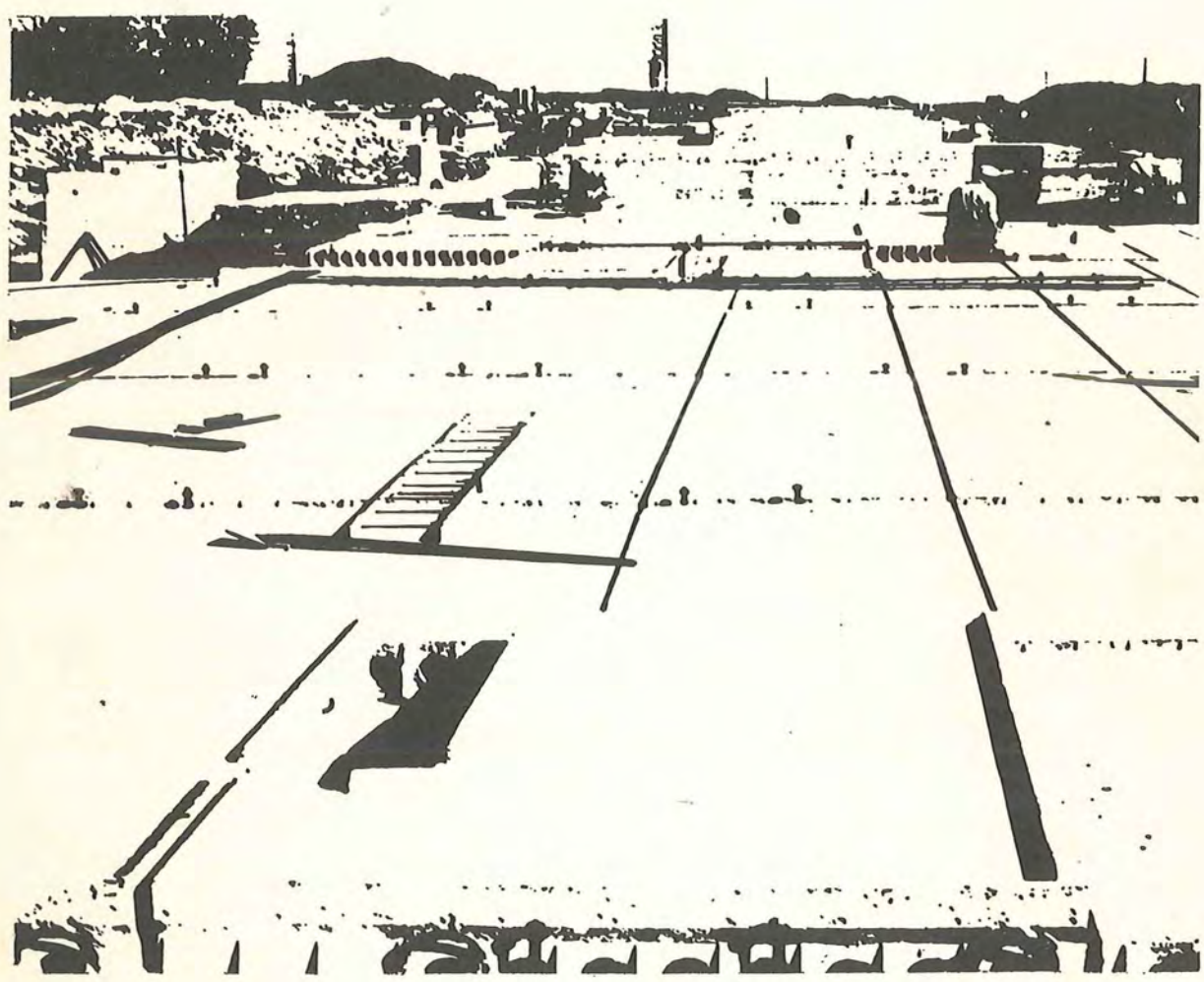


# DIAB husbygning



## Dækkonstruktioner

Frits B. Olesen

*Jhr. civilingeniør Johs. Munch-Peters*  
*Med venlig hilsen*  
*F. B. Olsen*

**TILHØRER**  
INSTITUT FOR BYGNINGER OG ENERGI  
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET  
JYS NR 017093

## 4: Dækkonstruktioner

## FORORD

Nærværende kompendium om dækkonstruktioner udgør kapitel 4 af en samlet serie på ialt ni kapitler om elementær husbygningsteknik, udarbejdet som grundbog for forelæsningerne på 3. halvår i faget husbygning ved Danmarks Ingeniørakademis Bygningsafdelinger i København og Aalborg.

Fremstillingen af stoffet er baseret på en analyse af funktionskravene, som må være det centrale i emnet udfra et ingeniørmæssigt synspunkt, og må ses i sammenhæng med HB 10: Elementær bygningsfysik, som forudsættes doceret forud for det her behandlede stof. Eksemplerne tjener kun til at illustrere det principielle i emnet og er alene udvalgt med henblik på at belyse, hvorledes funktionskravene er opfyldt ved et bredt udsnit af gængse dækkonstruktioner. Kompendiet er altså i første række en lærebog, men indeholder desuden en del håndbogsstof (dimensioneringsdiagrammer, lovbestemmelser, konstruktionsdetaller etc.), som selvfølgelig ikke doceres i fuldt omfang, men tjener til at give en sammenfattende fremstilling af emnet og dermed et vist overblik.

Tegningerne er udført af teknisk assistent, fru Ingrid Christensen, maskinskrivningen af fru Birte Torstveit, begge Bygningsafdelingen i Aalborg.

Aalborg, november 1969

Frits B. Olesen

>

INDHOLD

<u>4.1. GRUNDBEGREBER</u> .....	5
4.1.1. DEFINITION .....	5
4.1.2. DÆKTYPER .....	6
<u>4.2. FUNKTIONSKRAV</u> .....	10
4.2.1. STATISKE FUNKTIONSKRAV .....	10
Statisk system .....	10
Belastninger .....	12
Dimensionering .....	14
4.2.2. AKUSTISKE FUNKTIONSKRAV .....	33
Luftlydisolation .....	33
Trinlydisolation .....	37
Lydregulering og lyddæmpning .....	40
4.2.3. HYGROTERMISKE FUNKTIONSKRAV .....	44
Varmeisolering .....	44
Gulves termiske egenskaber .....	47
Fugtisolering .....	53
4.2.4. BRANDTEKNISKE FUNKTIONSKRAV .....	57
4.2.5. ANDRE FUNKTIONSKRAV .....	61
Slidstyrke .....	62
Kemisk modstandsdygtighed .....	64
Elektriske egenskaber .....	65
Renholdelsesegenskaber .....	66
<u>4.3. EKSEMPLER</u> .....	68
4.3.1. TRÆBJÆLKEDÆK .....	68
4.3.2. JERNBETONDÆK .....	72
4.3.3. BETONELEMENTDÆK .....	75
4.3.4. LETBETONELEMENTDÆK .....	79
4.3.5. HULTEGLDÆK .....	82
4.3.6. STÅLELEMENTDÆK .....	86
<u>4.4. LITTERATUR</u> .....	89

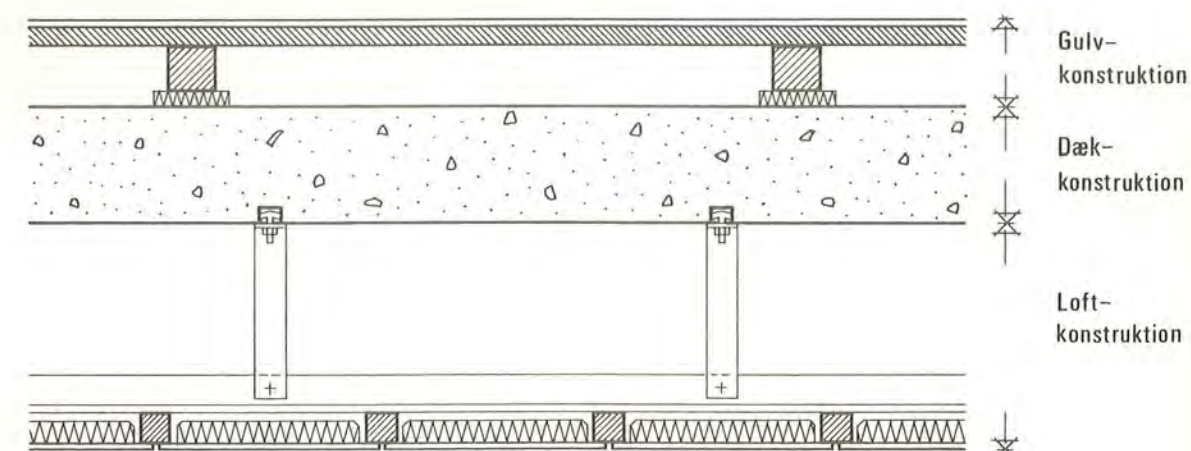
#### 4.1. GRUNDBEGREBER

##### 4.1.1. DEFINITION

Ved en dækkonstruktion forstås i husbygningsteknikken almindeligvis den bærende del af en etageadskillende konstruktion. Som vist på figur 4.01 er etageadskillelsen i princippet opbygget af 3 bestanddele

gulvkonstruktionen  
dækkonstruktionen  
loftkonstruktionen.

Ofte udgøres loftfladen dog af dækkets underside, således at loftkonstruktionen helt kan udelades; det samme gælder derimod sjældent gulvkonstruktionen, idet det alene på grund af den slitage, gulvet er udsat for, altid vil være nødvendigt at beskytte dækket med en eller anden form for gulvbelægning.

