

14. byggetekniske samtale

DK 69.057.1: 693.5

FEJL OG MANGLER  
VED BETONELEMENTER  
I MONTAGEBYGGERI

B. J. RAMBØLL

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · RAPPORT NR. 21  
I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1957

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

(Byggesekt. og Teknisk Forskningsinst.)

Statens byggeforskningsinstitut, der ledes af en bestyrelse, er oprettet af Folketingsloven af 17. juli 1952, § 1, og har til formål at undersøge og rapportere om byggetekniske forhold og byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold, og at udføre og støtte op om byggetekniske undersøgelser og forsøg, som har betydning for byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold, samt at udføre og støtte op om byggetekniske undersøgelser og forsøg, som har betydning for byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold.

NORGES BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

(Ostn. - Byggesekt. og Teknisk Forskningsinst.)

Norges byggeforskningsinstitut, der ledes af en bestyrelse, er oprettet af Folketingsloven af 17. juli 1952, § 1, og har til formål at undersøge og rapportere om byggetekniske forhold og byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold, og at udføre og støtte op om byggetekniske undersøgelser og forsøg, som har betydning for byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold, samt at udføre og støtte op om byggetekniske undersøgelser og forsøg, som har betydning for byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold.

STATENS NÄMND FÖR BYGGNADSFORSKNING

(Statens Byggesekt. og Teknisk Forskningsinst.)

Statens nämnd för byggnadsforskning, som ledes af en bestyrelse, er oprettet af Folketingsloven af 17. juli 1952, § 1, og har til formål at undersøge og rapportere om byggetekniske forhold og byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold, og at udføre og støtte op om byggetekniske undersøgelser og forsøg, som har betydning for byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold, samt at udføre og støtte op om byggetekniske undersøgelser og forsøg, som har betydning for byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold.

STATENS TEKNISKA FÖRSKNINGSÄMBETET

(Statens Byggesekt. og Teknisk Forskningsinst.)

Statens tekniska förskningsämbete, som ledes af en bestyrelse, er oprettet af Folketingsloven af 17. juli 1952, § 1, og har til formål at undersøge og rapportere om byggetekniske forhold og byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold, og at udføre og støtte op om byggetekniske undersøgelser og forsøg, som har betydning for byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold, samt at udføre og støtte op om byggetekniske undersøgelser og forsøg, som har betydning for byggeskikkens økonomiske og tekniske forhold.

# FEJL OG MANGLER VED BETONELEMENTER I MONTAGEBYGGERI

B. J. RAMBØLL

PROFESSOR, CIVILINGENIØR DR. TECHN.

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · RAPPORT NR. 21  
I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1957

00858P  
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

# INDHOLDSFORTEGNELSE

Eftertryk tilladt, men kun efter nærmere aftale med forfatteren eller Statens Byggeforskningsinstitut, da meningen og resultaternes rækkevidde kan forflygtiges, hvis enkelte figurer eller dele af teksten tages ud af den almindelige sammenhæng.

|                                       | Side |
|---------------------------------------|------|
| KORT OVERSIGT OVER INDHOLDET .....    | 4    |
| INDLEDENDE BEMÆRKNINGER .....         | 5    |
| ELEMENTERNE SELV                      |      |
| a. Fabrikation .....                  | 5    |
| b. Transport .....                    | 9    |
| c. Udseende .....                     | 10   |
| d. Statisk modstandsdygtighed .....   | 12   |
| e. Klimatisk modstandsdygtighed ..... | 14   |
| ELEMENTERNE SOM EN DEL AF HELHEDEN    |      |
| f. Samlinger .....                    | 14   |
| g. Bygværkets stabilitet .....        | 16   |
| AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER .....        | 17   |
| ILLUSTRATIONSBILAG .....              | 19   |
| DELTAGERFORTEGNELSE .....             | 23   |

## KORT OVERSIGT OVER INDHOLDET

Rapporten er et referat af en teknisk samtale mellem arkitekter, ingeniører og håndværksmestre samt repræsentanter for elementfabrikkerne.

Professor Rambøll, der var samtaleens indleder, sondrede mellem problemer i forbindelse med selve betonelementerne og problemer ved elementerne som en del af helheden. De faktorer, der er væsentlige for selve elementerne, er fabrikation, transport, elementernes udformning samt statisk og klimatisk modstandsdygtighed. For det færdige bygværk er der særlige problemer i forbindelse med samlingerne mellem elementerne og i forbindelse med tilvejebringelse af den fornødne stabilitet for bygværker som helhed.

Udviklingen af industrielle metoder ved fremstillingen på fabrik har medført, at alle rimelige krav til elementernes nøjagtighed nu kan tilfredsstilles. Som en følge af, at de fabriksfremstillede produkter bliver mere ensartede, vil spredningen på styrketallene blive mindre, og det kan forudses, at man kommer dertil, at det vil være rimeligt at arbejde med reducerede sikkerhedsfaktorer ved selve elementernes dimensionering.

Elementbyggeriet repræsenterer på mange måder en ny teknik, som må læres af alle de parter,

der er impliceret i denne form for byggeri. Det gælder fabrikanten, der må udnytte sine produktionsmidler således, at han med sikkerhed kan opfylde de krav, der stilles vedrørende tolerancer, og produktets holdbarhed overfor statiske og klimatiske påvirkninger. Det gælder entreprenøren og bygningsarbejderen, der må lære at transportere og håndtere elementerne rationelt og uden for store omkostninger. Og det gælder konstruktørerne, ingeniører og arkitekter, der må vide, hvad der kan opnås ved anvendelse af betonelementer, og som må lære at udforme deres projekter således, at de øvrige implicerede får mulighed for at yde deres bedste.

SBI håber ved offentliggørelsen af referatet af denne tekniske samtale at bidrage til at sprede viden om disse forhold og benytter lejligheden til at takke professor Rambøll for den vel tilrettelagte indledning og den omhyggelige bearbejdning af diskussionen samt alle deltagerne i diskussionen for beredvillig oplysning om egne erfaringer.

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Maj 1957.

Niels Munk Plum

## INDLEDENDE BEMÆRKNINGER

### Rambøll:

Mine indlæg må betragtes som udspil, der ikke på nogen måde pretenderer at være udtømmende, men som skulle give deltagerne i samtalen lejlighed til at rykke ud med deres erfaringer.

For at indkredse de enkelte problemer har jeg forsøgt at systematisere emnet, idet jeg har indledt det i grupperne a-g. Jeg vil indlede diskussionen af hver af grupperne med et kort indlæg, efterhånden som vi når frem til dem efter at have afsluttet diskussionen af de foregående emner.

De problemer, der opstår i montagebyggeri, kan bekvemt henføres til

1: Elementerne selv.

2: Elementerne som en del af helheden.

### 1. ELEMENTERNE SELV.

Følgende faktorer er væsentlige for et element:

a. Fabrikation

b. Transport

c. Udseende

d. Statisk modstandsdygtighed

e. Klimatisk modstandsdygtighed.

### 2. ELEMENTERNE SOM EN DEL AF HELEHEDEN.

Her er de to væsentligste faktorer:

f. Samlinger

g. Bygværkets stabilitet.

## ELEMENTERNE SELV

### a. Fabrikation

#### Rambøll:

Alle de ovenfor nævnte faktorer er naturligvis afhængige af fabrikationen. Men det er praktisk at behandle disse faktorer for sig. I det første indlæg er det hovedsagelig nøjagtigheden i elementfremstillingen, der skal behandles.

Det er dyrt at udføre elementer med stor nøjagtighed. Selvom man naturligvis lettere kan opnå nøjagtighed i elementer støbt på en fabrik end i konstruktioner støbt på stedet, bør man ikke opstille unødvendig strenge tolerancekrav, men strække sig så langt, som den anvendte fugeteknik tillader det.

Unøjagtigheder kan fremkomme, 1) fordi formen udføres unøjagtigt, 2) fordi formen deformeres under støbningerne eller på anden måde ændrer sig i tidens løb, 3) fordi elementerne ændrer sig efter udtagning af formen.

1) Træforme og gipsforme (til støbning af betonforme) kan i reglen med godt håndværksarbejde udføres med tilstrækkelig nøjagtighed. Stålfarme er derimod ikke sjældent fra smedens side behæftede med for store fejl. Almindelig bukning kan ofte ikke udføres nøjagtigt nok, svejsning må i stor udstrækning anvendes. Dansk Ingeniørforenings udvalg til rationalisering af byggeriet har efter en række målinger på udførte stålfarme anført, at tolerancer på  $\pm 10$  mm ikke må betragtes som usædvanlige, men at man med stigende omhyggelighed og dyrere konstruktioner kan bringe tolerancerne ned indtil måske  $\pm 2$  mm. Under 3 mm stålblade bør ikke anvendes i formen, og afstivningerne må være kraftige - det er ikke usædvanligt, at de er altfor spinkle.

Forarbejdningsfejl i forme er lette at konstatere og det på et tidspunkt, hvor produktionen af elementer endnu ikke er startet. En effektiv kontrol, der om nødvendigt forlanger formen forbedret, er alt, hvad man behøver for at imødegå fejl, som formen er "født" med.

2) Vanskeligere er det at hindre unøjagtigheder, som opstår efterhånden, som formen ældes, idet unøjagtighederne allerede afspejler sig i en række færdigproducerede elementer.

Træforme ændres lettest i tidens løb, idet træet arbejder under fugtighedens indflydelse, og hyppige kontrolmålinger bør derfor foretages. Tolerancer under  $\pm 10$  mm er vanskelige at overholde, medmindre man benytter dyrere konstruktioner med stabile træarter.

Ændringer i træ- og stålfarme på grund af eftergivelige afstivninger er ikke sjældne - men det er et spørgsmål om en rigtig dimensio-

nering af formen. Dette kan iøvrigt være vanskeligt, især når der er tale om vibrering. Erfaring er her lige så vigtig som en statisk vurdering.

Betonforme ændrer sig praktisk taget ikke. For en række elementer støbt i samme betonform eller blot i betonforme, der er støbt i samme matrice, har Dansk Ingeniørforenings udvalg til rationalisering af byggeriet ved kontrolmålinger ikke fundet afvigelser større end 1 mm.

Betonforme vinder mere og mere terræn, endskønt de er tunge at vibrere. Hvis der er tale om en virkelig masseproduktion, kan man med en enkelt matrice støbe et stort antal forme, der hver kan producere en lang række elementer - af størrelsesorden 100. En træform - som må udføres på ny hver gang, den er udtjent - kan almindeligvis ikke bruges stort mere end 50 gange og væsentlige dele - finerplader, hvormod glatte elementer støbes - må endda ikke sjældent udskiftes oftere.

