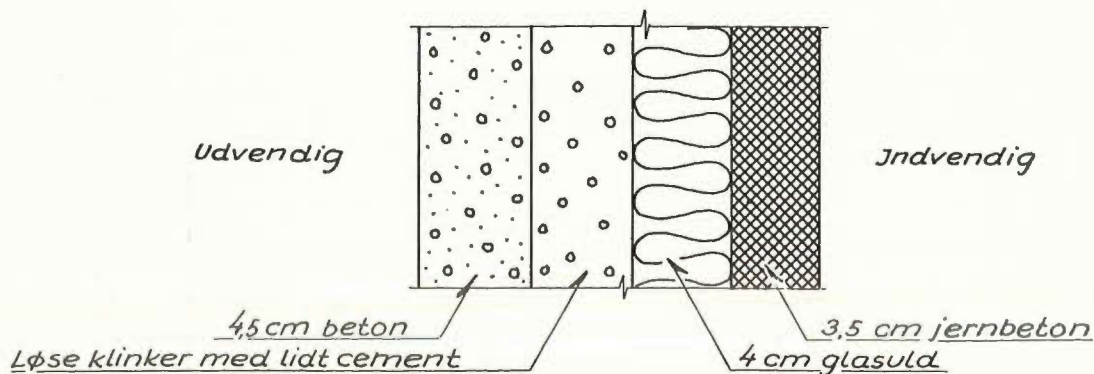
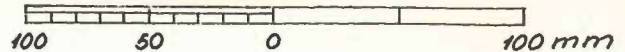
The erection is simple as the component is fixed in both directions by pieces of flat iron with holes set in the bottom which fit over bolts that are cast in the foundation.

This demands very small tolerances in the positioning of both the flat iron and the bolts.

The finishing for the horizontal gaps consists in a vertical adjustment in the location of the component by means of nuts on the bolts and finally stopping with cement mortar. The vertical forces are transmitted through the mortar by means of the ribs along the edge of the element, and the horizontal wind forces are taken up by the foundation and the roof, and are transmitted to the supporting walls. The water tightness of the joint is ensured by the mortar and the drip at the bottom of the component. The normal gap is app. 30 mm and the tolerance is ± 5 mm.

The vertical joint between the components is a double groove of special form. The ends of the component are notched so that shearing forces in the jointing as well as forces perpendicular to the face of the wall can be taken up. The gap when filled with cement acts as a supporting column because of the ribs along the edge, protruding U-shaped inter-locking irons and two vertical pieces of iron reinforcement cast in the foundation. The edges of the components are coated with asphalt in order to localize any cracks that may occur. The width of the joint is 20 mm and the tolerance is ± 5 mm and the jointing is recessed.

It is not perfectly clear how the connection between the column and the jointing in the groove acts, as there are both the coating with asphalt and the protruding U-pieces.



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.

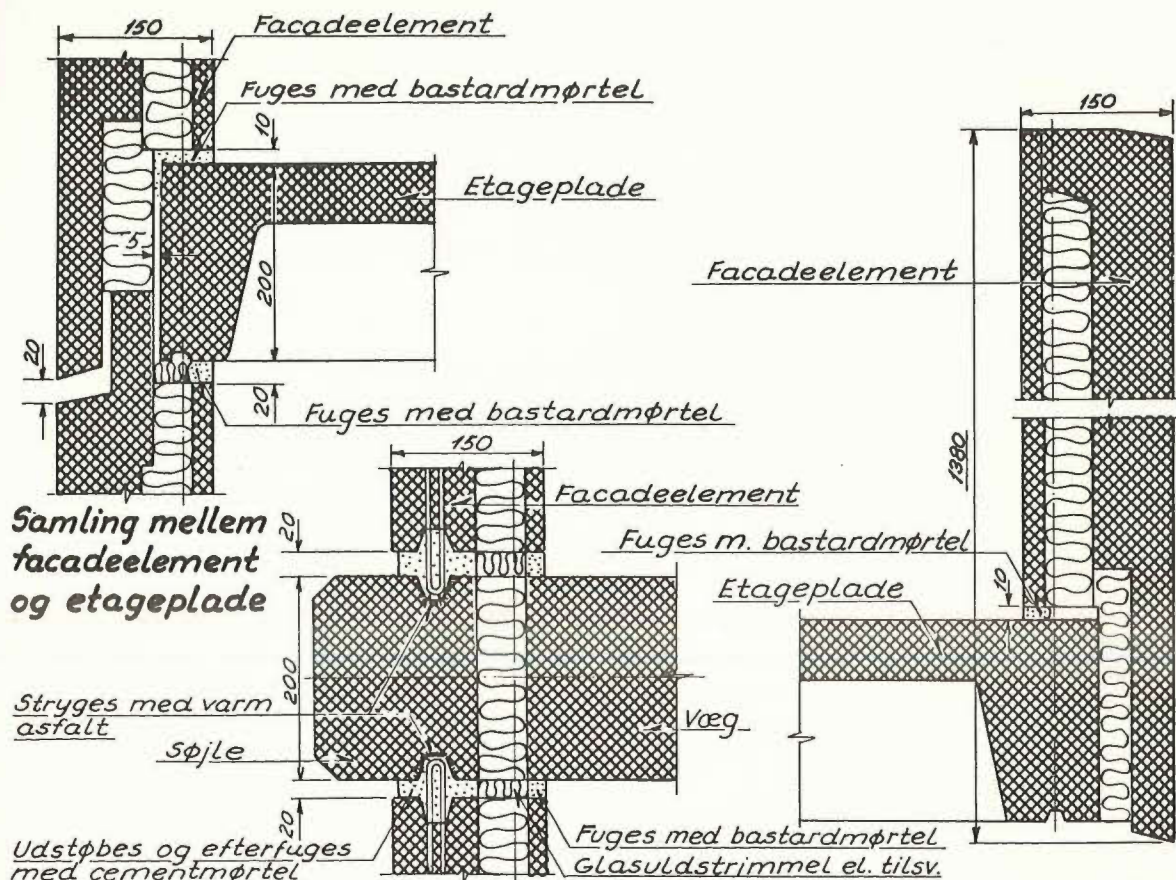
The components are cast with the inner side downwards, and small tie bars are inserted in the concrete. The insulating mats are then laid in place, and the tie bars bent down. The mortar layer is added and smoothed over. In order to prevent the insulating matting being compressed, the bitumenised paper,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