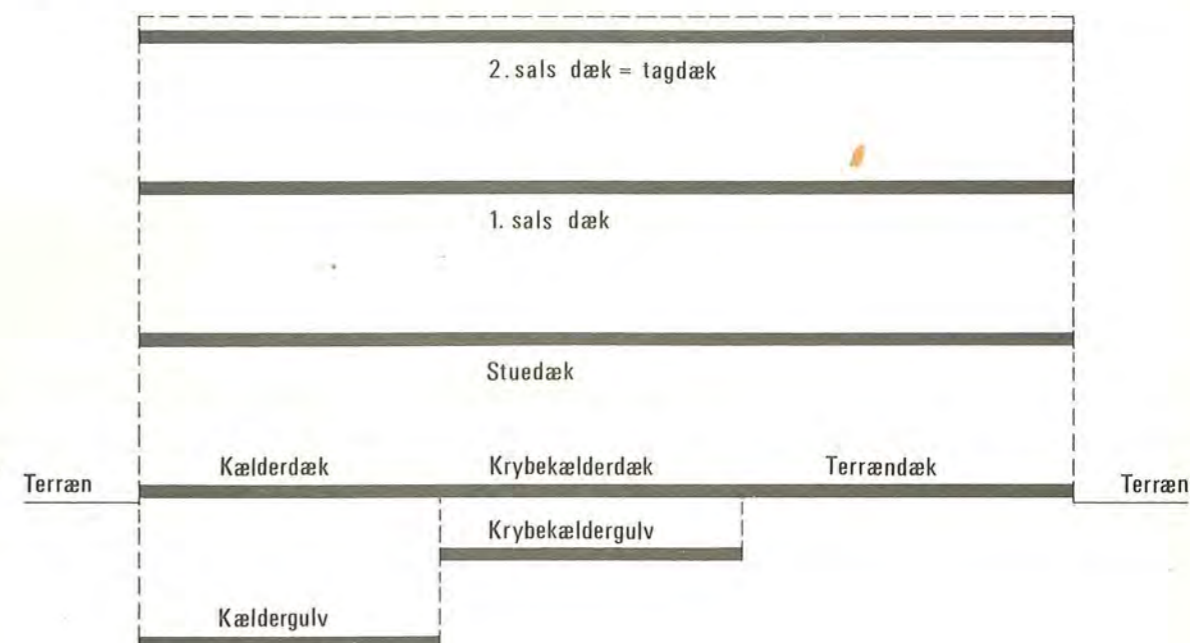


Figur 4.01: Etageadskillelse, lodret snit, 1:10

I det viste eksempel er dækkonstruktionen veldefineret, skønt det strengt taget ikke blot er jernbetondækket, der skal opfylde statiske funktionskrav (også til gulvet og loftet må der stilles styrke- og stivhedskrav); men i mange tilfælde kan det være vanskeligt at skelne skarpt mellem de tre bestanddele. Dette spiller imidlertid ingen rolle, når det som her drejer sig om at beskrive konstruktionens virkemåde, idet hele etageadskillelsen i henseende til funktionskravene i denne fremstilling betragtes som en helhed og behandles under eet. Vedrørende den praktiske udførelse af gulve og lofter henvises til HB 7.

#### 4.1.2. DÆKTYPEN

En dækkonstruktion benævnes dels efter sin placering, dels efter sin konstruktive udformning. Efter sin placering benævnes dækket efter den etage, det overdækker, d.v.s. kælderdækket er dækket over kælderen, stuedækket er dækket over stueetagen, etc., som skematisk vist på figur 4.02. Dækket over øverste etage benævnes tillige tagdæk, og et dæk opbygget direkte på jord benævnes terrændæk; specielle terrændæk er kældergulve og krybekældergulve. Terrændæk behandles særskilt i HB 2.

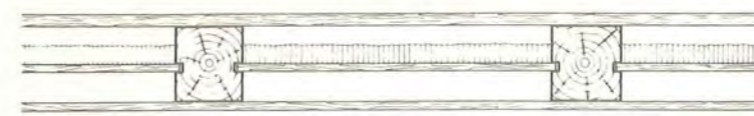


Figur 4.02: Dækbetegnelser

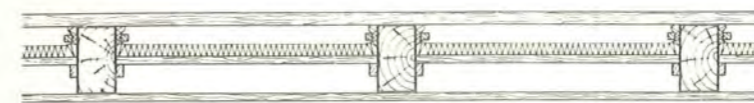
Ved benævnelse efter konstruktiv udformning skelnes mellem

trædæk (træbjælkelag)  
 ståldæk  
 jernbetondæk  
 spændbetondæk  
 letbetondæk  
 tegldæk.

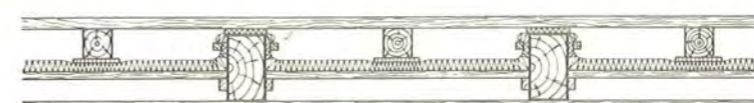
Udover disse rene konstruktionsformer forekommer en lang række varianter ved kombination af grundtyperne, som det fremgår af eksemplerne i figurerne 4.03 - 4.07.



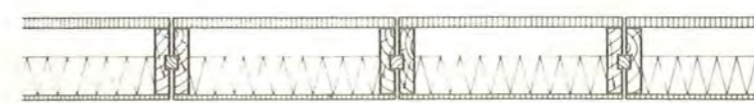
**A. Heltømmerdæk** 125 kg/m<sup>2</sup>  
 5/4" gulvbrædder  
 7x8" bjælker pr 100 cm  
 5cm lerindskud  
 1" indskudsbrædder i net  
 1" forskallingsbrædder



**B. Halvtømmerdæk** 50 kg/m<sup>2</sup>  
 1" gulvbrædder  
 4x7" bjælker pr 80 cm  
 25mm mineraluldindskud  
 3/4" indskudsbrædder på lister  
 3/4" forskallingsbrædder



**C. Svømmende træbjælkedæk** 60 kg/m<sup>2</sup>  
 1" gulvbrædder  
 3x3" strøer pr 80 cm  
 4x7" bjælker pr 80 cm  
 25mm mineraluldindskud  
 1" indskudsbrædder på lister  
 3/4" forskallingsbrædder



**D. Træelementdæk** 45 kg/m<sup>2</sup>  
 22 mm spånplade  
 1 1/2 x 7" rammeplanker  
 100 mm mineraluld  
 10 mm træfiberplade



**E. Stressed skin - elementdæk** 25 kg/m<sup>2</sup>  
 16 mm krydstiner  
 1 1/2 x 5" rammer og afstivning  
 12 mm krydstiner

Figur 4.03: Trædæk, snit 1:20



**A. Stålbjælkedæk** 135 kg/m<sup>2</sup>  
 5/4" gulvbrædder  
 I NP16 pr 100 cm  
 2x9" flangetræ pr 100 cm  
 5 cm lerindskud  
 1" indskudsbrædder  
 1" forskallingsbrædder

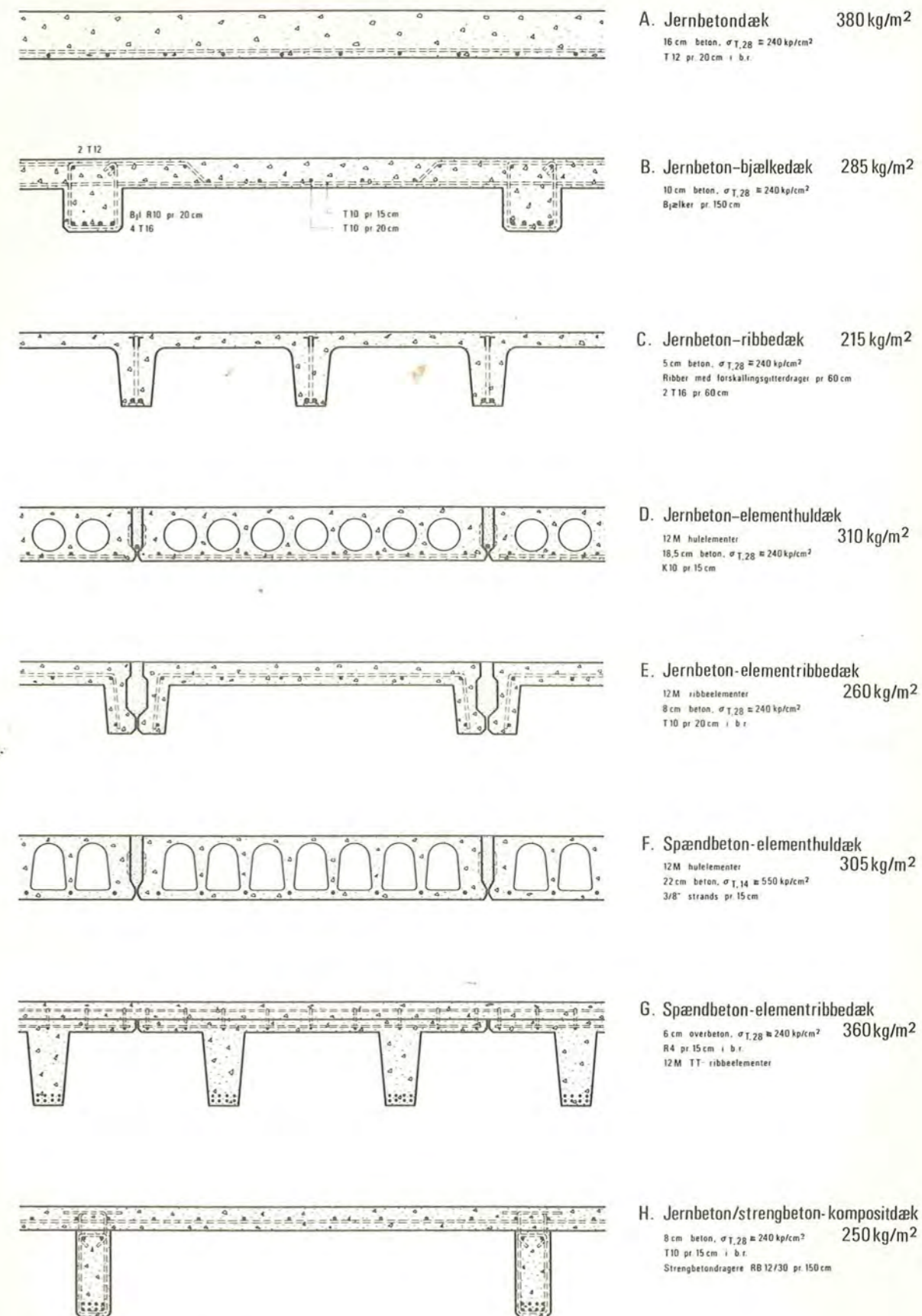


**B. Stålelementdæk** 250 kg/m<sup>2</sup>  
 5 cm overbeton, σ<sub>T,28</sub> = 240 kp/cm<sup>2</sup>  
 Korrugerede stålpladelementer



**C. Stål/jernbeton - kompositdæk** 210 kg/m<sup>2</sup>  
 8 cm beton, σ<sub>T,28</sub> = 240 kp/cm<sup>2</sup>  
 R10 pr.15cm i b.t.  
 I PE 200 pr.120 cm

Figur 4.04: Ståldæk, snit 1:20

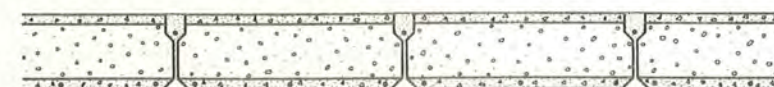


Figur 4.05: Jernbeton- og spændbetondæk, snit 1:20





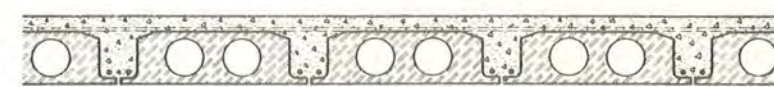
A. Porebeton-elementdæk  
20 cm porebeton,  $\gamma = 600 \text{ kg/m}^3$  120 kg/m<sup>2</sup>  
3 R10 pr. 60 cm



B. Klinkerbeton-elementdæk  
2 cm beton,  $\sigma_{T,28} = 240 \text{ kp/cm}^2$  195 kg/m<sup>2</sup>  
15 cm klinkerbeton,  $\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$   
3 cm beton,  $\sigma_{T,28} = 240 \text{ kp/cm}^2$   
3 T8 pr. 60 cm