Ukomplerede stålforme f.eks. til bjælker kan måske bruges 300 gange, hvis de plejes undervejs, og hvis de iøvrigt er udført af en solid plade med kraftige afstivninger.

Afvigelser fra de nævnte tal forekommer naturligvis tit, formens karakter og dens udførelse influerer i høj grad på anvendelsesgraden.

- 3) Hurtig udtørring kan resultere i ubehagelige svindrevner. De materialer, der benyttes til betonelementer, og den konsistens, der støbes med, er i høj grad afgørende for elementets uforanderlighed.

Men man må gå ud fra, at der i en kontrolleret massefabrikation ofres den største omhu på betonproportionering og på hærkning. Det er nu ikke altid tilfældet - men det burde være det.

Under lagring kan de nystøbte elementer få deformationer, hvis de er understøttet forkert. Plader burde lagres i stående stilling. Vindskævhed kan ofte føres tilbage til en lagring af liggende plader opstablede på hinanden med mellemlag af mere eller mindre tilfældigt anbragte klodser eller lægter.

Beton støbt på en fabrik har anderledes store chancer for at blive ensartet og i kvalitet at nå den tilsligtede end beton støbt på stedet. Det er uforståeligt, at elementfabrikanter ikke samles om kvalitetskrav og foranstalter en effektiv kontrol og på denne baggrund søger at få nedsat sikkerhedsgraden for kvalitetsmærkede elementer. For andre betonvarer har man længe haft en sådan garanti (trekantmærket).

#### Civilingeniør Lars Gravesen:

Elementbyggeri kræver en helt ny teknik, og hvis byggeriet skal lykkes, må der først og fremmest under projekteringen tages hensyn til den ny byggemetode og ikke mindst til fabrikationen. Under projekteringen formgives elementerne, og det er formen, der er bestemmende for, hvordan de kan fabrikeres. Jeg har et par billeder til illustration af dette forhold:

Fig. 1 ① viser på helt primitiv måde nogle pladeformede elementer, tegnet som de ligger i støbeformen på fabriken. Den øverste plade 1 viser den fra støbesynspunkt mest ideelle facon. Den har plan overside d.v.s., den er let at færdiggøre, den kan direkte afrettes med hånden i støbeformen. Siderne har så meget smig, at elementet kan slippe formen, uden at den behøver at skilles ad. Elementet på fig. 1 ② er lidt mere kompliceret i udformningen, men dog næsten lige så simpelt at fabrikere. Det eneste man forudsætter er, at sideformene kan skilles fra bundformen, hvilket er nødvendigt, når pladens kanter er profilerede således, at der ikke er slip i formen. Iøvrigt har vi stadig den plane overside, som er en stor lettelse ved fabrikation af element og form.

På fig. 1 ③ anskueliggøres primitivt alle de komplikationer, som kan indtræffe, når oversiden ikke er plan. Der kræves overform og ekstra opklodsninger, det er vanskeligt at få betonen fyldt i. Formen bliver kompliceret at samle og adskille. Der bliver mange løse dele, mange boltensamlinger o.s.v., flere kilder til nøjagtighed.

Fig. 1 ④ viser et eksempel på en praktisk udformning af et vindueselement, der giver et minimum af løse dele i formen.

På fig. 2 er vist nogle forme for bjælkeprofiler. ① er den simpleste, med smig så elemen-

tet kan slippe formen uden adskillelse af denne. De øvrige skitser viser eksempler på forskellige profileringer, der kan opnås med mere eller mindre adskillelse af formen.

De næste billeder viser nogle fotografier af udførte elementer. På fig. 3 facadeelementer med afstivende kantribber. Tykkelsen af pladen behøver kun at være 4-5 cm. Ribberne vender udad i bygningen, de har vendt nedad i formen. Denne side bliver uden ekstra arbejde pæn og glat og kan direkte bruges i facaden. Den opadvendte side i formen vender i dette tilfælde indad, og man kan derfor reducere hånd-afglatningsarbejdet til et minimum. Desværre er det sådan, at danske arkitekter næsten altid vil have den plane side udad og eventuelle afstivningsribber indad. Arkitekter bør være opmærksom på, at det er lettest og billigst at få glatte overflader på den side, der vender nedad i formen.

Fig. 4 viser en dekorativ profilering, som let kan udføres på den side af pladen, der vender nedad i formen. Når formen kan afskrives på et stort antal elementer, vil profileringen ikke øge elementets pris nævneværdigt. Der er ikke noget ekstra arbejde ved støbningen, blot oversiden er plan.

Det på fig. 5 viste element, der har en profileret overflade, er på bagsiden forsynet med ribber.

Den profilerede side, der skal stå glat og pæn, må naturligvis støbes nedad i formen, og kantribberne må derfor udføres på den opadvendte side. Det kan naturligvis gøres, men det bliver betydeligt besværligere og dyrere end støbning af elementer med en plan opadvendt side. Ribber og profilering, dekorativt kombineret i et mønster på pladens udadvendte side, ville fra en elementfabrikants synspunkt være den rigtige løsning.

Under projekteringen formgiver man elementet, og man kan straks pege på en væsentlig forskel fra de tilsvarende jernbetonelementer støbt på stedet, nemlig den, at formen i fabrikken oftest bruges så mange gange, at det ikke spiller større rolle, hvad selve formen koster at fremstille; det som bestemmer økonomien, er formens anvendelsesøkonomi - om den er simpel at samle og adskille. Det kan med andre ord betale sig at lave bjælker med I-profiler, se fig. 6, eller U-profiler eller lignende. Det gælder om at spare på

materialet og dermed på vægten i den færdige konstruktion.

På fig. 6 ses også et betonsparfag som eksempel på materialbesparelse på bekostning af en lidt mere kompliceret form, der dog i og for sig ikke besværliggør støbningen.

Ved producering af mange elementer kan den forøgede eengangsudgift for selve formen afskrives så fordelagtigt, at slutresultatet bliver økonomisk fordelagtigt.

#### Rambøll:

Hvordan med økonomien for forme af forskellige materialer, træ, stål, beton. Det er øjensynligt, at betonforme vinder terrain. Måske kan Arno Jensen sige lidt om dette spørgsmål.

#### Civilingeniør Arno Jensen:

Når vi i de senere år i stigende grad har foretrukket betonforme, er det hensynet til nøjagtigheden og overfladens udseende, der har gjort sig gældende. Ved større elementer d.v.s. på 10 m<sup>2</sup> eller mere har vi haft dårlige erfaringer med finerbeklædte eller i det hele taget med beklædte forme. Beklædningen kan måske holde 30 gange, og så udskifter man, men de sidst støbte elementer bliver nu engang ikke så pæne især ikke ved samlingerne i beklædningen. I betonforme er man sikker på en ensartet overflade. Og når blot man har tilstrækkelig mange elementer at støbe, er betonforme økonomiske. Hvis man i fabrikationen skal bruge 10 ens forme, kan de relativt billigt laves over den samme model. Og så bliver alle formene nøjagtigt ens og rigtige, blot modellen er udført med tilstrækkelig omhyggelighed. Når man i træ udfører en række ens forme, vil der uvægerligt være afvigelser. Sådanne fejl, der er startet allerede ved fabrikation af formen, ensidige fejl som går igennem rækker af elementer, er de fejl, som i en fabrikation volder størst kvaler.

Vedrørende nøjagtigheden vil jeg sige, at et tolerancekrav på  $\pm 5$  mm er et rimeligt krav, et billigt krav, som ikke mærkbart - i hvert fald når der er tale om betonforme - vil influere på økonomien. Men samtidig vil jeg dog lægge ingeniører og arkitekter på sinde, at de ikke anfører unødvendige tolerancekrav på tegninger og i beskrivelser. Stil kravene når de virkelig er nødvendige, så vi ved, hvad vi har at rette os efter og er indstillet på at overholde dem fuldt ud.

#### Civilingeniør Henning Wilcken:

Tolerancekrav på  $\pm 5$  mm er rummeligt. Det er måske rimeligt for skivernes store mål, men det kan f.eks. ikke gælde for tykkelsen.

#### Civilingeniør Arno Jensen:

Et tolerancekrav på  $\pm 5$  mm er naturligvis ikke generelt, men med den fugebredde på 2 cm, der i dag er normal for elementbyggeri, er den f.eks. rimelig for elementets sidelinie. Og det gælder både for små elementer på 0,5 . 0,5 m og for elementer på 3 . 3 m.

Løvrigt vil jeg advare mod at sætte det endelige tolerancekrav på en arbejdstegning. En tømrer, der skal lave en form, vil få en falsk trykkesfølelse ved at se et krav på  $\pm 5$  mm. Skal denne tolerance holdes på det færdige element, må tømreren snarere regne med  $1\frac{1}{2}$  mm, ellers vil en altfor stor del af elementerne ikke kunne opfylde tolerancekravet.

#### Rambøll:

Der er en anden form for unøjagtighed, end den vi hidtil har drøftet, som kan være ubehagelig: vindskævhed. Er der nogen her, der har særlige erfaringer med vindskæve plader?

#### Civilingeniør Lars Gravesen:

De vindskævheder, som kun har en ren æstetisk skadelig virkning, kan imødegås ved profilering af forsiden.

#### Civilingeniør C.C. Kirchheiner:

Vi har arbejdet med arkitekter, der fandt plader vindskæve, selvom skævheden overhovedet kun kunne ses, når solen stod i pladens plan. Disse ubetydelige skævheder var opstået under en oplagring, hvor pladerne lå ned. Skævhederne forsvandt, da vi gik over til at stable pladerne stående med facade mod facade.

#### Arkitekt K. Krøll:

Det er især for elementer med fjer og not, at vindskævhed kan være ubehagelig.

Hvis man oplagrer elementer med lister imellem, således at luften kan komme til fra alle sider, tror jeg, facadeelementer vil blive ensartede.

#### Civilingeniør C.C. Kirchheiner:

Jeg mener tværtimod, at elementerne skal stå med

facaderne mod hinanden, således at udtørringen sinkes. De skal dække hinanden fuldstændigt, da et parti der stikker udenfor vil udtørres anderledes end den øvrige del, og derfor få en lidt anden farve. Hvis pladerne ligger ned, bør underlaget være funderet i frostfri dybde, da en sætning, som ellers let kan opstå, vil kunne deformere elementerne.