100 50 0 100 200 300 400 mm



Samling mellem facadeelement og etageplade

Samling mellem facadeelement facadebrystning, spjle og støbt væg

Samling mellem facadebrystning og etageplade

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.

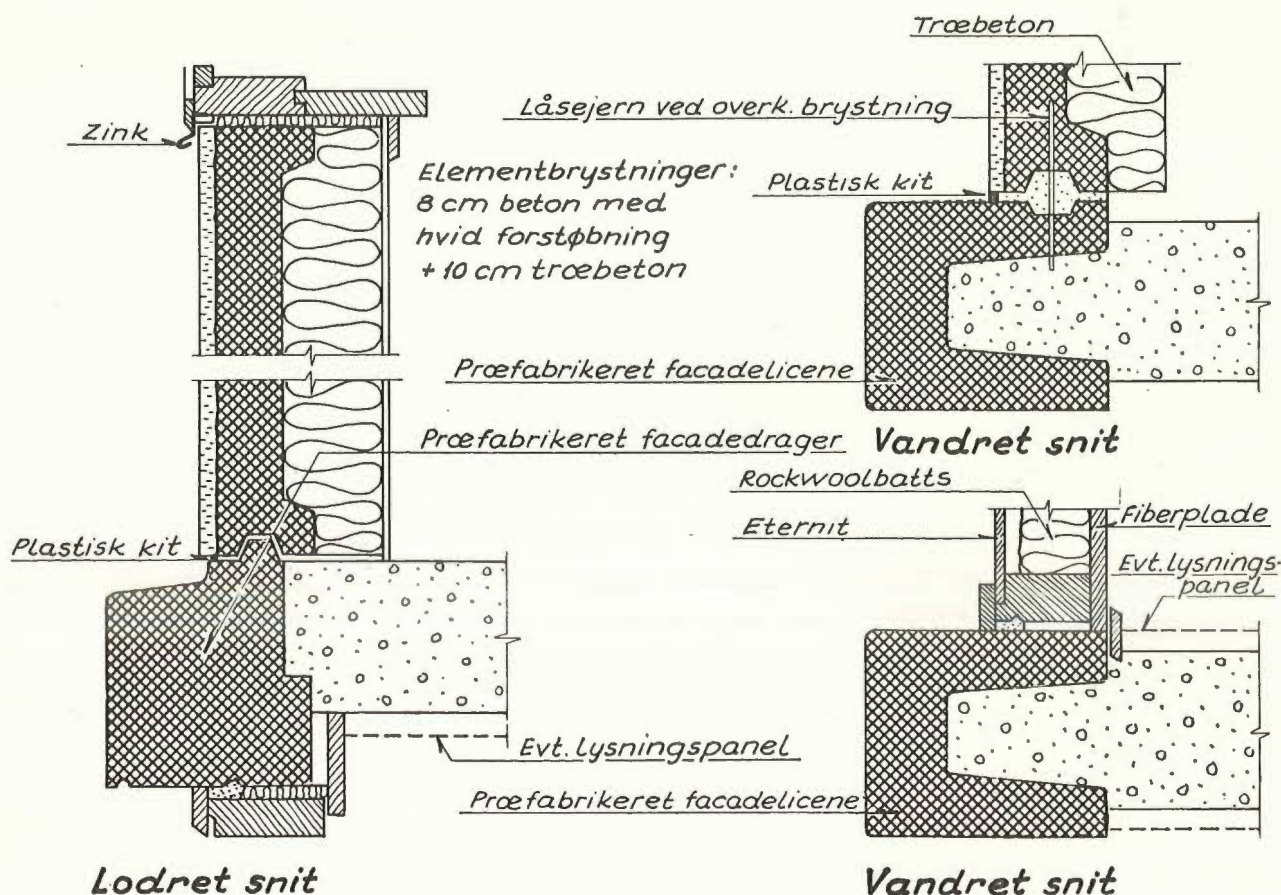
As a protection against driving rain, any cracks that may appear have been localised to the grooves in the columns by coating these with hot asphalt, ("varm asfalt") Water will then have to follow a broken course. The width of the crack along the edge of the groove (sloping 1:5 in relation to the face) 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 ± 5 mm and a location tolerance of presumably the same order, and a tolerance ± 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.