C. Klinkerbeton-hulblokdæk  
5 cm overbeton,  $\sigma_{T,28} = 240 \text{ kp/cm}^2$  250 kg/m<sup>2</sup>  
R10 pr. 25 cm  
Klinkerbetonhulblokke  
Jernbetonbjælker pr. 60 cm



D. Spånbeton-hulblokdæk  
4 cm overbeton,  $\sigma_{T,28} = 240 \text{ kp/cm}^2$  210 kg/m<sup>2</sup>  
R10 pr. 25 cm på tværs  
2 T14 pr. 50 cm på langs  
Spånbetonhulblokke

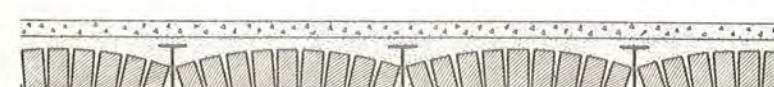
Figur 4.06: Letbetondæk, snit 1:20



A. Hultegdæk 280 kg/m<sup>2</sup>  
Teglhulblokke  
T12 pr. 25 cm  
Beton,  $\sigma_{T,28} = 240 \text{ kp/cm}^2$



B. Ståltegdæk 300 kg/m<sup>2</sup>  
Beton,  $\sigma_{T,28} = 240 \text{ kp/cm}^2$   
Teglhulblokke pr. 47,5 cm  
Ståltegplaner pr. 47,5 cm



C. Teglbuedæk 400 kg/m<sup>2</sup>  
4 cm beton,  $\sigma_{T,28} = 180 \text{ kp/cm}^2$   
Sand  
I NP 15 pr. 60 cm  
1/2 st. teglstik i cementmørtel

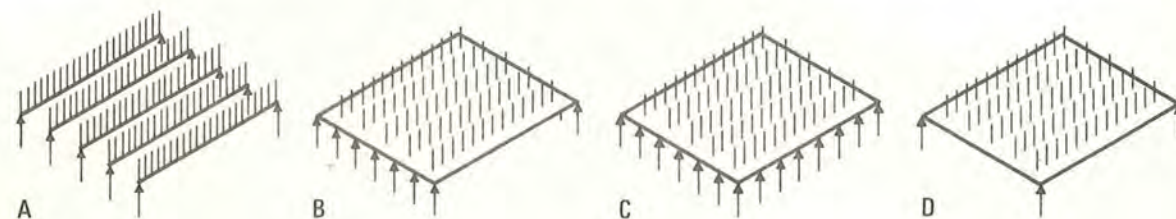
Figur 4.07: Tegldæk, snit 1:20

## 4.2. FUNKTIONSKRAV

### 4.2.1. STATISKE FUNKTIONSKRAV

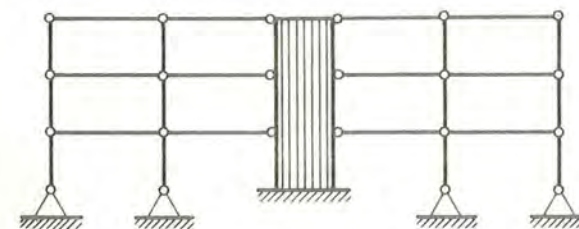
#### Statisk system

Dækkonstruktionens primære statiske funktion er at føre den på dækket virkende lodrette last, d.v.s. dækkets egenvægt, den øvrige hvilende belastning samt nyttelasten, til vederlagene. Under udøvelsen af denne funktion vil dækket almindeligvis være påvirket til bøjning og forskydning, enten som plan konstruktion (bjælke eller enkeltspændt plade) eller som rumlig konstruktion (dobbeltpændt plade), som skematisk vist på figur 4.08. Understøtningerne er for bjælkerne punktunder-



Figur 4.08: Dækkonstruktioner, statisk system for lodret belastning

støtninger (A), for enkeltspændte plader linieunderstøtninger (B), men for dobbeltpændte plader kan der være tale om såvel linieunderstøtninger (C) som punktunderstøtninger (D). Alt efter udformningen af det statiske system som helhed kan der ved understøtningerne være tale om simple understøtninger eller om geometrisk eller statisk indspænding. I specielle tilfælde kan der være anledning til at tage hensyn til understøtningernes eftergivelse. De forskellige understøtningsforholds indflydelse på dækkets statiske virkemåde overfor



Figur 4.09: Dækkonstruktioner som afstivningsstænger

lodret last er belyst i eksemplerne i det følgende.

Udover den primære funktion at optage lodrette kræfter vil dækkonstruktionen ofte have til opgave at indgå i det statiske hovedsystem som afstivende konstruktionselement, eksempelvis som vist

i figur 4.09, hvor dækket udgør de "træk- og trykstænger", der fastholder de lodrette konstruktionsdele (søjlers og vægges) understøtningspunkter etagevis og overfører horisontale kræfter på disse konstruktionsdele til den afstivende konstruktion (f.eks. en vægskive), der er indspændt i fundamentet. Denne statiske funktion spiller sjældent nogen væsentlig rolle for spændingerne i dækket, sammenlignet med spændingerne fra de lodrette kræfter, men har selvfølgelig afgørende indflydelse på udformningen af samlingerne mellem dækket og de tilstødende konstruktionsdele.

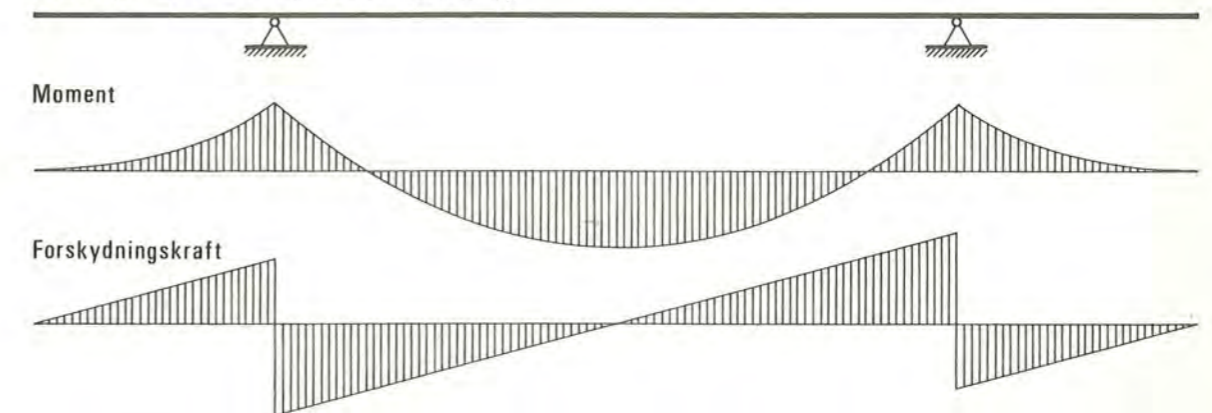
En mere betydende påvirkning på dækkonstruktionen hidrører fra de horisontale kræfter, dækket skal overføre, hvis det indgår i det statiske hovedsystem som skivekonstruktion, eksempelvis som vist i figur 4.10, hvor dækket i hver etage af

Horizontal belastning



Dæk, plan, 1:500

Mekanisk model for horisontal belastning

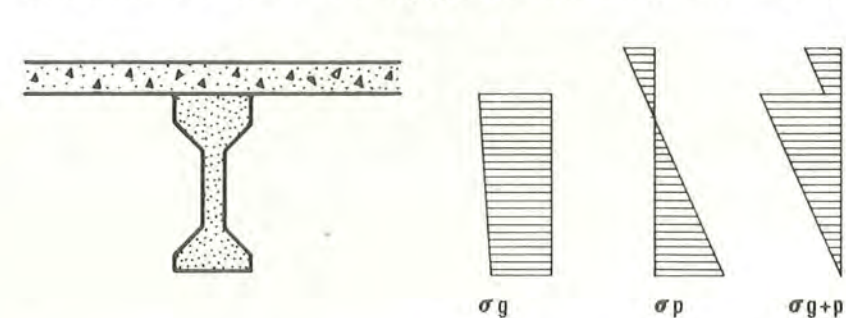


Figur 4.10: Dækkonstruktion som afstivningsskive

en bygning fungerer som den skive- eller bjælkekonstruktion, der alene skal overføre de horisontale kræfter på etagen til de to lodrette vægskiver i bygningens femtedelspunkter; søjlerne er forudsat udformet som pendulsøjler. For et monolitisk jernbetondæk vil den fornødne kantarmering let kunne arrangeres, men for et dæk af præfabrikerede elementer må der

træffes særlige foranstaltninger til at sikre disses samvirken som skive.

De i det foregående omtalte statistiske funktioner og hertil knyttede statistiske virkemåder angår de belastninger, dækkonstruktionen skal optage som bestanddel af det færdige bygværk. Hertil kommer imidlertid, at dækket i byggeperioden ofte vil være underkastet særlige vilkår, der fordrer en helt anden statistisk virkemåde end i færdig tilstand. Således vil eksempelvis jernbetonelementdæk ofte under montagen være simpelt understøttede og efter udstøbning af fugerne fungere som kontinuert dæk. Et hyppigt anvendt konstruktionsprincip er



det på figur 4.11 viste, hvor bjælkerne er anordnet således, at de foruden egenvægten kan bære vægten af dækket og hertil

Figur 4.11: Spændinger i sammensat tværsnit

hørende støbeform ( $\sigma_g$ ). Efter at dækket er afbundet, indgår det som trykflange i det sammensatte tværsnit, der for den øvrige belastning får spændingerne  $\sigma_p$ , således at de resulterende spændinger bliver  $\sigma_{g+p}$ . Princippet er anvendt i eksemplerne figur 4.04 C, 4.05 G, 4.05 H og 4.06 C. En særlig teknik er benyttet i eksemplet figur 4.05 C, hvor armeringen er anordnet som stive gitterdragere, der under udstøbningen bærer såvel beton som støbeform.

#### Belastninger

De belastninger, der har størst betydning for dækkonstruktionens styrke- og stivhedsforhold, er den hvilende belastning og nyttelasten. Udover disse vil under visse omstændigheder de øvrige belastninger, som påvirker bygningen som helhed, vindbelastning, jordtryk, temperaturvariationer etc., også påvirke dækkonstruktionerne - afhængigt af, hvordan disse indgår i det statistiske hovedsystem, jvf. det foregående. Vedrørende disse belastninger samt den hvilende belastning henvises til HB 10, artikel 10.1.4. Her skal kort anføres de

principielle retningslinier for fastsættelsen af nyttelasten på dækkonstruktioner.