#### Rambøll:

Jeg har i min indledning slået lidt til lyd for nedsættelse af sikkerhedskrav for elementer støbt i kontrolleret produktion på en fabrik. Jeg har tidligere drøftet spørgsmålet med Inge-mann Nielsen, har De ikke nogle kommentarer til dette punkt?

#### Civilingeniør Ingemann Nielsen:

Jeg har gjort mig nogle tanker om, hvem der kunne stille kvalitetskrav og kontrollere produktion af elementer. Jeg kunne forestille mig, at der blev nedsat et råd af arkitekter og ingeniører, der så at sige satte et blåt stempel på de elementer og systemer, der fortjente det og sørgede for at projekterende arkitekter og ingeniører, som sidder og arbejder med nye projekter, holdtes orienterede.

#### Civilingeniør Lars Gravesen:

Det skulle netop være en af fordelene ved at fremstille konstruktioner på fabrik, at man under større kontrol og med større tekniske muligheder for at opnå højere betonkvaliteter også skulle få mindre spredning og som følge deraf kunne arbejde med mindre sikkerhed. Men måske er det heldigt, at udviklingen i denne retning ikke går for hurtigt. I Sverige, hvor man indenfor elementbyggeriet er flere år efter Danmark, har man allerede indført faste regler. Jeg kunne forestille mig, at man på den måde, på et for tidligt stadium, binder udviklingen, at man kommer ind i en for dogmatisk behandling af de muligheder, der foreligger, fordi man ikke har overblik over hvilke krav, man kan stille, og hvad man kan opnå.

I Holland må man arbejde med en sikkerhed, der ligger en del under den normale, hvis man gennemfører brudforsøg med elementer, men det er jo en forholdsvis dyr foranstaltning.

Før eller senere - men det skader måske ikke at vente lidt og se hvor det bærer henad - må vi få faste regler for den mindre sikkerhed, som må kunne anvendes ved fabriksfremstillede elementer.

## b. Transport

#### Rambøll:

Beskadigelser af elementer under transporten er alt for hyppige. Kanter og hjørner stødes af, udragende bøjler og bolte krølles sammen. Men det er et overgangsfænomen i en tid, hvor man endnu husker, at en dragt mursten anbringes på et stillads ved at lade dem falde fra skulderhøjde. Når glarmesteren er indforstået med, at ruder skal behandles med en forsigtighed, der svarer til deres skørhed, må det også kunne lykkes at få elementer forsvarligt transporteret.

Elementer gribes oftest i dertil indstøbte bøjler. Bøjledimensionerne er tit ansat efter bedste skøn, og sikkerheden er meget uhomogen. Underdimensionerede bøjler er ligefrem livsfarlige, overdimensionerede er uøkonomiske. Løvrigt er det ærgerlige penge, der anbringes i bøjler, som kun skal benyttes få minutter af hele elementets hundredårige levetid. Forbavsende mange tons jern ligger i et større byggeri uvirksomt hen, når monteringen er slut. Det er hensigtsmæssigt, hvis man kan udforme element og løftegrejet, så man kan undvære løftebøjler, eller hvis man kan benytte udragende jern, der bruges til andet formål, til at løfte i.

De penge, man sparer ved en rationel fremstilling af elementer i en fabrik, hvor man har et virkeligt hensigtsmæssigt produktionsapparat, må delvis anvendes til den forøgede transport, som løber på, når støbningen ikke sker på byggepladsen. Det hævdes ikke sjældent at transporten sluger hele beløbet. I de tilfælde, hvor det er rigtigt, må det være begyndervanskeligheder, der gør sig gældende. En fabrik af een-familiehuse i U.S.A. transporterer huse inden for en radius af 700 miles. Og da det ikke er af filantropi, skulle man mene, at transportafstande ikke her i landet kan belaste økonomien uforsvarligt. Med 4-5 elementfabriker spredt i Danmark kommer vi ned på maximalafstande omkring 100 km. Arno Jensen må have nogle erfaringer på dette område.

#### Civilingeniør Arno Jensen:

Transportproblemet skal man ikke tage alt for tungt på, der er tale om små procenter i forhold til elementets værdi. Vi har erfaring for, at

transport indenfor en afstand af 30 km fra København kun belaster elementprisen med 4 %. Ved transportafstande på omkring 100 km bliver omkostningerne 7-8 % af elementprisen leveret på byggeplads.

#### Civilingeniør Kirchheiner:

Selvom man støber elementerne på byggepladsen, løber der også transportomkostninger på. Og de er forholdsvis store, fordi læsning og aflæsning er en væsentlig del af hele transporten.

#### Arkitekt Krøll:

Betonelementer støbt i København er anvendt i Jylland og omvendt. Det tyder ikke på, at transporten belaster økonomien væsentligt.

#### Civilingeniør Arno Jensen:

Når man skal sammenligne transportudgifter for elementbyggeri og for ortodokst byggeri, er der en ting, man ikke bør glemme: anvendelse af elementer vil normalt resultere i en reduceret tonnage. Når man tidligere skulle udføre 1000 t arbejde på stedet, kan man nu måske nøjes med at udføre 800 t på fabriken.

#### Civilingeniør Lars Gravesen:

Det er rigtigt, og tilfældet kan endda blive meget mere outreret. Vi har vindueselementer, der er så spinkle, at de er konkurrencedygtige til trods for, at de koster 3000 kr./m<sup>3</sup>.

Man kan forstå, at en fragttudgift på 25 - 35 kr./m<sup>3</sup> ikke her kan spille nogen rolle.

## c. Udseende

### Rambøll:

Farver, relief og indstøbning af fliser er de almindeligste virkemidler, der benyttes i betonelementers æstetik.

### Farver.

Den bestandigste farvevirkning fås ved anvendelse af tilslagsmaterialer, der i sig selv har de ønskede farver. Beton udført med farvede cementer eller med direkte tilsætning af farvestof er sjældent helt lysagte.

Ofte benyttes en kombination f.eks. lyse tilslagsmaterialer med hvid cement, der kan give et tiltalende udseende og et (forholdsvis) bestandigt udseende.

Mørke elementer bør man betænke sig på at anvende. Skjoldede og varierende overflader bliver, som det ses mange steder, ofte resultatet. I hvert fald så længe man ikke har mere erfaring end i dag. For det første er det næsten umuligt at udføre en dyb mørk farve uden tilsætning af farvestof, der lader sig påvirke af lyset. Dernæst kan mindre variationer i fabrikationen give udslag. Små forskelle i vibreringstiden for de enkelte elementer kan ses. Værre er det, at uens vibrering af det samme elements partier kan give en overflade, der ser skjoldet ud. Aftryk efter klodser, der er anbragt mellem vandret lagrede plader, er ofte skæmmende. Mærkerne har dog en tilbøjelighed til at forsvinde igen, idet de hovedsagelig skyldes en forsinket udtørring.

Salpeterudslag ses tydeligst på mørktfarvede overflader. Man kan håbe på, at det efterhånden vaskes af under regnvejr, men det kan være i årevis.

Afblegede elementer har ikke blot en lysere farve end den tilsigtede, overfladen er tilbøjelig til at blive mat og livløs. Afsyring eller sandblæsning benyttes til at give overfladen mere karakter og liv og til at udslette skjolder. Ved begge metoder fjernes det yderste lag cementslam, og man kan få tilslagsmaterialers farve til at komme til deres ret. Overfladen bliver under en sådan behandling meget porøs og mange gange større, og den vil formodentlig være lettere modtagelig overfor smuds end en ubehandlet overflade.

Afsyring er ikke nogen tiltalende behandling. Man kan let forestille sig, at syren ikke bliver vasket helt af, eller at noget syre når ind til armeringen. Hvis man skal helt i bund - have "huden" helt fjernet, så tilslagsmaterialerne kommer frem, kan der gå betydelige mængder syre til. Der er eksempler på, at det har kostet 3 gange så meget at afsyre effektivt som at sandblæse.

### RELIEF.

En helt glat overflade er vanskeligst at få ensartet. Blikket er ikke så følsomt over for farvevariationer, når overfladen er profileret. Iøvrigt benyttes reliefvirkningen for beton med sin naturlige farve ofte med godt resultat alene. Lodrette riller vil blive tilsmudsede på en anden måde end den øvrige overflade, hvor snavset lettere vaskes af. Men resultatet behøver ikke at være utiltalende. Derimod må man advare mod for kraftige vandrette fremspring eller bånd. Tilsmudsningen vil her ofte have en uregelmæssig og uæstetisk karakter. Snavset, der samler sig på de vandrette hylder, vil med regnvand løbe ud over hylden og afsætte sig uregelmæssigt på overfladen.

Også på anden måde kan vandrette bånd være uheldige. Under afsnit f, er nævnt et tilfælde, hvor vand samlede sig på båndets overside og trængte ind i huset.

### INDSTØBNING AF FLISER.

I den senere tid er man begyndt at nære interesse for indstøbning af fliser som en dekorativ og beskyttende overflade. Flere elementfabrikker eksperimenterer med en sådan indstøbning. Man har endnu ikke tilstrækkelig erfaring til at give retningslinier for, hvordan man sikrer sig, at fliserne sidder effektivt fast - også om 100 år. En tynd skalmur af tegl, der, porøs som den er, suger regnvand ind, vil måske ikke enes godt med en bagved liggende betonoverflade.

### Arkitekt Krøll:

En ufarvet betonflade med relief kan stå fint. Men glatte betonflader som i og for sig kan se nydelige ud uden farvetilsætning, bliver i regnvejr triste og uensartede. Farver anvendt med forsigtighed kan være af stor virkning. Naturstensmaterialer i farver må foretrakkes. Knust farvet glas er også en mulighed. Den primitive

metode til farvning: maling eller sprøjtning på den færdige betonvæg giver måske ikke så vejrbestandig og holdbar en overflade, men der kommer efterhånden forskellige fabrikater frem, som synes at love godt.

Italienske mosaikfliser i facaden koster 70 kr./m<sup>2</sup>, men resultatet kan også være meget virkningsfuldt.

### Rambøll:

På Larsen og Nielsen's plads har der forsøgsvis været fremstillet nogle betonelementer med indstøbte teglstensfliser. Har De høstet erfaringer med sådanne overflader, Arno Jensen ?

### Civilingeniør Arno Jensen:

Ikke endnu. Vi stiller os lidt afventende. Et gråt betonelement og en almindelig teglsten arbejder måske ikke så godt sammen, og der kan komme udbloomstringer o. lign., som vi ikke rigtig kan få hold på.

### Rambøll:

På Højgård og Schultz's plads har jeg set nogle betonelementer, som var farvet mørke og som var temmelig skjoldede. Man var på fabriken ikke tilfreds med dem. Mon Gravesen har nogle bemærkninger om den sag ?