100 50 0 100 200 300 400 mm



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 ± 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.

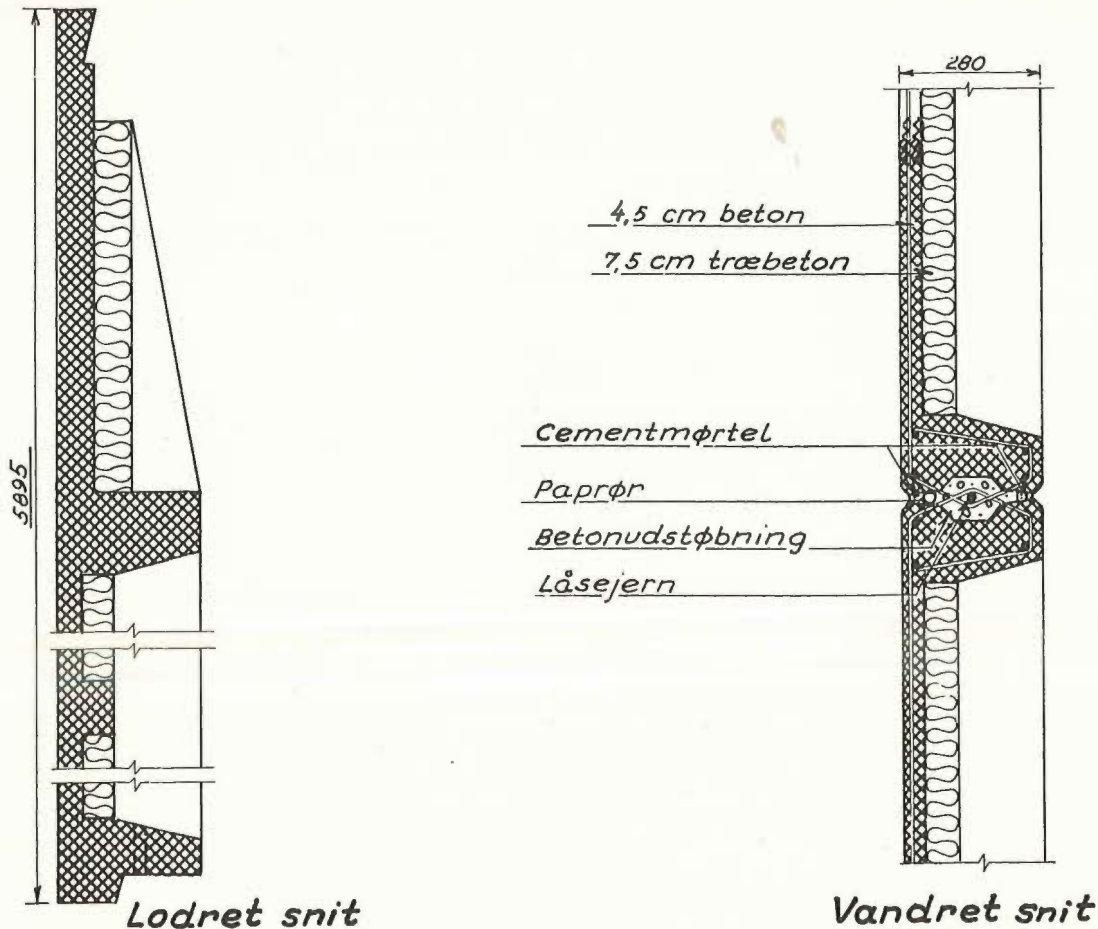
The jointing in both the horizontal and vertical gaps is finished with mastic ("plastisk kit") which ensures that the joints are tight. The width of the horizontal gaps is 20 mm, and of the vertical gaps 10 mm and there is a tolerance of ± 5 mm.

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.

100 50 0 100 200 300 400 500 mm



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 ± 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.