Nyttelasten på den enkelte dækkonstruktion må principielt fastsættes ved beregning af vægten af de personer, inventar-genstande, bygningsdele etc., som under ugunstigste omstændigheder kan tænkes anbragt på dækket; (genstande, som med sikkerhed kan regnes at være permanent tilstede, indregnes i den hvilende belastning). I almindelighed er det selvfølgelig uoverkommeligt at beregne, hvilke belastninger der faktisk kan optræde på et dæk; nyttelasten må fastsættes som passende gennemsnitstal, som dels er på den sikre side, dels nogenlunde realistiske. Ifølge de herhjemme gældende belastningsforskrifter (DS 410 med tillæg af 17.12.1959) kan der - hvis ikke rigtigere værdier påvises - regnes med følgende normtal:

m<sup>2</sup>-belastninger:

i boliger og hospitalsværelser samt som regel i tagetager	150 kp/m <sup>2</sup>
i kontorer og mindre butikker	200 "
i loftsrum (i ringe grad belastede)	100-150 "
i skoleværelser	300 "
i stormagasiner, automobiludstillings- lokaler, kirker og teatre samt gymna- stik- og forsamlingsale	400 "
i automobilværksteder og i almindelig- hed i garager	500 "
i parkeringshuse for personbiler	≥ 250 "
på interne (ikke offentligt tilgængelige) trapper	150 "
på trapper til lokaler, hvor nytte- lasten ≤ 300 kp/m <sup>2</sup>	300 "
på andre trapper	400 "
på altaner og balkoner	400 "
i gårde uden indkørsel	300 "
i gårde med indkørsel	500 "
på terrasser og flade tage	≥ 200 "

} incl. snelast

Akseltryk:

Hvis akseltryk fra biler, transportvogne, gaffeltrucks

etc. påvirker dækket eller dele af det farligere end de anførte  $m^2$ -belastninger, må der tages hensyn hertil ved dimensioneringen. For personbiler regnes med akseltrykket 1,5 Mp, i alle andre tilfælde med 7 Mp, begge dele incl. stødtillæg.

#### Maskinopstillinger:

For dæk med permanent opstillede maskiner etc. regnes med vægten af disse. På de mellemliggende frie arealer ansættes nyttelasten efter den faktisk forekommende last, dog mindst  $150 \text{ kp/m}^2$ .

#### Lagerbygninger etc.:

Nyttelasten ansættes som den maksimale vægt af de oplagrede stoffer; DS 410, § 8, angiver for en lang række stoffer, hvilke rumvægte der normmæssigt kan regnes med. For de mellemliggende frie arealer fastsættes nyttelasten under hensyn til bl.a. det forekommende transportmateriel. (Svenske belastningsforskrifter, Svensk Bygg Norm 67, ansætter  $400 \text{ kp/m}^2$  som minimumnyttelast i industri- og lagerlokaler).

#### Skillevægge:

Nyttelast hidrørende fra skillevægge på dækket kan føres i regning som en jævnt fordelt ækvivalentbelastning efter følgende retningslinier:

<u>Skillevægges vægt</u>	<u>Ækvivalentbelastning på dæk</u>
$\leq 100 \text{ kg/m}^2$ vægflade	$100 \text{ kp/m}^2$
$100-150 \text{ kg/m}^2$ vægflade	$150 \text{ kp/m}^2$
$q_{\text{middel}} > 150 \text{ kg/m}^2$ dækflade	$q \text{ kp/m}^2$
$> 400 \text{ kg/lbm}$ væg	ifølge beregning

#### Dimensionering

På grundlag af belastningsansættelsen foretages dimensioneringen af dækket udfra såvel styrke- som stivhedskriterier. Ifølge det herhjemme gældende lovgrundlag er der kun for træ- og stålkonstruktioner fastsat stivhedskriterier; det er dog klart, at også støbte dæk rummer stivhedsproblemer, ikke mindst langtidsdeformationerne, som det ved praktiske dimensioneringsopgaver er nødvendigt at tage hensyn til.

I det følgende er givet en række eksempler på dimensionering af dækkonstruktioner og i tilknytning hertil optegnet diagrammer, som kan give et indtryk af, under hvilke omstændigheder (belastninger, spændvidder, understøtningsforhold etc.) de forskellige dæktyper er egnede.

#### Træbjælkelag

Træbjælkelag var tidligere stort set enerådende som dækkonstruktion, i særlige tilfælde dog ofte kombineret med stålkonstruktioner. Nutildags er de til langt de fleste formål fortrængt af andre dæktyper, hovedsagelig ikke-brændbare, og anvendes nu næsten udelukkende i eenfamiliehuse og tilsvarende lavt byggeri.

Som konstruktionstræ anvendes almindeligvis nordisk gran eller fyr af sorteringsklasse "grovsorteret konstruktionstræ", der i henhold til DS 413, 2. udgave, for belastningsgruppe A og fugtighedsklasse I har en nominel bøjningsstyrke  $s_{Mn} = 110$   $\text{kp/cm}^2$  og elasticitetsmodul  $E_{On} = 70.000$   $\text{kp/cm}^2$ . I det følgende er givet et eksempel på opstilling af et dimensioneringsdiagram for simpelt understøttede træbjælkelag, udvisende afhængigheden mellem spændvidde  $L$  og bjælkeafstand  $a$  for forskellige tømmerdimensioner.  $a$  sættes normalt  $\frac{1}{2}$ -1 meter, afhængigt af gulvets dimension; for 1" gulv (22 mm) vælges  $a$  mellem 0,50 og 0,80 meter, for  $5/4$ " gulv (28 mm) og derover vælges  $a$  normalt mellem 0,60 og 1,00 meter. I eksemplet regnes med en given belastning svarende til eenfamiliehuse (etageadskillelsens egenvægt 80  $\text{kp/m}^2$ , lette skille vægge 100  $\text{kp/m}^2$ , nyttelast 150  $\text{kp/m}^2$ ).

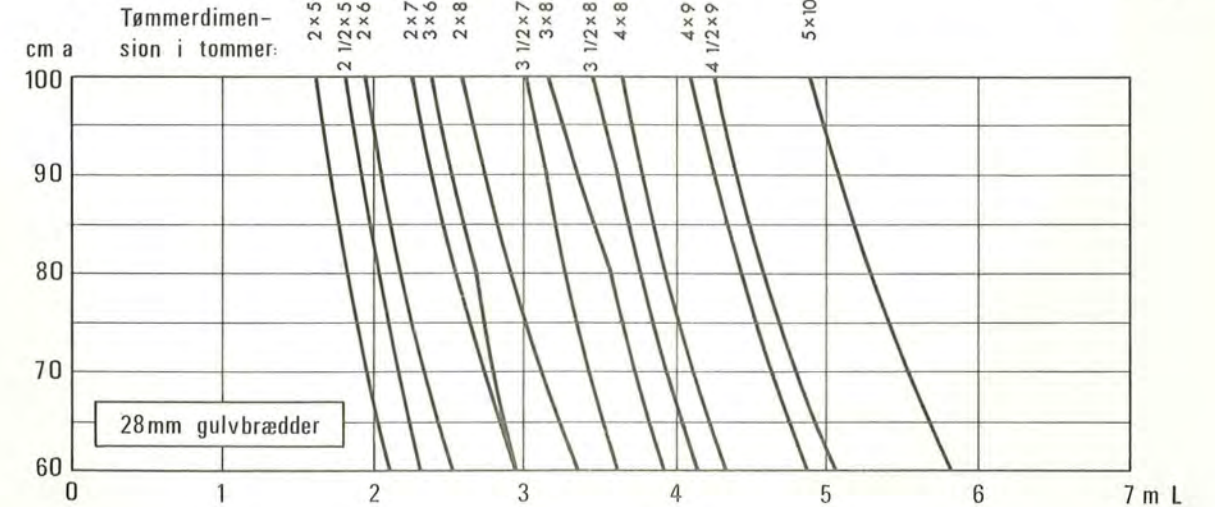
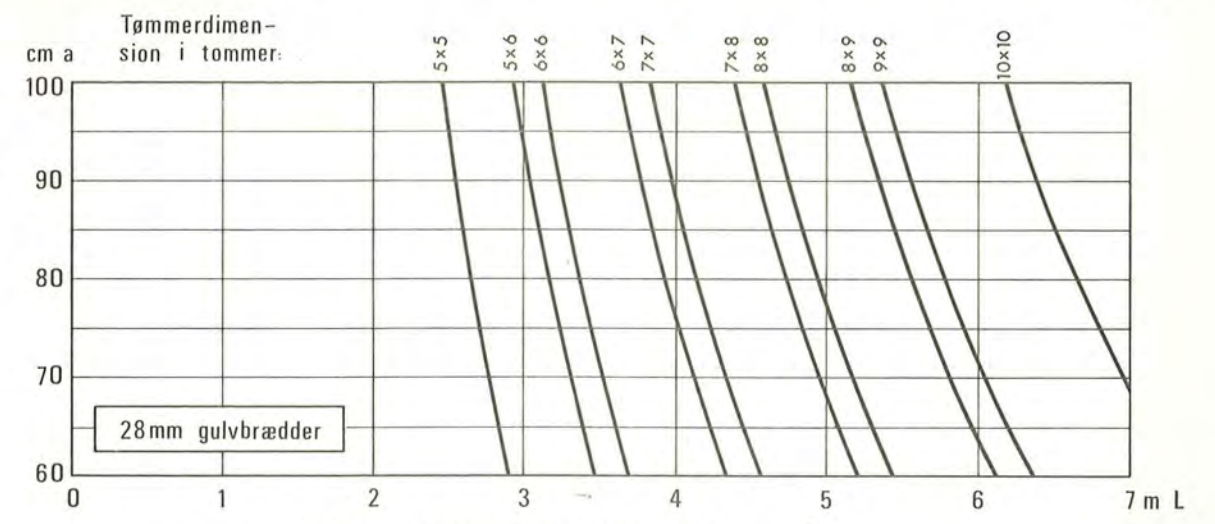
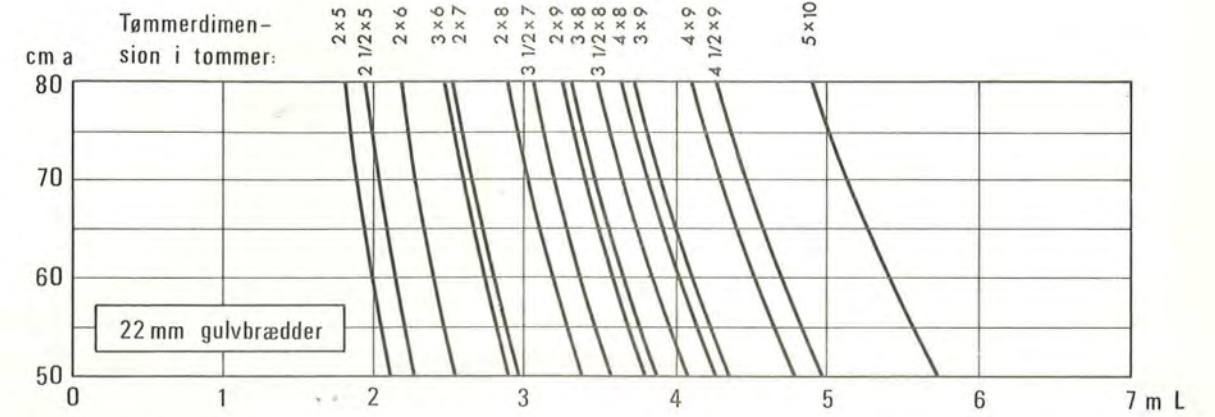
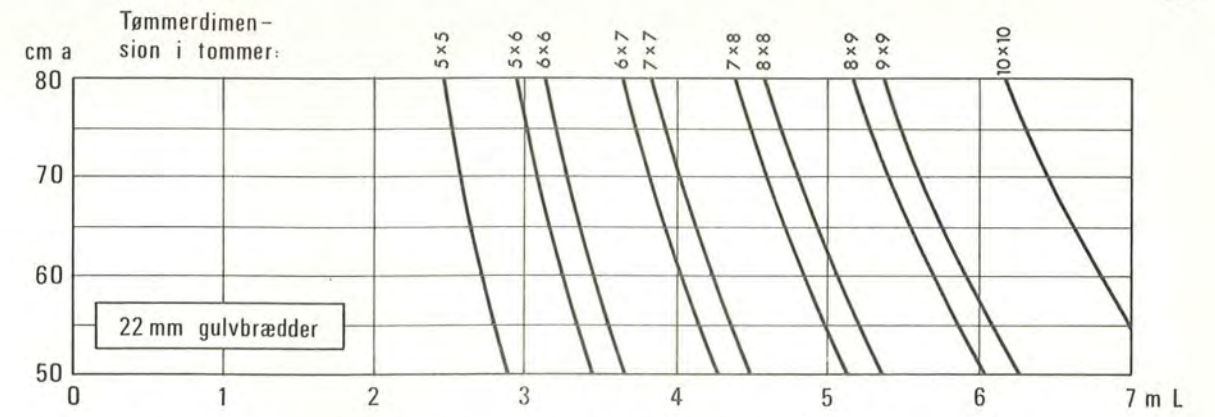
Dimensioneres på grundlag af styrken, fås med bjælketværsnit  $b \cdot h$