### Civilingeniør Lars Gravesen:

Farvepulver, især mørkt, er vanskeligt at arbejde med, udbloomstringer, hvide skjolder og fedt-udbloomstringer undgås ikke let. Vi har efter råd fra sagkundskaben damphardt alle elementer, men det er alligevel ikke helt effektivt. Skjolderne forsvinder vel nok efterhånden, men det er ikke morsomt for entreprenøren at aflevere sit hus på et tidspunkt, hvor det blomstrer. Iøvrigt er tilsætning af farvestof ikke så billigt, selv om selve pulveret har en beskedne pris. Hvis hver arkitekt foreskriver sin bestemte farve, vil en elementfabrik, der arbejder på mange fronter, hver dag skulle arbejde med en lang række forskelligfarvede betonblandinger til forstøbninger. Og det vil sige, at man fjerner sig fra den standardiserede serieproduktion, som vi alle foretrækker og i forbindelse med elementfabrikation.

### Rambøll:

Hvide betonelementer er efterhånden en standardvare. Men de falder alligevel meget forskelligt

ud. Hvordan får man bedst en ensartet og holdbar overflade ?

### Civilingeniør Ingemann-Nielsen:

Hvid cement og strandsand giver efter vor erfaring det mest ensartede produkt.

### Rambøll:

Elementer, især farvede, er sensible for vibrering. Der skal kun lille variation til i vibreringstiden, før det kan ses på overfladen i det færdige produkt. Der kan også komme klangfigurer. Arno Jensen, De har vist nogle erfaringer på dette område ?

### Civilingeniør Arno Jensen:

Ja, stålforme kan være farlige. Vi har på plane overflader fået klangfigurer, der viser sig som et cirkelformet område, der træder frem på midten af elementet - både i store og små elementer enten det så har været grå eller hvid beton. Understøtningsforholdene i forbindelse med vibreringstiden er af betydning her. I betonforme har vi derimod ikke haft dårlige erfaringer.

### Civilingeniør O. Kampmann:

Formsmøremidler kan også give misfarvninger, og limstoffer fra træet i træforme kan måske spille en rolle ?

### Civilingeniør Arno Jensen:

Generelt kan man godt sige, at når smøringen giver dårlige resultater, er det fordi, smøringen af formen ikke har været efterfulgt af en tilpas efterstrygning. Det er en gylden regel, at forme, der selvfølgelig må smøres før hver eneste støbning, skal påføres et lag olie eller voks, der er så tyndt som det overhovedet er muligt. Skjolder fra for store smøremængder forsvinder iøvrigt efterhånden. Facadefliser, som bliver damphardt, og hvis form smøres med voks, renses med benzin straks efter, at de er taget ud af formene, og med dem har vi ikke nogen dårlige erfaringer.

### Civilingeniør Kirchheiner:

I indledningen blev nævnt sandblæsning og afsyring af det færdige elements overflade. Når man har et plant overfladelag liggende øverst i formen, kan man simpelthen afvaske det med vand. Det er både billigere og mindre farligt for betonelementet end de to andre behandlingsmetoder.

## d. Statisk modstandsdygtighed

### Rambøll:

Den monolitiske konstruktion i et helstøbt jernbetonhus klarer mange statiske problemer. En søjle, der er støbt sammen med den bjælke, som belaster den, får f.eks. overført hele belastningen jævnt over tværsnittet. En færdigstøbt bjælke, der monteres ovenpå en søjle, belaster mere lokalt. Det er meget betydelige spændinger, der kan blive tale om. Her skal fremdrages et eksempel fra Laboratoriet for Bygningsteknik. Man har her trykprøvet 4 ens søjler  $\phi$  35, længde 70 cm (der var altså ingen søjlevirkning). De to søjler blev påvirket gennem en lille rektangulær mellemlade af stål, der i praksis skulle bevirke en centrering af belastningen, medens de to andre blev forsynet med et påstøbt hoved af beton med  $\sigma_T = 600 - 700 \text{ kg/cm}^2$ , således at kraften direkte blev overført til hele søjletværsnittet.

På fig. 7 ses bruddet i den ene af søjlerne, der var påvirket gennem en 8 . 20 mm mellemlade, hvis aftryk ses på billedet. Brudlasten for denne søjle var 100 t.

Fig. 8 viser en af søjlerne med påstøbt hoved. Brudlasten var her 398 t, altså 4 gange så stor som for den anden søjle.

Koncentrerede belastninger, i særdeleshed sådanne som kan frembringe en kilevirkning, bør man altså betragte med største opmærksomhed. Man bør i søjler, der ikke direkte støbes sammen med den øvrige konstruktion, sørge for en forsvarelig bøjlearmering i søjlens ender. Den var i nævnte tilfælde ikke særlig effektiv, og det var sandsynligt, at bruddet begyndte med længdejernenes udbøjning. Et par ekstrabøjler i hver ende - udover det antal normerne foreskriver - ville utvivlsomt have forøget brudstyrken meget væsentligt.

Tilfældet viser, at vederlag i det hele taget ikke må være for knobne. En vederlagsbredde på få cm, som på grund af unøjagtigheder kan reduceres til det halve, bør i almindelighed ikke tolereres.

Egenspændinger i betonelementer, som er støbt

af forskelligt materiale, kan være betydelige. Uarmerede facadeelementer med få cm forstøbning og et tykt isolerende klinkerbetonlag er i visse tilfælde flækket i overgangen mellem de to lag. Elementerne har måske været for store, eller forskellen mellem styrken (og svind) af de to materialer har været for udpræget. For at undgå denne alvorlige fejl, der kan forårsage farlige nedstyrtninger af forpladen, bruger man normalt ikke større uarmerede eller bøjlefri elementer end ca.  $0,3 \text{ m}^2$ . Større forskel i terningsbrudstyrke end fra  $35 \text{ kg/cm}^2$  til  $240 \text{ kg/cm}^2$  for de to betonmaterialer bør næppe benyttes. En effektiv forbindelse mellem de to lag kan enten fås ved, at man ovenpå den lige udstøbte forstøbning - som normalt ligger i formens bund - først udstøber et tyndt (5-6 cm) klinkerbetonlag, som med et stempel under vibrering presses ned i forstøbningen, hvorefter resten af klinkerbetonlaget udstøbes, presses og vibreres. Eller man kan mellem forstøbningen og den lette klinkerbeton udstøbe et mellemlag med en terningsbrudstyrke omkring  $125 \text{ kg/cm}^2$  og i een operation presse og vibrere alle tre lag.

Hvis elementerne er større end de ca.  $0,3 \text{ m}^2$ , bør man anbringe kobberbøjler, f.eks. 2 stk. i hvert element. Elementer hen mod  $1 \text{ m}^2$  og større bør armeres regulært.

### Murermester V.A. Knudsen:

Jeg kan supplere det nævnte eksempel med søjlerne med et tilfælde fra praksis:

I en 2 etages fabrikshal fik vi revner foroven i nederste række søjler, hvorpå l. sals bjælker hvilede. Vi fandt ud af, at det måtte skyldes, at søjlerne ikke blev belastet jævnt foroven. Da vi i næste byggeafsnit lagde blyplader mellem søjletop og drager, viste der sig ingen revner. Jeg mener derfor også, at man i enderne af en prefabrikeret søjle må anbringe flere bøjler end jernbetonnormerne fordrer.

### Civilingeniør Torben Raaschou:

Jeg savner en skelnen mellem de elementer, der opsættes i en forskalling og støbes sammen med en betonvæg, og de elementer der danner væggen i sig selv.

De uheldige erfaringer, man har fra elementer, der revner mellem forstøbning og klinkerbeton, stammer fra den første kategori, fra elementer som er uden bøjler eller anden arme-

ring, og hvis stabilitet alene er afhængig af sammenhængen mellem en stærk forstøbning og en svag isolerende letbetonstøbning, som er faststøbt i en bagvæg af beton. Når man anbringer bøjler i sådanne elementer, er det ikke for at holde sammen på forstøbning og isoleringslaget, men for at fastholde forstøbningen til betonvæggen. Tilfældet er vist på fig. 9 g, hvor man har forlangt bøjler, der går igennem forstøbningen og støbes ind i den beton, som udføres på stedet.

Når isoleringslaget ikke er spændt inde mellem en forstøbning og en betonvæg, men sammen med forstøbningen, udgør hele væggen som vist i fig. 9 e, behøver man ikke særlige foranstaltninger for at holde sammen på de to lag.

### Civilingeniør Lars Gravesen:

Hvis der er tale om en udvendig jernbetonplade, der er forankret til skelettet i et hus har sammenhængen mellem de to lag - jernbetonplade og isoleringslag - ingen anden funktion end at hindre isoleringslaget i at falde ind i huset. Anderledes betydningsfuldt er sammenhængen, når forpladen alene ved sammenstøbningen skal kunne hænge på en klinkerbetonplade, der er støbt fast i en betonvæg.

### Civilingeniør Arno Jensen:

De uheldige erfaringer, med fliser der flækkede, hidrører udelukkende fra uarmerede fliser. På grund af uensartet svind i de to materialer revnede klinkerbetonen fra forstøbningen. Allerede på lagerpladsen konstateredes på store fliser revner i alle 4 hjørner. Københavns Bygningsskommission kræver nu, at der i uarmerede fliser på over  $0,3 \text{ m}^2$  skal anbringes to kobberbøjler, der har fat i forstøbningen, og som går igennem klinkerbetonen ind i betonvæggen, som skal beklædes.

### Rambøll:

Der var noget om nogle store fliser i Malmø, som man måtte fjerne igen, fordi de flækkede?

### Ingeniør Kildehøj:

Ja, man støbte direkte letbetonlaget på forstøbningen og støede alene på sammenhængen mellem de to uensartede materialer. Jeg var med til at drøfte, hvad der kunne gøres, og vi brugte det gamle håndværkerråd at graduere støbningen, således at man ikke fik det helt fine og det helt grove materiale direkte op mod hinanden.

### Civilingeniør Ingemann Nielsen:

Vi har i 1947 brugt facadeelementer i Herlevhuse- ne bestående af en 4 cm forstøbning og en 7 cm træbeton, der var ventileret bag forstøbningen. Elementerne var etagehøje og 1,20 m brede, og de var forsynet med en kantarmering.

Der var ingen bøjler eller stritter mellem forstøbning og beton, og hidtil i hvert fald har pladerne holdt udmærket.