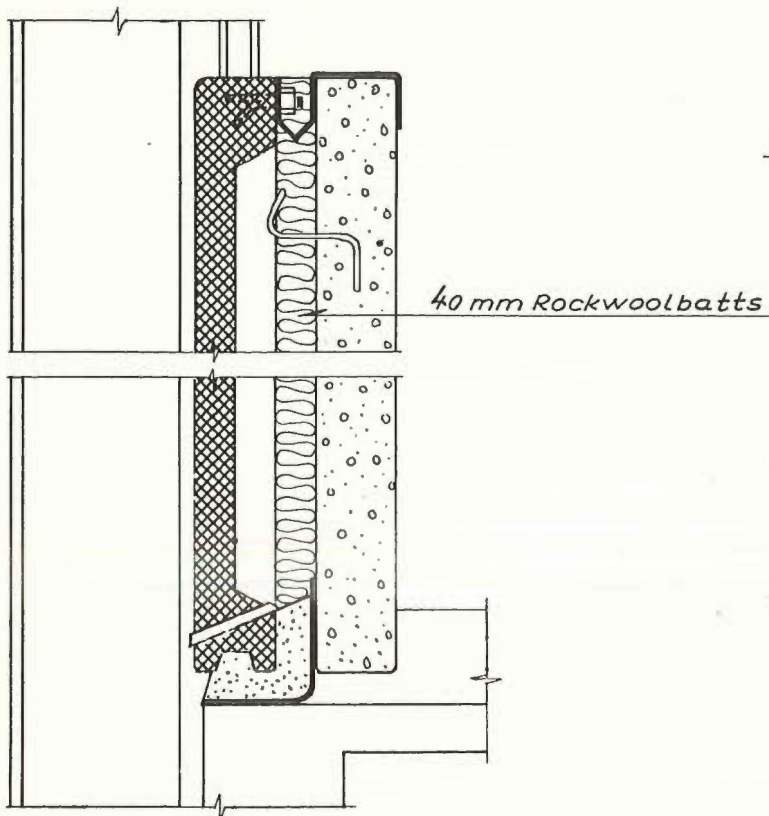
Non-Supporting Facing Breasts for One-Story Barracks.

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.

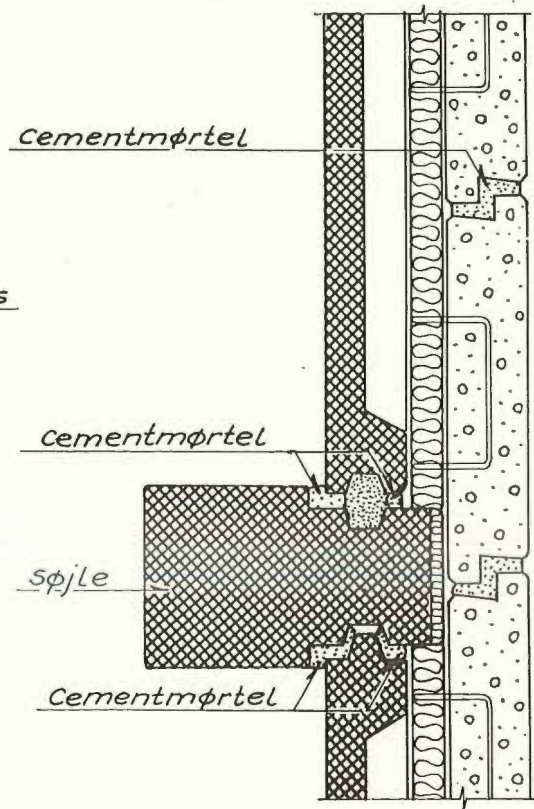
The inner component under the window is breast high, 8 cm thick and 150 cm long. If the windows are small, a breast high component 150 cm long is used under the window, flanked on each side by two components (storey-

100 50 0 100 200 300 400 mm

XI.



Lodret snit



Vandret snit

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.