$$s_{Mn} \cdot W = 110 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{6} \cdot h^2 b = M = \frac{1}{8} (80 + 1,3 \cdot 100 + 1,5 \cdot 150) \cdot a \cdot L_s^2$$

hvoraf 
$$L_s = \sqrt{h^2 \cdot \frac{b}{a} \cdot 3370}$$

Dimensioneres på grundlag af stivhedskravet, at  $u_{\max}^P$  skal være  $< L/500$ , fås

$$u_{\max}^P = \frac{5}{384} \cdot \frac{150 \cdot a \cdot L^4}{10^4 \cdot 70000 \cdot b \cdot h^3 \cdot 1/12} \leq \frac{L}{500}$$



Figur 4.12: Dimensioneringsdiagrammer for træbjælkelag



$$\text{hvoraf} \quad L(28) = \sqrt[3]{h^3 \cdot \frac{b}{a} \cdot 60000}$$

Dette stivhedskrav gælder for træbjælkelag med gulvbrædder af 5/4" (28 mm) tykkelse eller derover (jvf. DS 413, pkt. 5.2.0). For 1" gulvbrædder (22 mm) må stivhedskravet til bjælkelaget skærpes ( $u_{\max}^p < \frac{L}{625}$ ), hvoraf fås

$$L(22) = \sqrt[3]{h^3 \cdot \frac{b}{a} \cdot 48000}$$

For en bestemt bjælke dimension  $b \cdot h$  og bjælkeafstand  $a$  fås altså den maksimale spændvidde som

$$\text{Minimum} \begin{cases} \sqrt{h^2 \cdot \frac{b}{a} \cdot 3370} \\ \sqrt[3]{h^3 \cdot \frac{b}{a} \cdot 60000} \end{cases} \quad \text{for } 5/4" \text{ gulvbrædder}$$

$$\text{Minimum} \begin{cases} \sqrt{h^2 \cdot \frac{b}{a} \cdot 3370} \\ \sqrt[3]{h^3 \cdot \frac{b}{a} \cdot 48000} \end{cases} \quad \text{for } 1" \text{ gulvbrædder}$$

Figur 4.12 viser sammenhængen mellem  $L$  og  $a$  for en række gængse tømmerdimensioner. Se tillige litt. [1967.2].

#### Massive jernbetondæk

Til langt de fleste formål anvendes til pladsstøbte dækkonstruktioner en beton af relativ beskeden trykstyrke (almindeligvis  $\sigma_{T,28} \geq 240 \text{ kp/cm}^2$ ), for det første fordi den reduktion af konstruktionshøjden, der vil kunne opnås ved at anvende en stærkere beton, er for ubetydelig til at kunne modsvare fordyrelsen af betonen og den forøgede armeringsmængde, for det andet fordi såvel reducerede tværsnitsdimensioner som forøgede betonspændinger giver forøgede blivende deformationer, et forhold, der netop for dækkonstruktioner giver anledning til særlige problemer. Det skal dog tilføjes, at der i specielle tilfælde (meget høje bygninger, vanskelige funderingsforhold) kan være anledning til at søge bygningens totalvægt reduceret mest muligt; i så fald må dimensionerne selvfølgelig minimaliseres, eller der kan blive tale om at anvende en speciel let beton, f.eks. exler-beton.

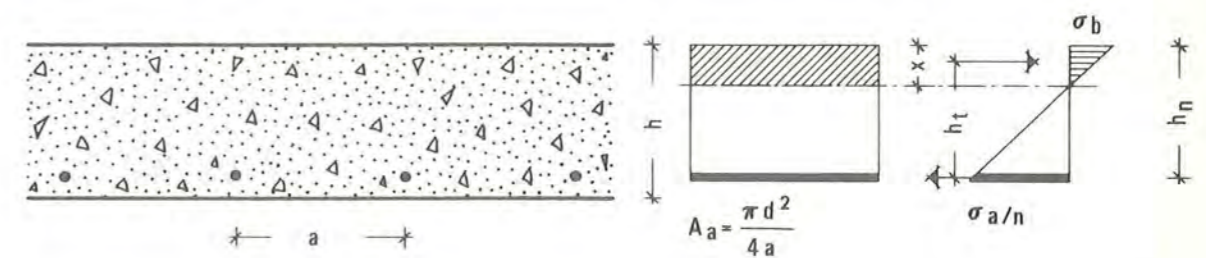
Til armering af dækkonstruktioner er de herhjemme mest anvendte ståltyper rundjern, kamstål og tentorstål, der har følgen-

de egenskaber (spændinger i  $\text{kp/cm}^2$ )

Ståltype	Symbol	$\sigma_B$	$\sigma_F$	$r_j$ (indv.)	$r_j$ (udv.)
Rundjern	R	3700	-	1300	1300
Kamstål	K	-	4200	2100	2100
Tentorstål (6-8 mm)	T	-	5200	2600	2500
Tentorstål ( $\geq 10$ mm)	T	-	5600	2800	2500

De anførte tilladelige spændinger svarer til kontrol efter klasse B (jvf. DS 411); ved kontrol efter klasse A kan  $r_j$  forøges med 5 %.

Den nødvendige tværsnitshøjde og armeringsgrad beror selvfølgelig på de optrædende snitkræfter og fastsættes normalt således, at tværsnittet bliver underarmeret, altså med mindre armering end svarende til balanceret tværsnit ( $\sigma_a/\sigma_b = r_a/r_b$ ), dog sædvanligvis ikke under 0,2 % af tværsnitsarealet. Regnes såvel beton som armering idealelastisk, og  $n = E_a/E_b$ , fås den til en bestemt værdi af  $r_b/r_a$  svarende armeringsprocent  $\phi = 100 \cdot A_a/h_n$  for balanceret tværsnit af



Figur 4.13: Rektangulært jernbetontværsnit, snit og spændingsdiagram

$$\frac{r_a}{r_b} = \frac{\sigma_a}{\sigma_b} = n \cdot \frac{x}{h_n - x}$$

$$\frac{x}{2} \cdot \sigma_b = \sigma_a \cdot A_a = \sigma_a \cdot h_n \cdot \phi / 100,$$

hvoraf

$$\phi_{bal} = \frac{50 \cdot (r_b/r_a)^2 \cdot n}{1 + n \cdot r_b/r_a}$$

For  $r_b = 75 \text{ kp/cm}^2$  og  $n = 15$  fås for de nævnte ståltyper

Rundjern	$\phi_{bal} = 1,344 \%$
Kamstål	$\phi_{bal} = 0,623 \%$
Tentorstål, 6-8 mm	$\phi_{bal} = 0,436 \%$
Tentorstål, $\geq 10$ mm	$\phi_{bal} = 0,385 \%$

Med lavere armeringsprocenter er det altså alene  $r_a$ , der er bestemmende for det moment, tværsnittet kan optage. Dette moment (pr. længdeenhed) fås umiddelbart af figur 4.13:

$$m = A_a \cdot r_a \cdot h_t = \frac{\pi d^2}{4 \cdot a} \cdot r_a \cdot h_n \left(1 - \frac{\beta}{3}\right),$$

hvor  $\beta$  ( $= x/h_n = \frac{n \cdot \phi}{100} (-1 + \sqrt{1 + \frac{200}{n \cdot \phi}})$ ), som det ses, alene afhænger af armeringsprocenten  $\phi$  og af  $n$  (jvf. litt. [1955.1]).

For en række gængse armeringsarrangementer er på figur 4.14 vist, hvorledes bæreevnen ( $m_{till.}$ ) afhænger af tværsnittets højde  $h$ , der her er sat  $= h_n + 2$  cm.