### Rambøll:

I Fredericia har man brugt  $10 \text{ m}^2$  store udfyldnings-elementer mellem etageplader og søjler i ydervæggen. Har man ikke her et pudslag direkte på en klinkerbetonplade?

### Civilingeniør Hans Karnow:

Elementerne i Fredericia har en forstøbning på  $2\frac{1}{2} - 3 \text{ cm}$ , som er udlagt først i formen og armeret med rundjern 5 pr. 20. Herefter er formen efterfyldt med klinkerbeton. Der er ikke brugt vibrering, og der er ingen forbindelse i form af bøjler eller lignende mellem de to lag. Hidtil er der ikke noget som helst tegn på, at de to lag skulle løsne sig fra hinanden.



## e. Klimatisk modstandsdygtighed

## ELEMENTERNE SOM EN DEL AF HELHEDEN

### f. Samlinger

#### Rambøll:

Udvendige betonflader for elementer bør naturligvis, som anden beton i det fri, være uden porer og revner, der ville kunne bevirke rustdannelse i armeringen og kunne forårsage frostsprængninger. Et fabriksstøbt element har naturligvis større chance for at opfylde dette krav end beton, der er støbt på stedet. Man er ved at få øjnene op for betydningen af betons vejrfasthed. Betons styrke har i for høj grad været den egenskab, hvorom hovedinteressen har samlet sig, endskønt det er yderst sjældent, at beton bryder sammen, og særdeles ofte at beton nedbrydes.

Om ventilering af isolationslaget bag en betonydervæg har man ikke sikre oplysninger. I en bebyggelse, Engstrands Alle, hvor væggene består af fliser med tæt betonforstøbning på et 20 cm tykt isolerende klinkerbetonlag, har man ventileret ved umiddelbart bag forstøbningen at anbringe lodrette kanaler ø 20 pr. 20 cm, der er udluftet ved de vandrette fuger. Det har vist sig, at der ikke kommer vand ud af disse huller, men fugtigheden bliver muligvis ført bort i dampform. Om klinkerbetonlaget er så porøst, at fugtigheden fra hele laget kan vandre hen til disse huller, vides ikke. Lige bag en afkølet betonoverflade kan let dannes kondensvand. Hvis isoleringslaget derfor kan suge fugtighed ind, er der fare for ødelæggelse. Et helt ventileret hulrum bag overfladen vil være effektivt, men man bør være opmærksom på, at det ikke blot gælder om at ventilere mest muligt. Ubehageligt træk kan blive resultatet.

Kuldebroer øger varmetransmissionen. Men stort transmissionstab kommer der i alle tilfælde også fra vinduerne, så en mindre kuldebro har ikke særlig betydning varmesøkonomisk set. Der kan derimod dannes tilsmudsede partier, når støvet hænger fast i en overflade mere eller mindre fugtig af kondens. Det synes, som om pudsede overflader, der holder på fugtigheden, har langt større tilbøjelighed til at blive snavsede end glatte betonooverflader, hvorfra fugtigheden hurtigt forsvinder.

#### Rambøll:

Fuger er et sensibelt led i montagebyggeri. De er mere udsat for at revne end fuger i murstens- og blokstensbyggeri, hvor svind og andre deformationer fordeles over mange flere fuger. Og de er - når det drejer sig om fuger i ydervægge - udsat for store vandmængder, der ved regnvejrhindret løber ned ad de glatte facader uden praktisk taget at blive suget ind i overfladen.

Man bør i almindelighed ikke forsøge at skjule en fuge i montagebyggeri, hvor man ikke bruger puds.

I fig. 9 a er vist en tilbageliggende fuge, hvor man oven i købet har forsøgt at fiksere den revne, der måtte komme, ved at stryge enden af elementet med asfalt. Det har nu vist sig, at revnen ikke altid kommer, hvor den plastiske asfaltfuge ligger, men i den modsatte side af fugen i de linier, der ligger symmetrisk med asfaltfugen. (Fig. 9 a er et vandret snit, øvrige figurer b-g viser lodrette snit).

Man kan naturligvis skjule en fuge med en liste, som vist på fig. 9 b. Men den tilbageliggende fuge er i almindelighed enklere og billigere.

På fig. 9 c er vist et eksempel på en uheldigt beliggende fuge. På den vandrette hylde, der ligger i samme højde som fugen, samler der sig under regnskyll en mængde vand, særlig meget da husets overflade består af glatte elementer, der ikke som en murstensflade suger vand ind. Mørtlen i fugen kan suge vand ind eller vandet kan af vinden presses ind gennem revner og andre utætheder i fugen. I det her afbildede eksempel trængte vand videre ind i huset gennem en støbefuge, der uheldigvis var lagt inde bag elementets fuge. Ved tætning af denne med Secomastic forsvandt fugten i huset.

På fig. 9 d er den vandrette hylde afsluttet med et lodret stykke under fugen, og denne er tætnet med en plastisk kit. Det er en metode,

der i de sidste år har vundet overordentlig udbredelse, og som synes at klare alle problemer. Den løser også på en tiltalende måde mange spørgsmål, men den er ikke helt billig. Og man må fremfor alt håbe, at kittet bevarer sin plasticitet ud i fremtiden. En lang række huse vil ellers blive belastet med en betydelig vedligeholdelse.

Enhver mørtelfuge bør betragtes med mistænksomhed. Den kan være dårligt udfyldt, den kan være revnet, den kan være porøs. Regnvand kan piskes ind, eller det kan suges ind ved kapillarvirkning.

I fig. 9 e er fugen trukket tilbage (revner ses ikke), og den er ikke gennemgående, men adskilt med en bomuldssnor. Fugen er trukket så meget tilbage, at kondensvand (eller indtrængende regnvand) i isolationsbetonen kan drænes gennem spalten ud for fugen. Nogle lodrette kanaler ø 20 pr. 20 cm munder ud i spalten. Også i fig. 9 b er der truffet foranstaltninger for at få vand fra isolationslaget ledet bort, idet der under dette lag er anbragt en zinkinddækning.

I fig. 9 f fortsætter den vandrette fuge skråt opad i elementet, således at man her har fundet stopning med en vatsnor og rockwool tilstrækkelig til at hindre regnvand i at slå ind.

I fig. 9 g er det skråt opadstigende stykke så stort, 7-8 cm, at man har ment det forsvarligt at undvære enhver form for fugetætning.

#### Civilingeniør Wilcken:

Den sidste fuge vist i fig. 9 g finder jeg er den mest tiltalende og den billigste form for en vandret fuge. Vedrørende tilbageliggende fuger kan jeg fortælle om en udførelsesmåde, som er benyttet ved udstøbning af fuger mellem etageplader. I fugen, som lå mellem to kantribber, klemte man nede fra en gasslange op, idet man lod den flugte med undersiden af ribberne, og man fyldte derefter mørtel i fra oven. Når gasslangen blev fjernet, havde man en fin tilbageliggende afrundet fuge.

#### Arkitekt Qvist:

En fuge af samme type som i fig. 9 e har i et byggeri i Viby foreløbig vist sig at fungere udmærket. I stedet for bomuldssnoren er indlagt en glasuldsnor. Kanaler i klinkerbetonen lige bag forstøbningen som vist i fig. 9 e var på-

tænkt, men man undlod dem udfra den anskuelse, at kondensvand i alle tilfælde ville finde ud mellem forstøbning og klinkerbeton. Iøvrigt er der i fugen, omtrent som vist i fig. 9 b, indlagt en zinkstrimmel, der er bøjet op i en rille, som er udkradset i det element, der ligger ovenover fugen.

Det er fantastisk store vandmængder, der strømmer ned ad en sådan facade, som overhovedet ikke opsuger vand. Man var inde på at sørge for fuldstændig tæthed omkring vinduerne ved hjælp af et plastisk fugemateriale. Men af økonomiske grunde opgav man det og fugede med almindeligt bastardmørtel, idet man så senere har udbedret fugerne, når de efter at være svundet ind rundt omkring var revnet.

#### Civilingeniør Palle Bruun:

Ja, mørtelfuger er det billigste, man har. I et større byggeri udførte vi de lodrette fuger i elementer, der direkte stødte op til hinanden, ved at hælde mørtel ned ovenfra, efter at man havde lukket fugen med et brædt på hver side. Fugen, der havde form som vist i fig. 9 a, blev eftergået udefra for udseendets skyld. De revnede allesammen efter kort tid. Vi prøvede at sætte betoflex til mørtelen, og så varede det en måned længere, inden revnerne kom. Efter en vinters forløb har der imidlertid ikke vist sig fugtighed i bygningerne, så det er jo muligt, at de hårfine revner ikke betyder noget, at de blot må betragtes som skønhedsfejl?

#### Rambøll:

Der er i hvert fald et sted, hvor selv hårfine revner er særdeles ubehagelige: Når en sålbank eller en fremspringende hylde i et betonelement, der fungerer som sålbank f.eks. som på fig. 9 b, revner, er der ikke store chancer for at holde fugtigheden ude af huset.

#### Arkitekt Krøll:

En betonhylde, der springer så meget frem under vinduet som vist på fig. 9 b, bør sikkert altid afdækkes med zink.

#### Rambøll:

Ja, det er jo det sikreste men en fordyrelse. Betonen bør kunne klare sig alene. Man udfører også selvstændige sålbænke i beton, kvalitetsbeton, som fungerer upåklageligt.

#### Ingeniør Kildehøj:

Uanset hvad sålbankene er af, er det væsentligt, at der er en tilstrækkelig høj lodret kant under vinduet.

Der er nævnt Secomastic som fugemateriale, men vi har prøvet en anden plastisk kit. Den virker mere som en plastisk lim end som oliekit, d.v.s. den bliver hårdere med tiden.

#### Civilingeniør Kampmann:

Der findes mange plastiske kitmasser. Fabrikret i England, i Belgien, i Sverige. I Belgien har man ligefrem normer for sådanne kitmasser. En for blød kit kan flyde i en lodret fuge, der derfor undertiden får en bølget overflade. Men der ikke er nogen, der har høstet erfaringer med fugekit?

#### Ingeniør Kildehøj:

Plasticiteten er ikke for alle materialer tilfredsstillende i kuldegrader. De bliver hårde og kan ikke arbejde. Nogle kitmasser er meget sensible over for fugtighed på fladerne, de skal klæbes på og binder ikke, blot disse er den mindste smule klamme.

#### Rambøll:

Der er et punkt, som undertiden kan sætte sindene i bevægelse, når der diskuteres fuger: Skal man bruge små elementer med mange fuger, eller bør man foretrække store elementer med få fuger.