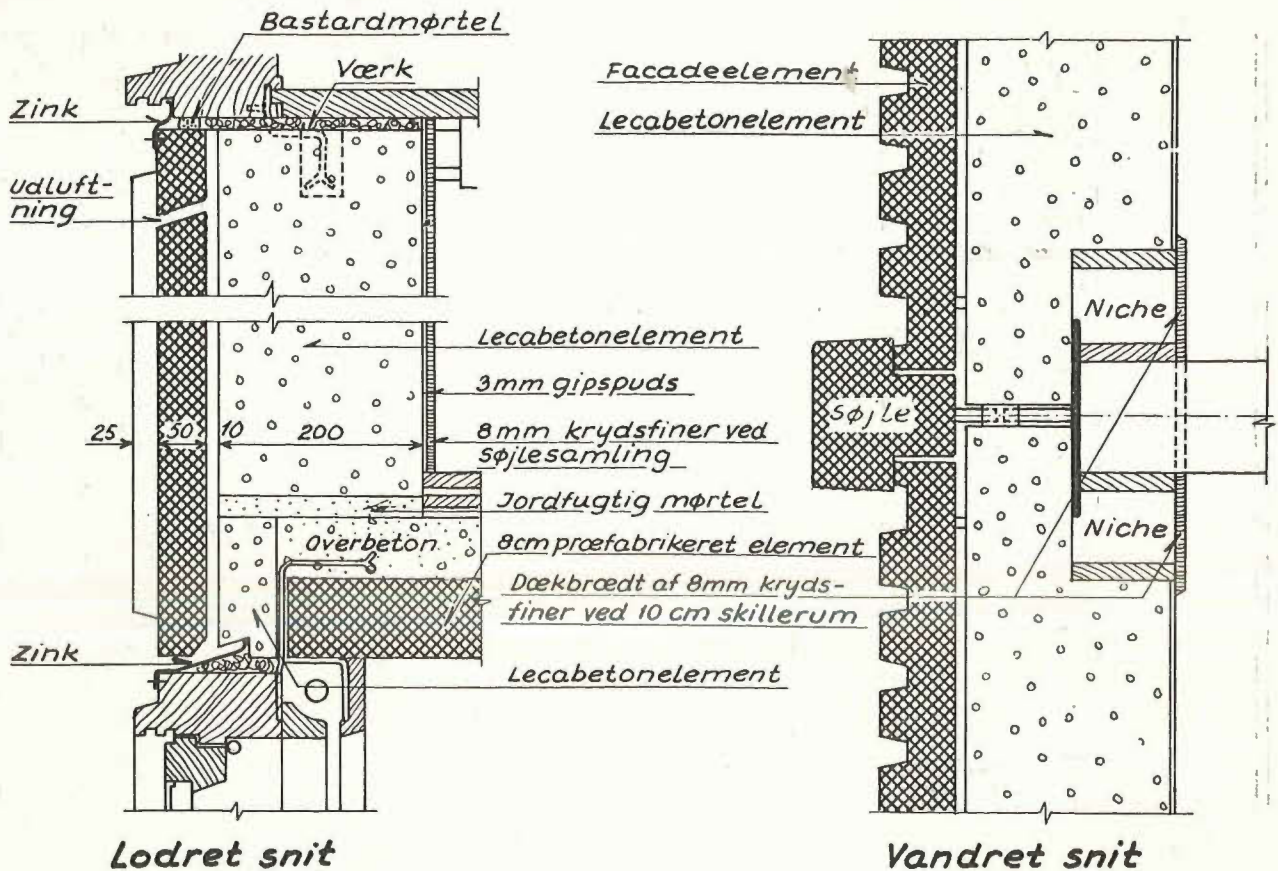
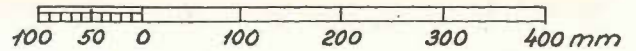
The lower gap is secured against the entry of water by the two layers of roofing felt. The width of the gap is 25 mm and the tolerance on the component is ± 3 mm.

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 ± 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 ("Facadeelement") consists of a 5 (7.5) cm reinforced concrete sheet cast with the outer side down.

The inner component ("Lecabtonelement") 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.