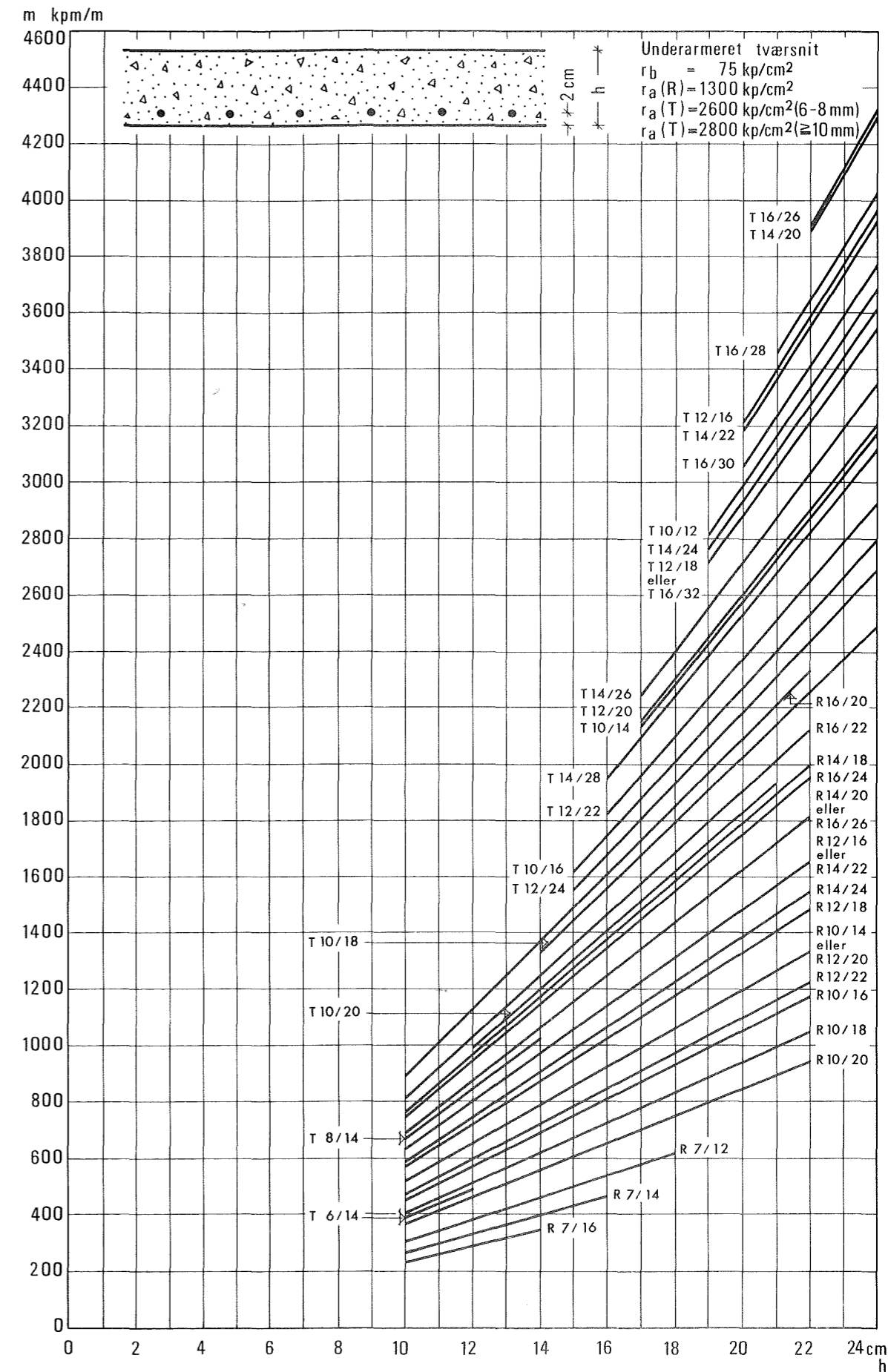
De her anførte beregninger er baseret på elasticitetsteorien, der - som det ses - giver ret komplicerede udtryk. Simplere er det at anvende en brudstadietberegning, se eksempelvis litt. [1963.4]; det bemærkes dog, at der ikke i de nugældende (1969) danske beregningsnormer (DS 411) er nedfældet bestemmelser om, hvilke partialsikkerhedskoefficienter der skal benyttes ved beregninger på brudstadiet.

For simpelt understøttede, enkeltspændte dæk med spændvidden  $L$  fås på grundlag af ovenstående følgende udtryk til bestemmelse af nyttelasten (den totale last minus dækkets egenvægt  $g = h \cdot \rho$ )

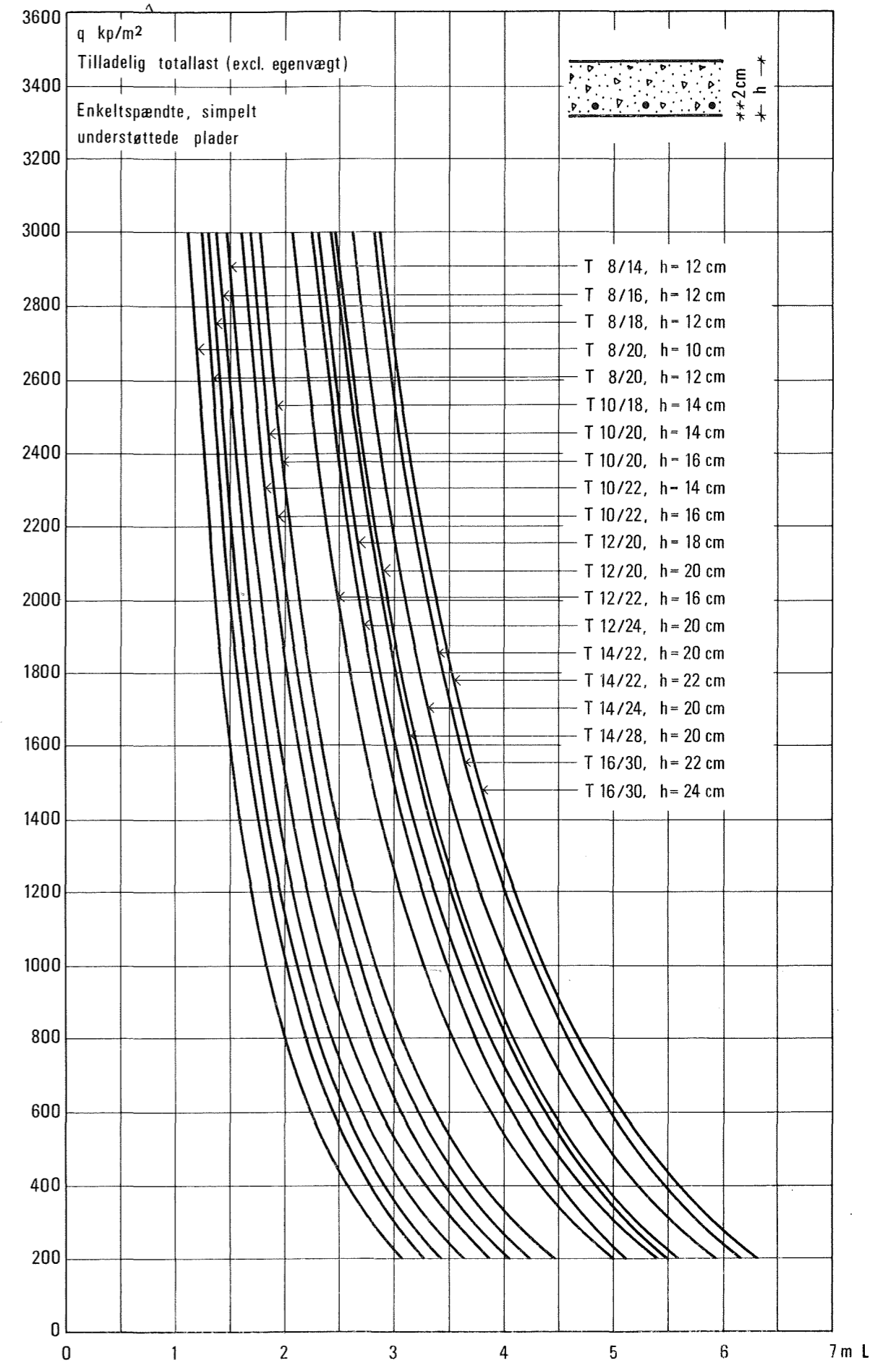
$$\frac{1}{8}(q + h \cdot \rho) \cdot L^2 = m = \frac{\pi d^2}{4 \cdot a} \cdot r_a \cdot h_n \cdot \left[1 - \frac{n \cdot \phi}{300} (-1 + \sqrt{1 + \frac{200}{n \cdot \phi}})\right]$$

For en række gængse dækdimensioner og armeringsarrangementer ( $h = h_n + 2$  cm,  $r_a = 2800$  kp/cm<sup>2</sup>) er på figur 4.15 vist sammenhængen mellem  $L$  og  $q$ .

I praksis er pladsstøbte jernbetondæk imidlertid sjældent enkeltspændte og simpelt understøttede, men oftest dobbeltspændte og geometrisk eller statisk indspændte langs understøtningerne. Bestemmelsen af de dimensionsgivende momenter i jernbetonplader foretages simplest på grundlag af den tekniske brudlinieteorie (litt. [1943.1]). For en lang række



Figur 4.14: Dimensioneringsdiagram for massive jernbetontværsnit



Figur 4.15: Nyttelastdiagram for massive jernbetonplader

praktisk forekommende dækkonstruktioner er færdige dimensioneringsformler angivet i litt. [1962.1]. Eksempelvis fås for en rektangulær, firesidigt understøttet plade med ensformig, jævnt fordelt belastning  $q$  brudmomentet

$$m = \frac{qa_r^2}{24} \left( \sqrt{3 + \left(\frac{a_r}{b_r}\right)^2} - \frac{a_r}{b_r} \right)^2$$