I første tilfælde er fugerne lettere at udføre, de skal ikke optage så store bevægelser. Men til gengæld er der mange af dem. I det andet tilfælde bliver fugerne mere udpræget dilatationsfuger.

#### Civilingeniør Arno Jensen:

Uden at generalisere for meget kan jeg godt afsløre, at vort firma gør sig til talsmand for de store elementer. Især er det fornuftigt at reducere de vandrette fuger, som er langt farligere end lodrette. Etagehøje elementer, der kun giver een vandret fuge pr. etage må i almindelighed foretrakkes.

#### Arkitekt Qvist:

Jeg er også tilhænger af store elementer. I en studiekreds i Aarhus har vi fundet ud af, at hvis en etageplade med bredde 60 cm færdig oplagt koster 35 kr./m<sup>2</sup>, vil en plade med den dobbelte bredde kunne udføres for 32 kr./m<sup>2</sup>.

### g. Bygværkets stabilitet

#### Rambøll:

For montagebyggeri er stabiliteten for vandrette kræfter et ubehageligt problem. En fast kerne, hyppigt vægge omkring trappe og elevator, klarer ofte spørgsmålet. Man skal i et rent montagebyggeri ikke være for optimistisk med hensyn til fugers evne til at overføre kræfter. Hvis dækket skal virke som skive overfor ikke ganske små vandrette kræfter, er det nødvendigt, at man ved en fortanding, eller på anden vis, har sikret sammenhængen mellem de to plader. Det er ikke store forskydningsspændinger, der kan optages i selve fugen, hvis den går ret igennem.

Skiveprincippet benyttes normalt til optagelse af vandrette kræfter, både for horisontale og for vertikale led. En rammevirkning er vanskelig at etablere i rent montagebyggeri. Men der er naturligvis intet i vejen for, at simpelt understøttede bjælker, på langs kan overføre vandrette kræfter. Man må da blot regne med, at sammenstøbninger over søjler i en fortsat række bjælker revner p.g.a. negative momenter fra de lodrette kræfter. Man bør derfor udføre en tilbageliggende fuge, således at man får revnen fikseret i bunden af denne, og ikke lade en skæmmende revne med et tilfældigt forløb danne sig i sammenstøbningen.

En tværvæg af mursten, der er i forbandt med facademuren, er langt stabilere end et betonelement, der kun med een fuge slutter til ydervæggen. Fugen vil formodentlig revne. Det er i det hele taget især elementer, der er berørt af forskellen mellem udvendig og indvendig temperatur, der er udsat for revner. En etageplade, der hviler på en indvendig midtvæg og en facademur, kan dog i reglen indstille sig efter de to mure. Men i gavlen, hvor pladen også er tvunget til at følge dennes bevægelse, vil fugen let åbne sig. For en tagplade er forholdet særlig udpræget.

En indklædning af hele huset i letbeton løser mange problemer.

## AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER

#### Rambøll:

Klokken er mange, og vi får ikke uddybet stabilitetsspørgsmålet. Blot et par afsluttende bemærkninger.

Det er her i aften kommet tydeligt frem, at der i montagebyggeri er mange vanskelige problemer, uopklarede spørgsmål og adskillige muligheder for fejlgreb. Man kan da spørge: hvorfor have al den besvær og løbe den risiko, der ligger i at slå ind på nye baner, når man faktisk efter de traditionelle og gennemprøvede metoder får udmærkede huse, der ikke synes at være dyrere end de nye.

Svaret må da blive: vi må gøre det for fremtidens skyld. I ethvert veldrevet industriforetagende er man klar over, at med den nuværende tekniske udvikling må man udbygge og investere med henblik på fremtiden, ellers glider man bag ud af billedet.

Så meget desto større grund er der til at gøre det inden for den lidet udviklede industri, der hedder byggeri. Vi må gøre os klart, at den tekniske udvikling skrider frem, at forholdet mellem priser på materialer og personligt arbejde stadig forrykkes, og at levestandarden stiger. Hvis man som i mange industrier foretog en operationsanalyse, d.v.s. søgte at tilvejebringe et grundlag for en realistisk langtidsplanlægning, så måtte man ikke blot nøjes med at anlægge en ren og skær rentabilitetsbetragtning på grundlag af det nutidige stade. Ved en moderne operationsanalyse indregner man også den voksende levestandard og foruddiskonterer de tekniske nyvindinger, der vil dukke op. Byggeriet kan ikke i konkurrence med industrien skaffe kvalificerede folk, hvis det fortsætter som et håndværk. Og der skal bruges utrolig mange folk, udbyttet pr. mand/time bliver alt for ringe. Byggeriet risikerer derfor i forhold til andre industrier at sakke yderligere bagud, og prisen vil stige dag for dag. Montagebyggeri er en af de metoder, der fører fremad.

Skeptikere, der ikke kan acceptere udviklingen, som den er idag, må gøre det i morgen. Det er simpelthen en nødvendighed at bryde nye veje inden for vort byggeri.