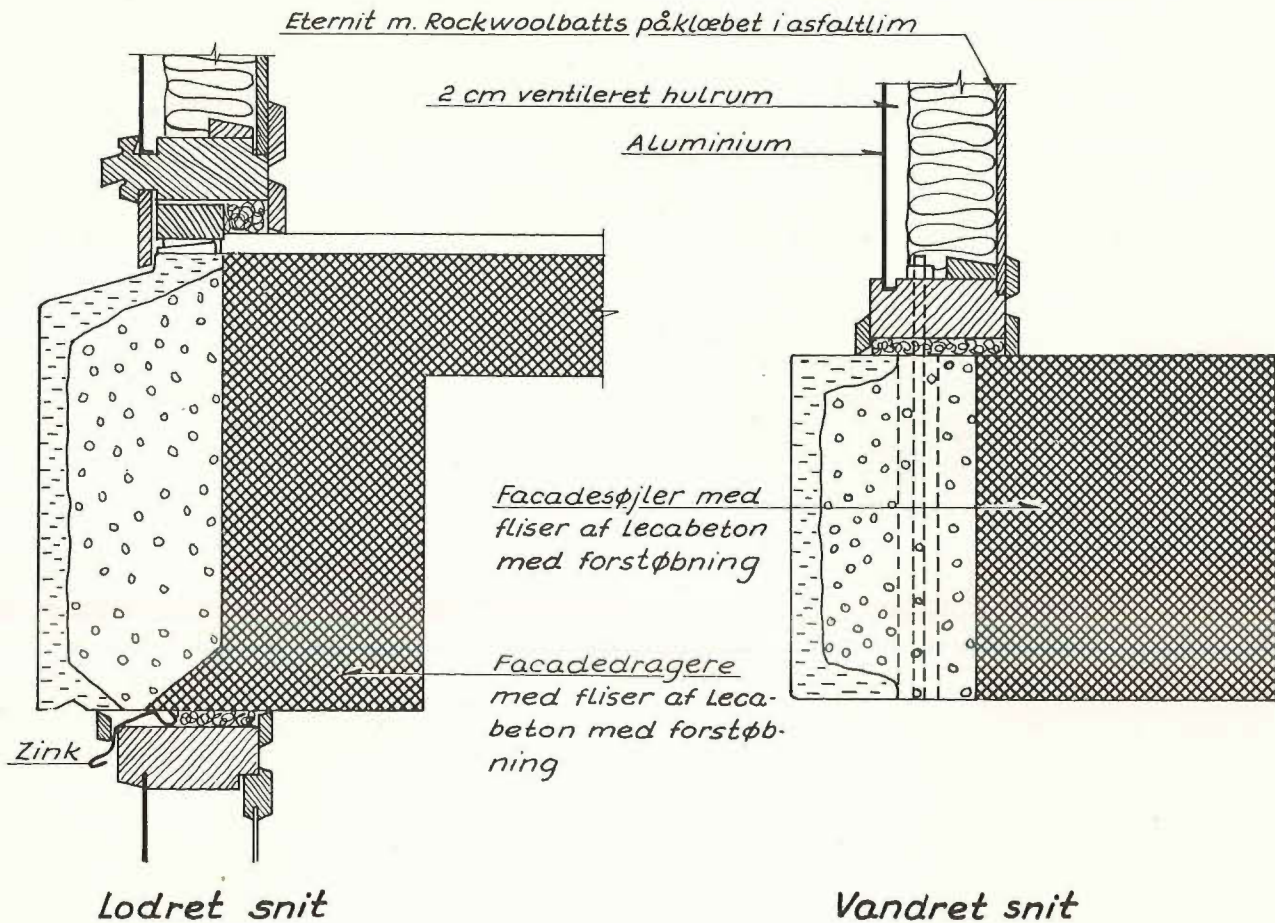
The width of the gap is 10 mm, and the tolerances on the components are ± 2 mm.

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.

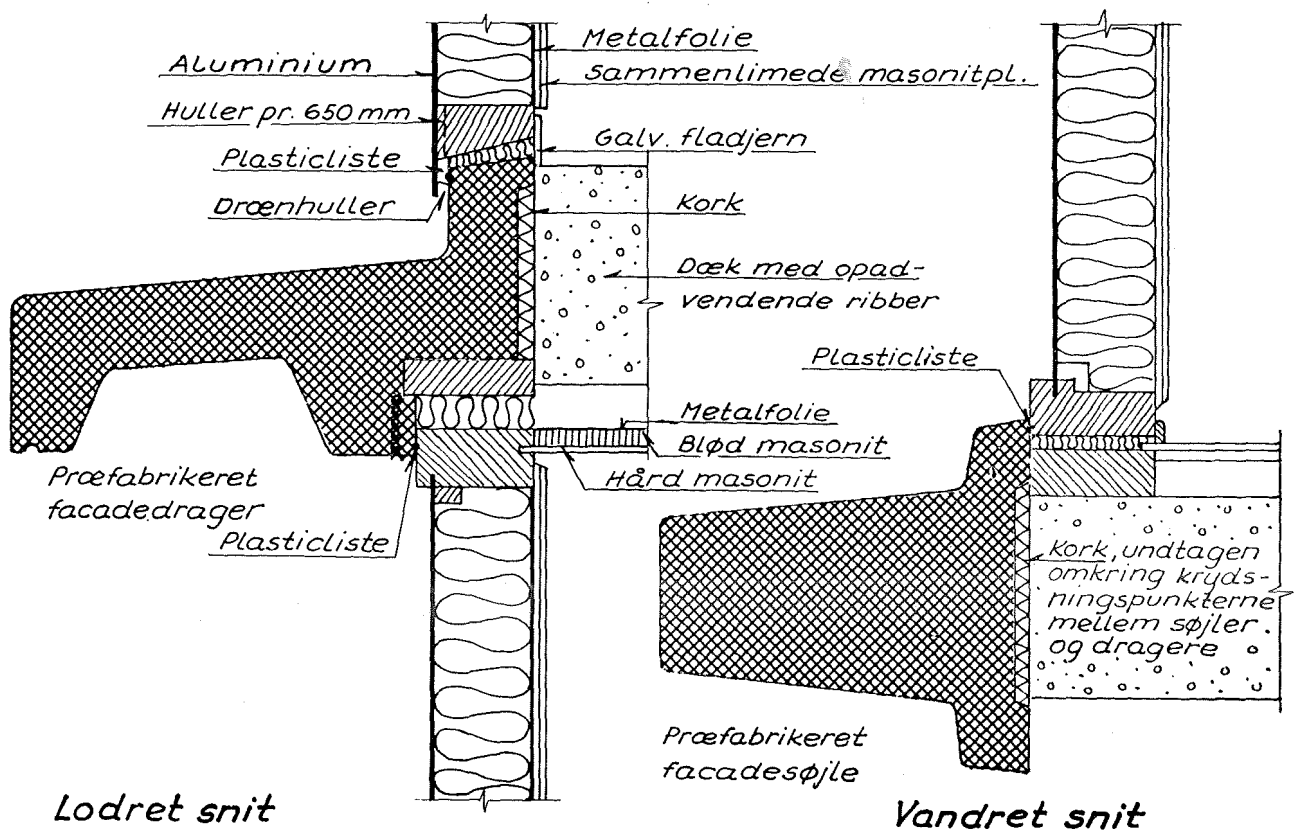
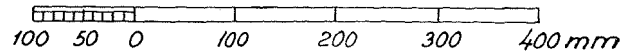
The component is delivered in two parts. The outer part, consisting of the framework with the aluminium covering, is erected first. It is mounted on wedges from the inside,