hvor  $a_r$  og  $b_r$  bestemmes af

$$a_r = \frac{2a}{\sqrt{1 + i_1^l} + \sqrt{1 + i_2^l}}$$

$$b_r = \frac{2b}{\sqrt{1 + i_1^k} + \sqrt{1 + i_2^k}}$$

hvor  $i_1^l$  er indspændingsgraden langs den ene lange side

$i_2^l$  er indspændingsgraden langs den anden lange side

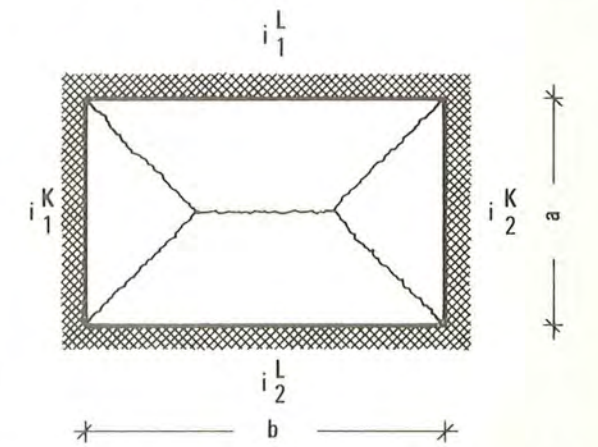
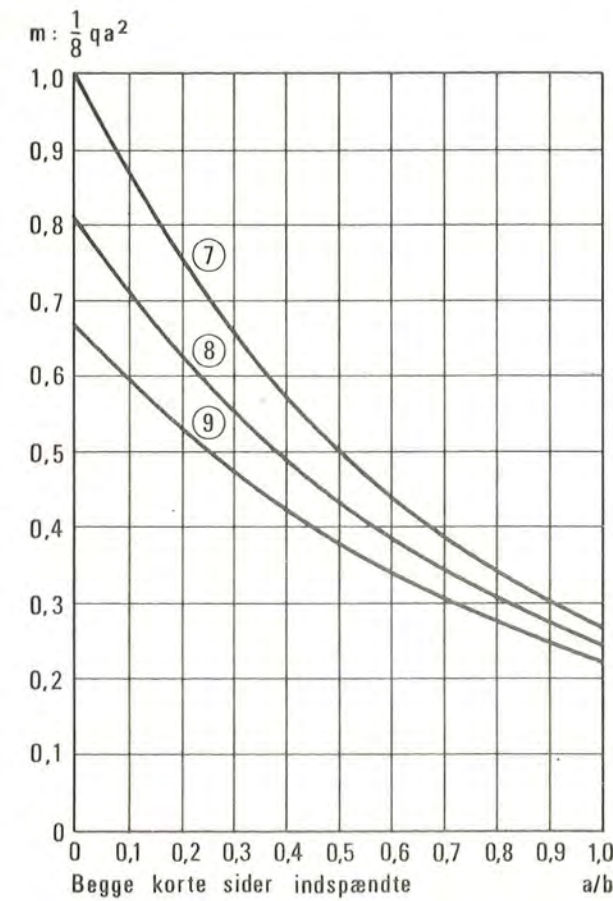
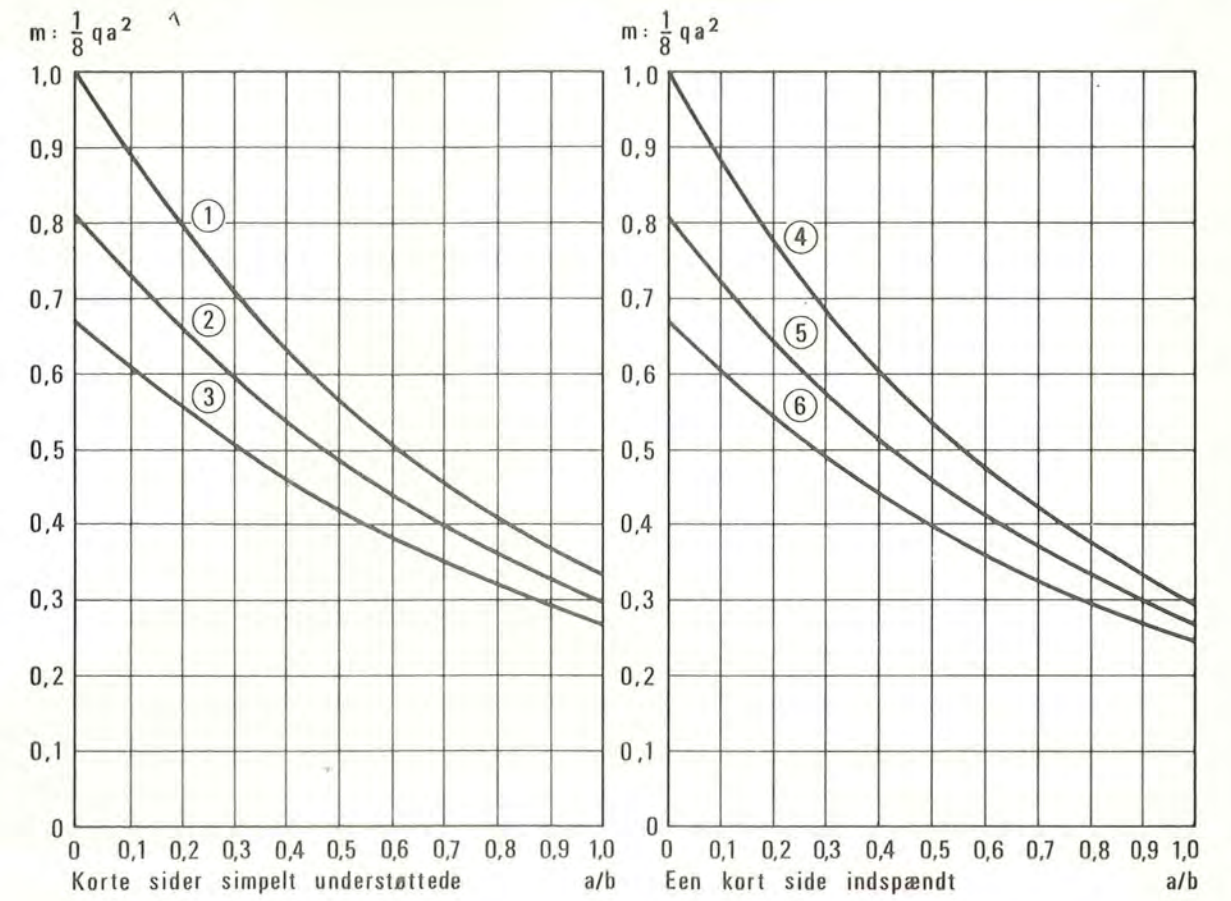
$i_1^k$  er indspændingsgraden langs den ene korte side

$i_2^k$  er indspændingsgraden langs den anden korte side

$a_r/b_r$  forudsættes  $\geq 1$ .

Det er almindelig praksis at bøje halvdelen af armeringsjernene op ved understøtningerne, hvilket ved en mellemunderstøtning betyder et negativt flydemoment på ca. halvdelen af det positive flydemoment i pladens midte, altså en indspændingsgrad på ca.  $\frac{1}{2}$ . For en enkeltspændt plade over to lige store fag regnes der altså med et negativt moment på ca. 40 % af det efter elasticitetsteorien beregnede, d.v.s. at det faktisk optrædende moment overstiger det negative flydemoment. Er overskridelsen meget stor, kan det betyde en kraftig revnedannelse; af den grund bør der i indspændingstværsnittet ikke anordnes meget ringere armering end svarende til halvdelen af de efter elasticitetsteorien beregnede momenter, hvilket svarer til, at ca. 2/3 af armeringen opbøjes.

Figur 4.16 viser flydemomentet (karakteriseret ved  $m: \frac{1}{8}qa^2$ ) i ensformigt belastede rektangulære plader med forskellige værdier af forholdet  $a/b$  og forskellige indspændingsforhold, enten simpel understøtning ( $i = 0$ ) eller indspænding ( $i = \frac{1}{2}$ ) svarende til opbøjning af halvdelen af armeringsjernene. Ved fastsættelsen af indspændingsgraden er det selvfølgelig ikke tilstrækkeligt, at selve indspændingstværsnittet kan optage

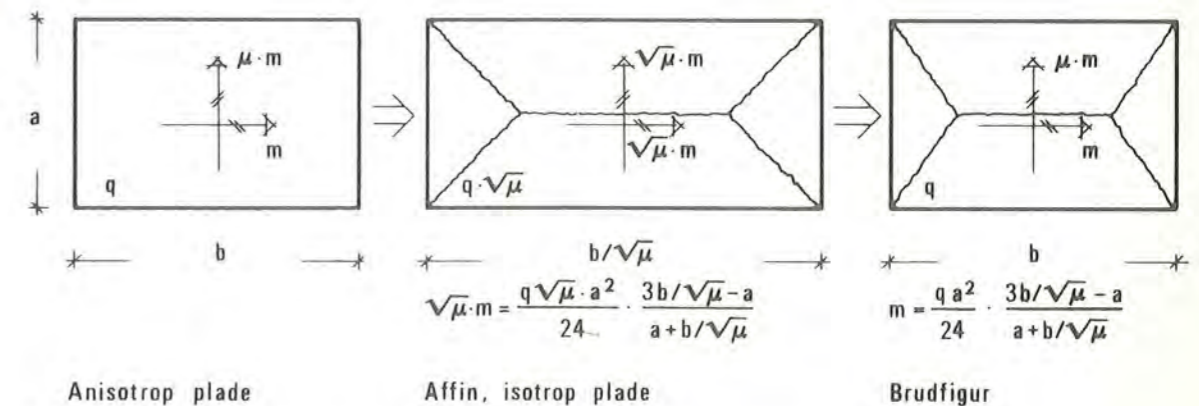


	$i_1^L$	$i_2^L$	$i_1^K$	$i_2^K$
1	0	0	0	0
2	1/2	0	0	0
3	1/2	1/2	0	0
4	0	0	1/2	0
5	1/2	0	1/2	0
6	1/2	1/2	1/2	0
7	0	0	1/2	1/2
8	1/2	0	1/2	1/2
9	1/2	1/2	1/2	1/2

Figur 4.16: Rektangulære jernbetonpladers flydemoment

det moment, der regnes med; også konstruktionen på den anden side må være i stand til at holde ligevægt med det; indspændingsgraden beror altså i det enkelte tilfælde også på nabopladens beskaffenhed (geometrisk udstrækning, belastning og armering), et forhold, der i højeste grad må tages hensyn til ved dækkonstruktioner med stor bevægelig belastning.

I det anførte udtryk for flydemomentet i rektangulære plader er forudsat samme flydemomenter i alle retninger, altså samme armering i begge retninger. For langstrakte plader (i hvert fald, når  $a/b < 0,5$ ) er dette isotrope arrangement ikke særlig økonomisk, idet armeringen på den lange led ikke udnyttes hensigtsmæssigt; mere økonomisk er det ved sådanne plader at anordne en svagere armering på langs; beregningen foretages da på helt normal måde, idet den anisotrope (virkelige) plade i henhold til affinitetssætningerne litt.[1943.1] transformeres til en isotrop med bredde/længde-forholdet  $\sqrt{\mu} \cdot a/b$  og belastningen  $q \cdot \sqrt{\mu}$ , hvor  $\mu$  er forholdet mellem brudmomenterne svarende til den svage og den kraftige armering, se figur 4.17.



Figur 4.17: Transformation af anisotrop plade

Faste retningslinier for, hvad der er det mest økonomiske armeringsarrangement, kan ikke gives; det afhænger som nævnt foruden af den enkelte plades geometri også af nabopladerne. En god regel er, at der bør anvendes færrest muligt forskellige armeringstyper og -dimensioner.

Ofte er det imidlertid ikke styrkeforholdene, men stivhedsforholdene, der bliver dimensionsgivende for jernbetondæk i husbygningskonstruktioner. Korttidsdeformationerne spiller i



den forbindelse ikke nogen væsentlig rolle; regnes betonen for den bevægelige last elastisk med  $E_b = 300.000 \text{ kp/cm}^2$ , vil eksempelvis en enkeltspændt, simpelt understøttet plade med tykkelsen 14 cm kunne tage en bevægelig last  $p \sim 800 \text{ kp/m}^2$ , før korttidsdeformationen overstiger  $1/500$  af spændvidden. Det er altså kun ved meget store spændvidder og store belastninger, korttidsdeformationerne overhovedet spiller nogen rolle.