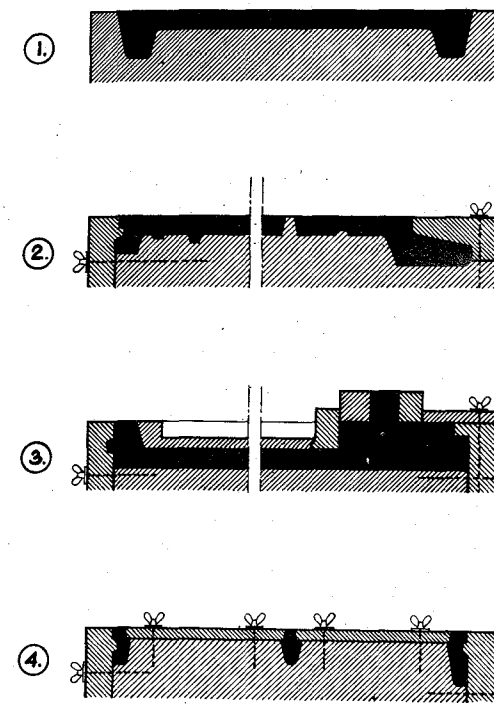


Fig. 1

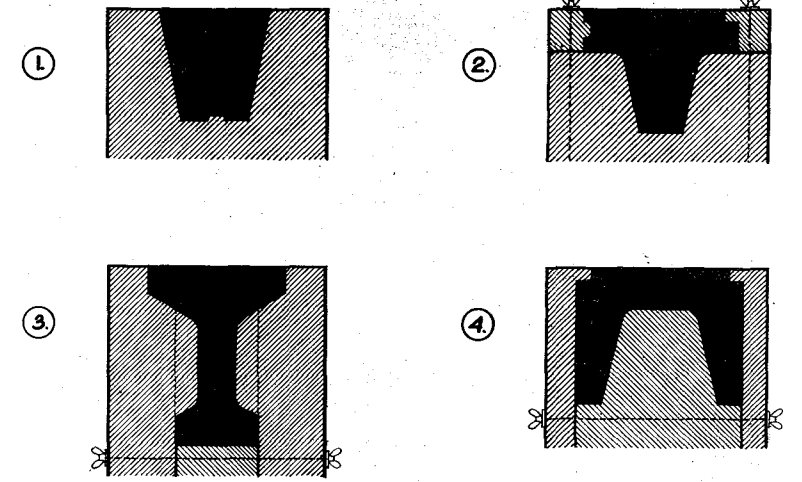


Fig. 2

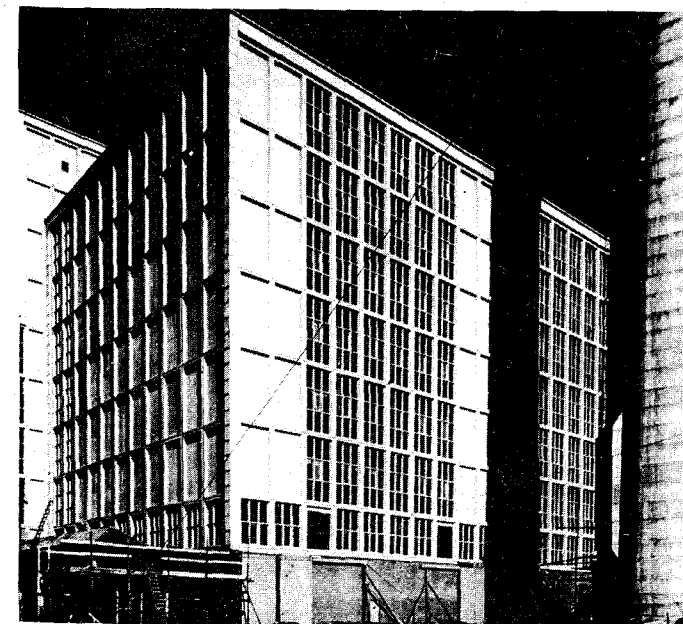


Fig. 3

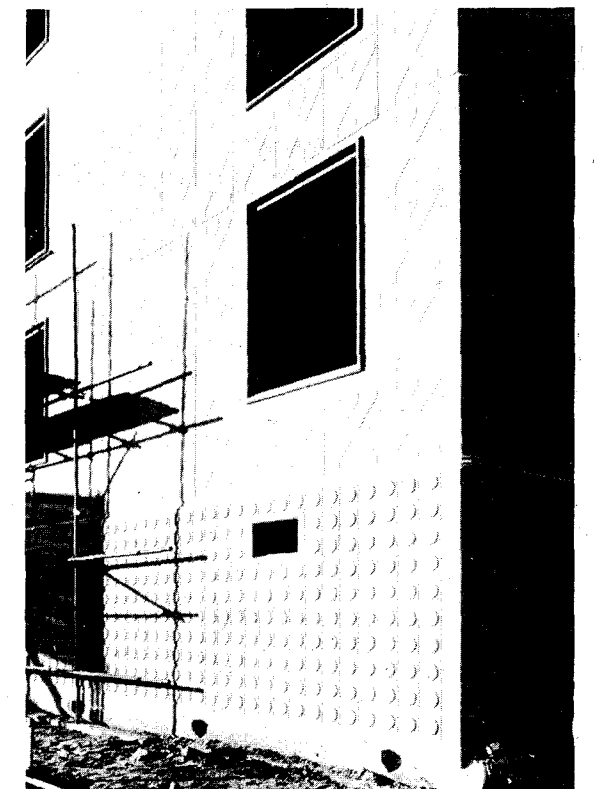


Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

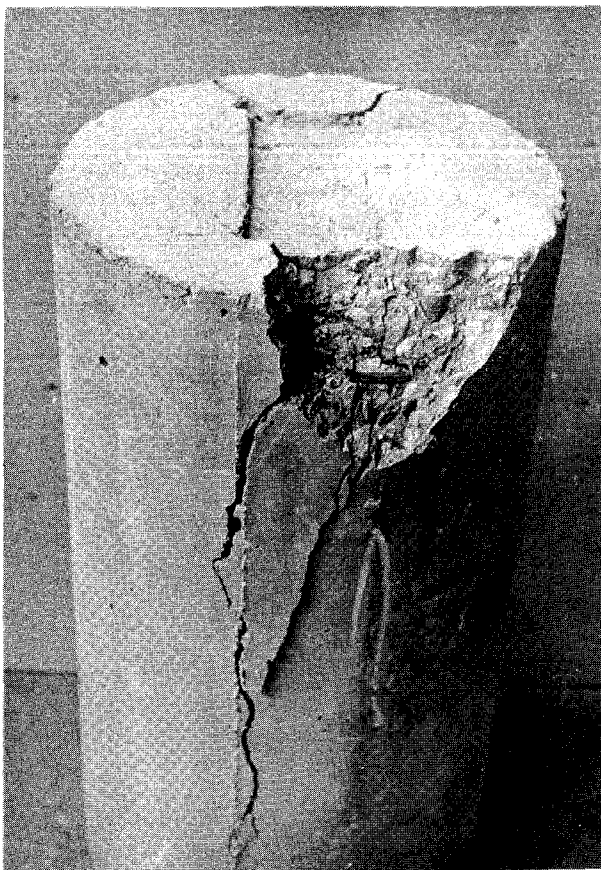
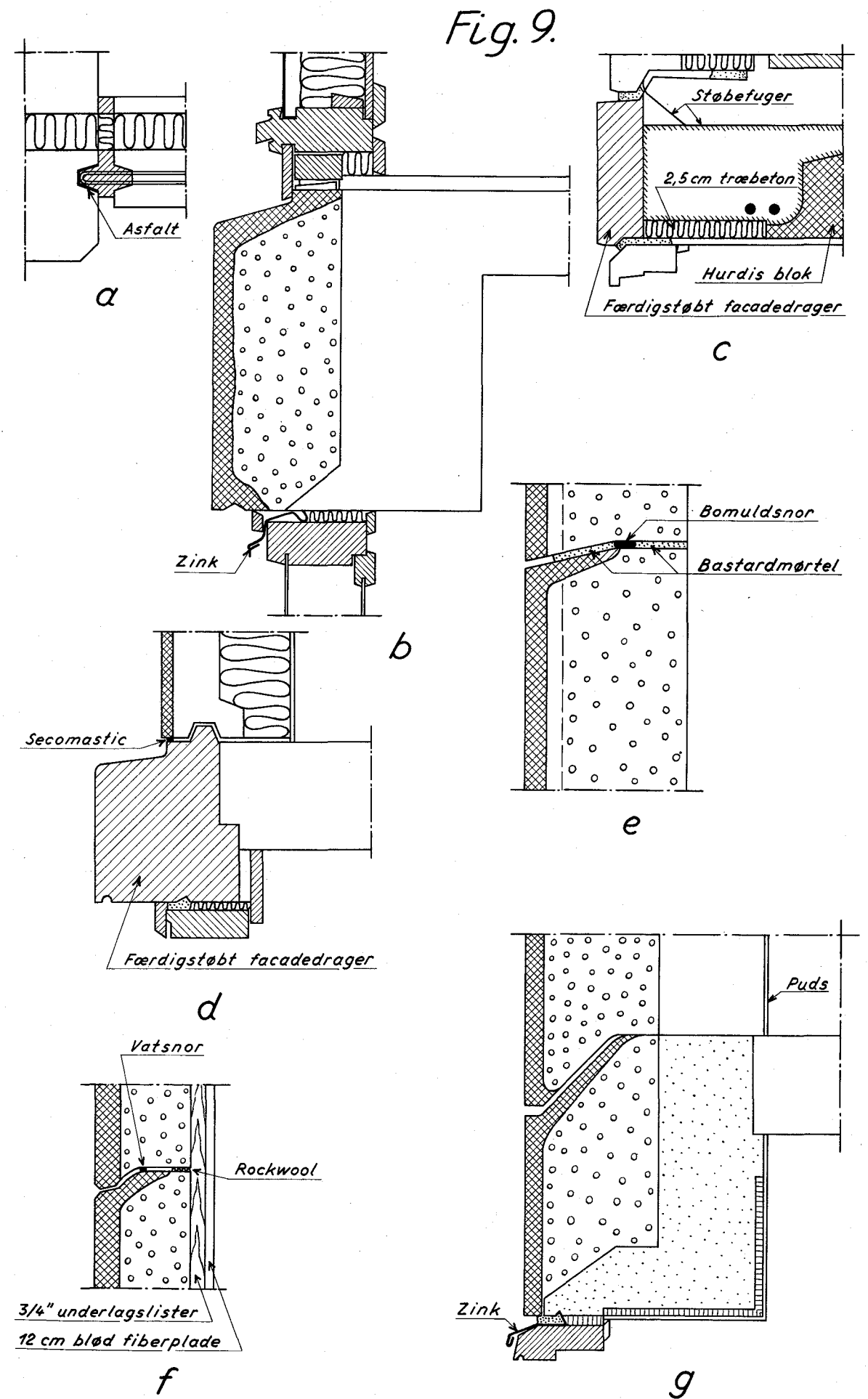


Fig. 7



Fig. 8



## DELTAGERFORTEGNELSE

ANDERSEN, W. BUCH  
murermester, Søndre Alle 3, Aarhus.

BLÅBJERG, J.A.  
ingeniør, Lystrupvej 50, Risskov, Aarhus.

BRUUN, PALLE  
civilingeniør, Bruun & Kildehøj A/S, Tøndervej 93, Kolding.

CHRISTIANSEN, N.C.  
ingeniør, fa. Ove Schrøder, Dr. Margrethesvej 71, Aarhus.

DITLEFSEN, S.  
murermester, Munkegade 17, Aarhus.

FALK, C.P.  
civilingeniør, Kalk- & Teglværkslaboratoriet, Aarhus.

GRAVESEN, LARS C.  
civilingeniør, fa. Højgaard & Schultz, Ewaldsgade 9, N.

HOLST, H.H.  
civilingeniør, Rådhuset, Aarhus.

JENSEN, AAGE KUDAHL  
murermester, Højriisvej 14, Risskov, Aarhus.

JENSEN, ARNO  
civilingeniør, fa. Larsen & Nielsen, Industri-svinget 2, Glostrup.

KAMPMANN, O.  
civilingeniør, Statens Byggeforskningsinstitut.

KARNOW, HANS H.  
civilingeniør, Kirketorvet, Vejle.

KILDEHØJ, H.  
ingeniør, fa. Bruun & Kildehøj, Tøndervej 93, Kolding.

KIRCHHEINER, C.C.  
civilingeniør, fa. K. Hindhede, Rosenørns alle 18, V.

KJELDTSEN, MARIUS  
arkitekt, Boligministeriets Produktivitets-fondsudvalg, Nørregade 49, K.

KNUDSEN, VAGN ALF  
murermester, fa. Sinding & Knudsen, Søndergade 13, Aarhus.

KROGH, KNUD  
ingeniør, Jord- og Betonarbejdernes Cooperative Forretning, Paludan-Müllersvej 101, Aarhus.

KRAMER, HILMER B.  
murermester, Frederiksgade 1, Aarhus.

KRÖLL, KNUD  
arkitekt, Ørumsgade 44, Aarhus.

LARSEN, P. FUNDER  
arkitekt, Danmarksgade 17, Holstebro.

MADSEN, CHR.  
murermester, Mejlgade 72, Aarhus.

MIKKELSEN, ERIK  
ingeniør, Tårnbækvej 4, Aarhus.

NIELSEN, BØRGE  
direktør, A/S N.K. Nielsen & Co., Skanderborg-vej 120, Aarhus.

NIELSEN, J. INGEMANN  
ingeniør, fa. Manniche & Hartmann, Sønder Alle 4-6, Strib.

OKHOLM, K.S.  
civilingeniør, bygningsinspektør, Rådhuset, Aarhus.

OUGAARD, T.H.  
civilingeniør, fa. Rambøll & Hannemann, Spanien 19, Aarhus.

PARBO, K.H.  
civilingeniør, fa. Wright, Thomsen & Kier, Tordenskjoldsgade 21, Aarhus.

PEDERSEN, ASGER  
arkitekt, fa. Wilcken & Wulff, Tjørnevej 6, Risskov, Aarhus.

PEDERSEN, FRODE  
murermester, Kongevej 71, Viby, Jylland.

PEDERSEN, HENRY S.  
murermester, Spanien 15 A, Aarhus.

PEDERSEN, N. CHR.  
ingeniør, fa. Lock-Hansen & Søren Jensen, Fiskergade 1, Aarhus.

PEDERSEN, SVEND  
civilingeniør, I/S Elcooby, Hadsundvej, Hobro.

PETERSEN, BENT  
civilingeniør, fa. Rambøll & Hannemann,  
Spanien 19, Aarhus.

POULSEN, H. CHR.  
murermester, Aarhus Murerlaug, Åboulevarden 47,  
Aarhus.

QVIST, ERIK  
ingeniør, Tårnbækvej 4, Aarhus.

RASMUSSEN, VINSKOV  
ingeniør, fa. Centrum, Fiskergade 1, Aarhus.

RAASCHOU, T.  
civilingeniør, konsulent, Boligministeriet.

RAASCHOU, G.  
civilingeniør, Dansk Aktieselskab Christiani &  
Nielsen, Ryesgade 23, Aarhus.

REDDERSEN, K.E.  
civilingeniør, Jysk Betonelementfabrik, Sonebjerg  
pr. Kolding.

SCHJØDT, R.  
dr. techn., Norges Byggeforskningsinstitut,  
Blindern, Oslo.

SØRENSEN, AAGE  
forretningsfører, Jord- og Betonarbejdernes  
Cooperative Forretning, Paludan-Müllersvej 101,  
Aarhus.

SØRENSEN, T. ELLEMOSE  
murermester, Aarhus Murerlaug, Åboulevarden 47,  
Aarhus.

THOMASSEN, B.H.  
overingeniør, Dansk Aktieselskab Christiani &  
Nielsen, Paludan-Müllersvej 101, Aarhus.

THOMSEN, S.  
ingeniør, fa. K.F.W. Askøe's efft., Park Alle 9,  
Aarhus.

THYBOE, E.  
murermester, Kathrinebjergvej 95, Aarhus.