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.

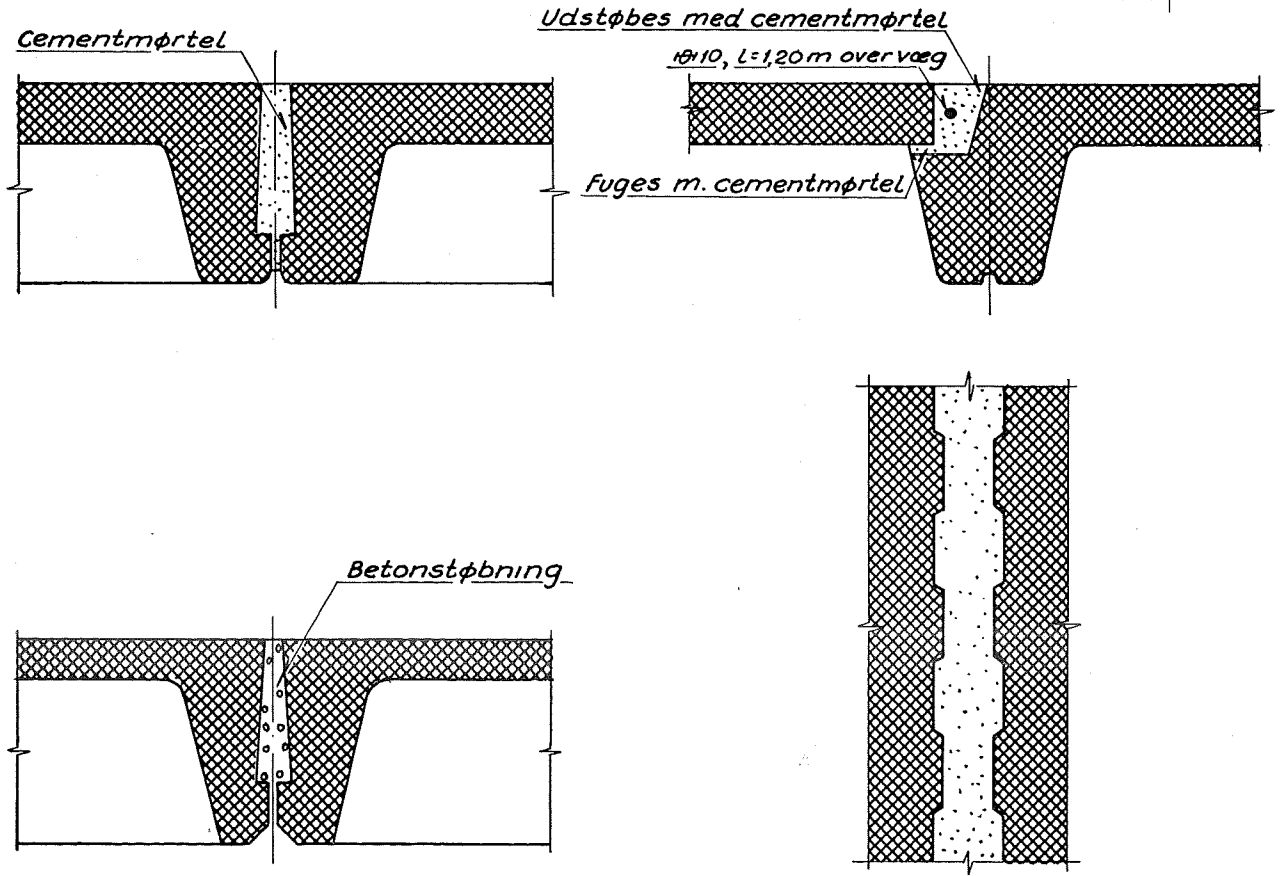
The lower horizontal gap does not in effect transmit any forces, as the component is pressed outwards against the other three edges during erection. The component is prevented from slipping outwards by means of the galvanised iron fixing pieces.