WILCKEN, H.  
civilingeniør, fa. Wilcken & Wulff, Tjørnevej 6,  
Risskov, Aarhus.

### SBI anvisninger

er byggeforskningsens resultater i praktisk form til brug ved projektering og byggeri.  
Fortegnelsen omfatter kun anvisninger, der endnu ikke er udsolgt.

- 5: *Bedre varmeisolering er billigere*. 1950. 47 p. A<sub>4</sub>. Kr. 3,-.
- 6: *Fugt i nye huse*. Plakat til ophængning. 1949. 8. udg. 1957. A<sub>4</sub>. Kr. 5,- pr. 100 expl.
- 8: *Brug og valg af betonblandere*, Niels H. Krarup og K. Malmstedt-Andersen. 1951. 66 p. A<sub>5</sub>. Kr. 3,-.
- 10: *Kunstig belysning på byggepladser*, Jens Thorsen og Mogens Voltelen. 1951. 2. udg. 1953. 20 p. A<sub>5</sub>. Kr. 2,-.
- 11: *Omsætningsmål for trædimensioner*. 1951. 1 p. A<sub>4</sub>. Udsendt 1957 som DS 1002: Normaldimensioner på høvlet fyrretræ.
- 12: *Valg af dæk*, Fleming Nielsen. 1952. 48 p. A<sub>5</sub>. Kr. 2,-.
- 13: *Byggeprisens bestanddele beregnet ved et 3-etagers boligbyggeri i provinsen i april 1951*. 1952. 4. udgave 1957. 28 p. A<sub>5</sub>. Kr. 2,-.
- 14: *Forbedring af stalde, varmeisolering og ventilering*, Poul Becher og Vagn Korsgaard. 1952. 2. reviderede udgave 1955. 51 p. A<sub>5</sub>. Kr. 2,-.
- 15: *Dækforme i boligbyggeri*. 1955. 62 p. A<sub>5</sub>. Kr. 3,-.
- 16: *Mekanseret håndværktøj på byggepladsen*, Fleming Nielsen. 1955. 48 p. A<sub>5</sub>. Kr. 4,-.
- 17: *Betonstøbning om vinteren*, Poul Nerenst, Erik Rastrup og Gunnar M. Idorn. 1953. 108 p. A<sub>5</sub>. Kr. 8,-.
- 20: *Undgå fugt*. Folder til ophængning. 1954. 3 p. A<sub>5</sub>. 1 stk.: kr. 0,40. 100 stk.: kr. 25,-.
- 21: *Hvilket dæk?* Folder til ophængning. 1954. 20 p. A<sub>5</sub>. Kr. 2,50.
- 22: *Normalvinduer af træ*, Poul Kjærgaard. 1955. 128 p. A<sub>4</sub>. 10 stk. tillæg A<sub>4</sub>. Pris incl. tillæg: kr. 30,-. Excl. tillæg: kr. 22,-. Tillæg pr. stk. kr. 1,50.
- 23: *Vinterbyggeri*. Folder til ophængning. 1953. 16 p. A<sub>5</sub>. 1 stk.: kr. 1,-. 100 stk.: kr. 50,-.
- 24: *Udarbejdelse af instruks for varmemestre*, Poul Becher og Frederik Olsen. 1953. 16 p. A<sub>5</sub>. 1 stk.: kr. 2,-. 50 stk.: kr. 50,-.
- 25: *Simpelt regnskabsystem for murermestre*, Fleming Nielsen. 1954. 2. udgave 1956. 24 p. A<sub>5</sub>. Pris incl. prøvesæt af formularer i samlemappe kr. 5,-. Blokke med regnskabsblade til for- og efterkalkulation kan købes særskilt.
- 26: *Plan over byggepladsen*. 1956. 30 p. A<sub>5</sub>. Kr. 4,-.
- 27: *Vejledning i betondekontrol*. 1956. 122 p. A<sub>5</sub>. Kr. 12,-.
- 28: *Bygningsfundering*, ved Geoteknisk Institut. 1955. 82 p. A<sub>5</sub>. Kr. 4,-.
- 29: *SBI betonberegner*, Poul Nerenst og Johannes Landbo. 1955. Plasticskyder med tilhørende vejledning. A<sub>4</sub> og A<sub>5</sub>. Kr. 4,-.
- 30: *Bestagelister til normalvinduer af træ*, Klaus Blach og Johannes Brixen. 1956. 28 p. A<sub>5</sub>. Kr. 4,-.
- 31: *Mobleringsplaner*, ved »Byggebogen«. 1956. 24 p. A<sub>5</sub>, med indlagte fortegninger i mål 1 : 100, 4 ark A<sub>5</sub>. Kr. 4,-.  
Fortegninger i mål 1 : 50, 4 ark A<sub>5</sub>, kan købes særskilt for kr. 4,- pr. sæt.
- 32: *Tårnkraner ved traditionelt boligbyggeri*, John Brøndum Hillers. 1956. 78 p. A<sub>5</sub>. Kr. 4,-.
- 33: *Luftindblandet beton*, Erik V. Meyer. 1955. 32 p. A<sub>5</sub>. Kr. 2,50.
- 34: *Byggeriets modul-ABC*, SBI's modulkomité ved Edvard Heiberg. 1957. 36 p. A<sub>5</sub>. Kr. 4,-.
- 35: *Teglprodukter*. 1956. 105 p. A<sub>5</sub>. Kr. 8,-.
- 36: *Rudestørrelser*. Folder til ophængning. 1956. 14 p. A<sub>5</sub>. Kr. 4,-.
- 37: *Udvendig pudt på letbeton*. Folder. 1957. 8 p. A<sub>5</sub>. Gratis.

Alle instituttets publikationer kan købes gennem boghandlerne eller hos Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 31, København V. BY. 9288.

TEGN ABONNEMENT - ring BY 9288 og De får fremtidig alle SBI anvisninger ind ad døren - med 25 pct. rabat og opkrævning en gang om året.

## SBI rapporter

er beretninger om selvstændige forskningsarbejder, som udføres for eller af instituttet, referater af byggetekniske møder afholdt af instituttet. m. m.  
Fortegnelsen omfatter kun rapporter, der endnu ikke er udsolgt.

- 1: *Økonomisk varmeisolering (Economical Heat Insulation)*, Poul Becher. 1949. 2. udgave 1950. 61 p. A<sub>4</sub>. Kr. 7,-.
- 11: *Mørteltilsætningsstoffer til brug ved vinterbyggeri (Mortar Admixtures for Winter Construction)*, Henry Dührkop. 1953. 40 p. A<sub>4</sub>. Kr. 3,-.
- 12: *Luflyd i beboelsesejendomme (Airborne Sound in Dwellings)*, Fritz Ingerslev og Jørgen Petersen. 1954. 40 p. A<sub>4</sub>. Kr. 7,-.
- 13: *Byggetiden ved 10 eenfamiliehuse (The Construction Time of 10 Single-family Houses)*. 1956. 53 p. A<sub>4</sub>. Kr. 12,-.
- 14: *Prøvning af tre kontinuerlige betonblandere (Testing of Three Continuous Concrete Mixers)*, Per Bredsdorff, Johannes Landbo, Poul Nerenst og Niels Munk Plum. 1956. 146 p. A<sub>4</sub>. Kr. 16,-.
- 15: *Trægitterspørfag til parcel- og rækkehusbyggeri*. 1956. 37 p. A<sub>4</sub>. Kr. 8,-.
- 16: *Nyere etageboligplaner. Plantypekatalog og forslag til planvurdering (Contemporary Plans of Flats. A Catalogue of Plans, with Suggested Criteria for Comparative Evaluation)*, Aage Dalgas Rasmussen og Finn Vedel-Petersen. 1956. 92 p. A<sub>4</sub>. Kr. 28,-.
- 17: *Projekterede spisepladser i etageboliger*, Grethe Meyer. 1956. 126 p. A<sub>4</sub>. Kr. 24,-.
- 18: *Økonomisk rørsolering (Economic Pipe Isulation)*, Poul Becher og Kristian Engelsen. 1957. 93 p. A<sub>4</sub>. Kr. 12,-.
- 19: *Problemer vedrørende installation og drift af oliefyrringsanlæg*, Otto Juel Jørgensen og Frederik Olsen. 1957. 48 p. A<sub>4</sub>. Kr. 12,-.

## SBI studier (serien afsluttet 1956)

er en blandet publikationsrække, der spænder fra litteraturgengivelser og diskussioner til forskningsprogrammer, foreløbige beretninger og lignende.  
Fortegnelsen omfatter kun studier, der endnu ikke er udsolgt.

- 11: *Brandtekniske fejl og mangler i bygninger*, H. Høeg. 1954. 20 p. A<sub>4</sub>. Kr. 3,-.
- 12: *Fejl ved projektering af centralvarmeanlæg*, Poul Becher. 1954. 2. udgave 1955. 38 p. A<sub>4</sub>. Kr. 3,-.
- 14: *Fejl og mangler i forbindelse med bygningsmaling*, Svend Andersen og H. K. Raaschou Nielsen. 1954. 2. udgave 1955. 30 p. A<sub>4</sub>. Kr. 3,-.
- 16: *Staldventilering - hvordan?* Hans R. Junge. 1955. 43 p. A<sub>5</sub>. Kr. 2,50.
- 17: *Bibliography on Winter Concreting*, Poul Nerenst. 1955. 16 p. A<sub>5</sub>. Kr. 1,50.
- 18: *Nyere betonforme*, Knud E. C. Nielsen. 1955. 68 p. A<sub>4</sub>. Kr. 4,-.
- 19: *Typisering af affaldsskakten*, Sven Lindholm. 1956. 49 p. A<sub>4</sub>. Kr. 12,-.
- 20: *Varmluftopvarmning af småhuse*, Niels Didriksen og Vagn Korsgaard. 1955. 3. udgave 1957. 38 p. A<sub>4</sub>. Kr. 8,-.
- 21: *Fejl og mangler ved teglstensmuroverk*, Henry Dührkop. 1956. 44 p. A<sub>4</sub>. Kr. 12,-.
- 22: *Fejl og mangler ved tagdækninger*, E. Frimand Klausen. 1955. 38 p. A<sub>4</sub>. Kr. 5,-.
- 23: *Røg fra centralvarmeskorstene*. 1956. 30 p. A<sub>4</sub>. Kr. 8,-.
- 24: *Problemer ved byggepladsledelse*, Bent Gregersen. 1956. 19 p. A<sub>4</sub>. Kr. 4,-.

PRIS KR. 8,—