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.

100 50 0 100 200 300 400 mm

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.

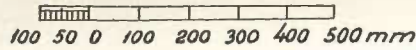
The ribs are here placed closer to each other so that light partitions can be placed more freely. As the joint is unsymmetrical, a special symmetrical 60 cm slab with ribs at both edges must be inserted between the normal slabs (two ribs and one free edge, total width 120 cm).

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.

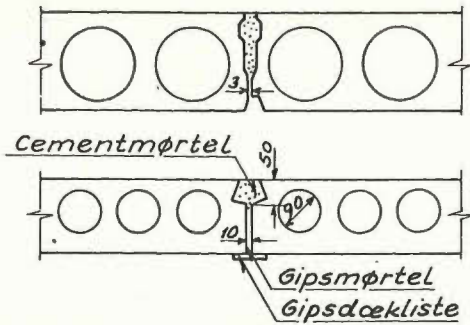
The unsymmetrical joint has several advantages, among others, that it is easier to stop from the side than from below (compare sheet XV) and that dimensional and locational deviations can be taken up without being noticeable.

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.

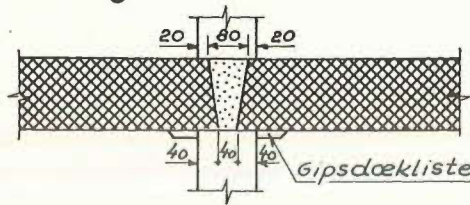
Sheets XIX and XX.

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.

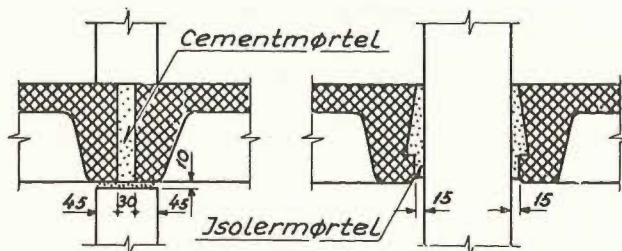
The slabs can be laid direct on the wall without jointing material as shown on sheet XIX, or laid on mortar or on wedges with after-stopping as shown on sheet XX. For the dry joint (sheet XIX) the filling between the components should be vibrated, so that uneven spaces can become filled with mortar. 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.

XIX. **Vederlag**



XX.



Ved længdeskillevæg Ved tværskillevæg

Example of a Joint Between Wall Components.

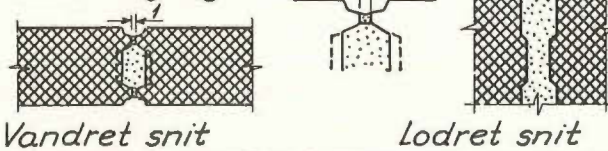
Sheet XXI.

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, ± 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.

XXI. **Vægfuge**

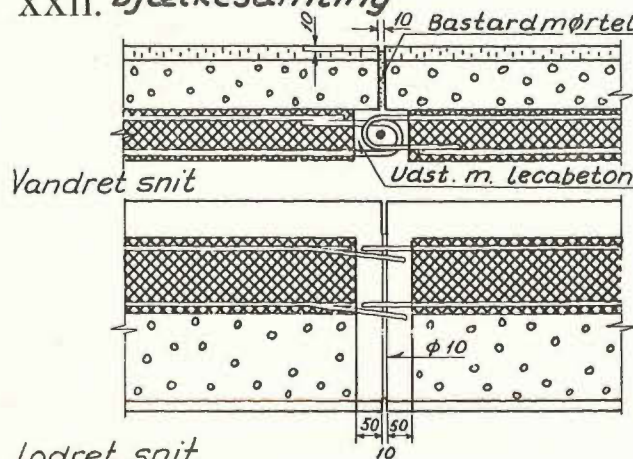


Vandret snit Lodret snit

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

Sheet XXII.

XXII. **Bjælkesamling**



Vandret snit Lodret snit

PLANLAGTE PUBLIKATIONER
I MONTAGEBYGGERI-SERIEN

omhandler følgende emner:

Udvalg 1. *Montagebyggeriet idag. (Publ. nr. 9).*

Udvalg 2. *Kuldebroer. (Publ. nr. 2).*
Fugttransport i ydervægge. (Publ. nr. 7).
Facadeelementers rationelle opbygning og
virkemåde. (Publ. nr. 8).
(Publ. nr. 8 inkluderer publ. nr. 2 og 7).

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).