Anderledes forholder det sig med langtidsdeformationerne, der skyldes betonens svind og krybning. De er tilmed vanskelige at forudberegne, da de i meget høj grad beror på betonens lagringsforhold, alder på belastningstidspunktet etc. Et begreb om deres størrelse kan fås af udtrykket (litt. [1962.1])

$$u_1 = \frac{5 + 0,3 \cdot \sigma_b \cdot L^2}{8 \cdot h}$$

hvor  $u_1$  (cm) er langtidsnedbøjningen af en enkeltspændt, simpelt understøttet plade med spændvidden  $L$  (meter) og tykkelsen  $h$  (cm), når den maksimale betonspænding for hvilende last er  $\sigma_b$  ( $\text{kp/cm}^2$ ). Betragtes den samme plade som ovenfor, og regnes  $g = 400 \text{ kp/m}^2$ , fås (idet  $\sigma_b \sim 30 \text{ kp/cm}^2$ )

$$u_1 = \frac{5 + 0,3 \cdot 30 \cdot 4,8^2}{8 \cdot 14} \sim 3 \text{ cm} \sim \frac{L}{160}$$

Deformationer af denne størrelse er langt over, hvad der i almindelighed kan tolereres. Sættes  $u_{\max} = L/500$ , kan man af ovennævnte udtryk (omskrevet)

$$\frac{5 + 0,3 \cdot \sigma_b \cdot L}{8} \cdot \frac{L}{h} = \frac{u_1}{L} < \frac{1}{500}$$

få et begreb om, hvordan  $h/L$  bør vælges, afhængigt af, hvor store betonspændinger den hvilende belastning giver:

$\sigma_b^g$	Min. $h/L$
5	1/25
10	1/20
20	1/15
30	1/11
40	1/9
50	1/8

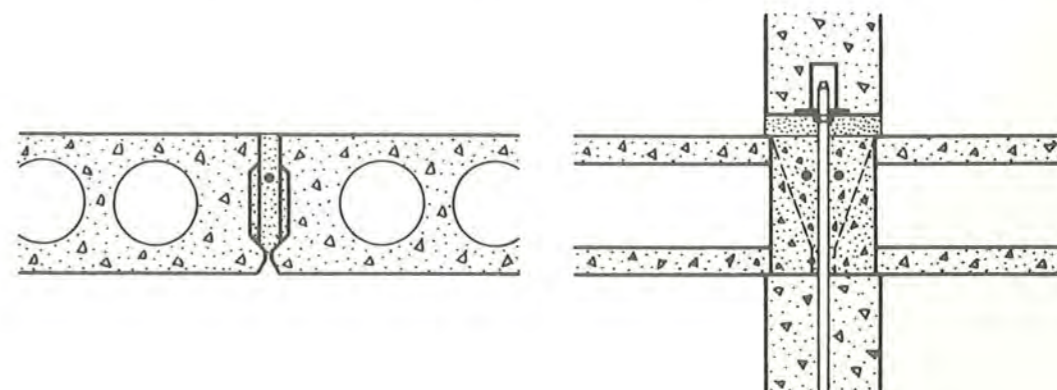
Til langt de fleste formål vil  $h/L$  kunne vælges  $\sim 1/20$ , for dobbeltspændte plader samt for indspændte dæk  $1/25-1/30$ , afhængigt af forholdene. En effektiv foranstaltning mod langtidsdeformationer er hyppig vanding i afbindingsperioden samt sen afformning. For præfabrikerede dæk stiller sagen sig væsentlig gunstigere end for pladstøbte på grund af lagringsforholdene, jvf. det følgende.

#### Betonelementdæk

Som led i den almindelige vækst inden for det industrialiserede byggeri finder præfabrikerede betonelementdæk en stadigt stigende anvendelse inden for næsten alle kategorier af byggeri; også inden for byggeri, der ikke iøvrigt udføres som montagebyggeri, anvendes elementdæk i stor udstrækning, først og fremmest på grund af fordelene ved at undgå tids- og pladskrævende form- og stilladsarrangementer.

Dækelementerne kan selvfølgelig fremstilles i den størrelse og form, som det i det enkelte tilfælde er hensigtsmæssigt. Fordelene kommer dog først for alvor frem, når der anvendes dækelementer i standardiseret udførelse, altså elementer, der som katalogvarer fremstilles i industriel målestok i et højt mekaniseret produktionsapparat. Som eksempel herpå skal omtales de herhjemme meget hyppigt anvendte hule dækkomponenter af beton. Udført i henhold til DS/R 1038 er elementerne tilpasset den danske modulordning (jvf. litt. [1966.1]).

Elementerne udføres hyppigst i byggemålene 12M (120 cm) i bredden og 24M - 48M med 3M spring i længden. Andre bredder kan forekomme, fortrinsvis delelige med planlægningsmodulen 3M.



Figur 4.18: Betonelementdæk, dækfuge og etagekryds, snit 1:10

Tykkelsen er normalt 18-18,5 cm. I dækket er der foretaget cirkulære udsparinger (Ø11 cm) pr. 15 cm, og mellem udsparingerne er der i elementets ender anordnet vederlagsknaster af hensyn til et uforstyrret kraftforløb i de bærende vægge, jvf. figur 4.18.

Armeringen er anordnet således, at hovedarmeringsjernene går helt ud til knasternes endekant; dette er en absolut forudsætning for knasternes bæreevne, og af samme grund må armeringen udføres med fremspring (kamstål). Knasternes bæreevne kan ikke beregnes teoretisk, men må bestemmes eksperimentelt. I litt. [1967.1] og [1968.1] er refereret en række forsøg, der viser, at i brudfasen er samtlige knaster virksomme, og at hele vederlagets (8 knasters) bæreevne er ca. 9 Mp, uanset om armeringen er K8, K10 eller K12. Sættes den nødvendige sikkerhedsgrad  $n = 3$ , er altså den tilladelige vederlagskraft for en 12M plade 3 Mp eller 2,5 Mp/m. Mellem den tilladelige jævnt fordelte nyttelast (excl. egenvægt = 300 kp/m<sup>2</sup>) og spændvidden fås altså følgende simple sammenhæng

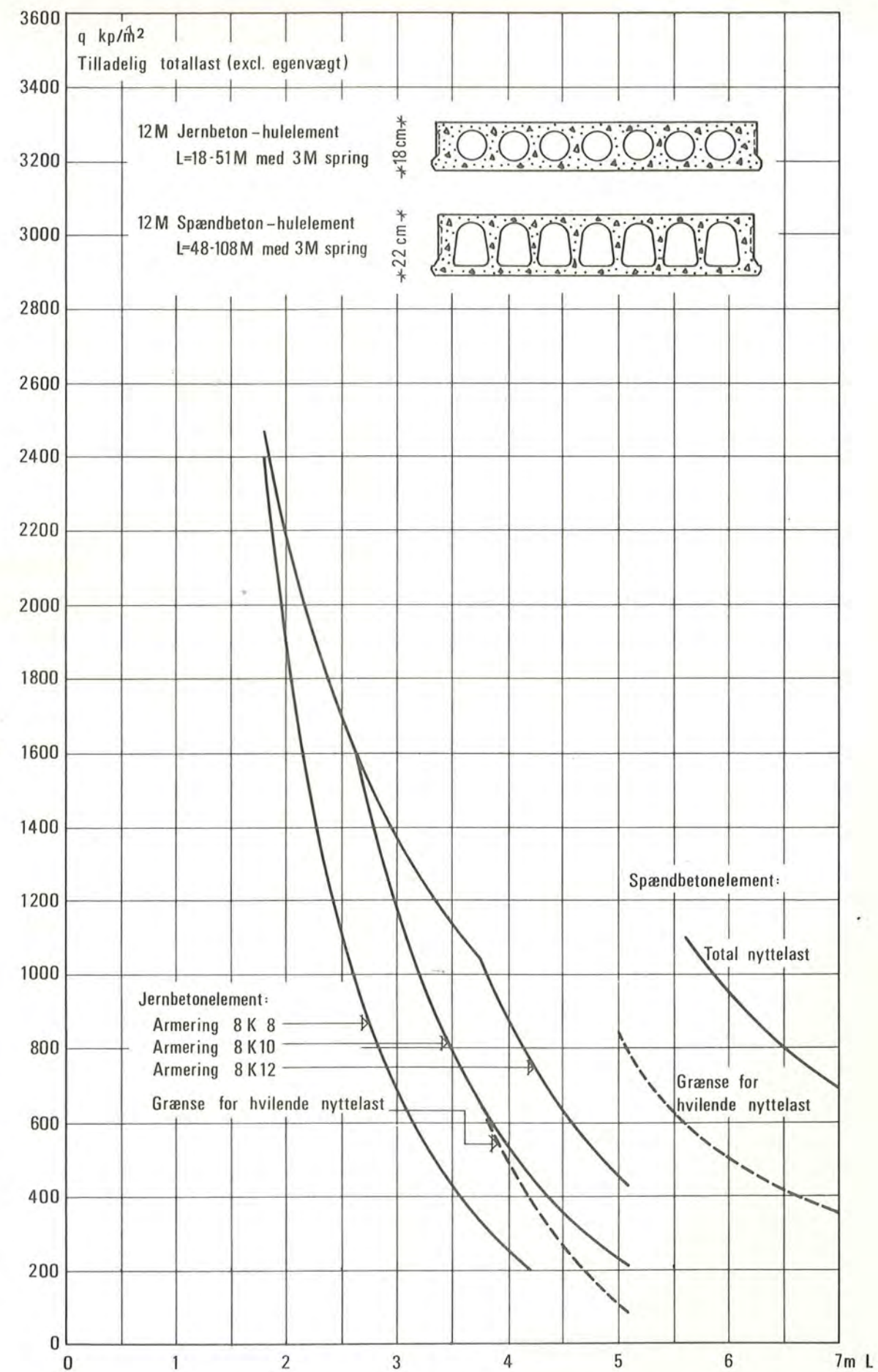
$$(q + 300) \cdot \frac{L}{2} = 2500$$

$$q = \frac{5000}{L} - 300$$

Det er altså kun i ganske ekstraordinære tilfælde (store spændvidder og meget store belastninger), dækvederlagene er dimensionsgivende.

Dimensioneringen iøvrigt frembyder ikke specielle problemer i forhold til de førnævnte massive dæk. Den industrialiserede produktion muliggør kontrol efter klasse A, altså med (dansk) kamstål  $r_a = 2100 \cdot 1,05 = 2200$  kp/cm<sup>2</sup>. For plader med tykkelsen 18 cm, bredden 120 cm og armeringen 8K8, 8K10 eller 8K12 fås følgende tilladelige momenter:

Armering	A <sub>a</sub> (cm <sup>2</sup> )	h <sub>n</sub> (cm)	φ (%)	σ <sub>a</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>b</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	M (kpm)	m (kp)
8K8	4,02	16,0	0,209	2200	42	1320	1100
8K10	6,28	15,9	0,329	2200	53	2000	1660
8K12	9,05	15,8	0,477	2200	67	2830	2350



Figur 4.19: Nyttelastdiagram for hule jernbetondækelementer

Sammenhængen mellem spændvidden og nyttelasten  $q$  fås af

$$\frac{1}{8} \cdot (q + 300) \cdot L^2 = m,$$

der er afbildet på figur 4.19.

Indføres tillige det stivhedskriterium, at langtidsnedbøjningen ikke må overstige  $L/500$ , fås følgende udtryk til bestemmelse af den "hvilende nyttelast"  $g'$ :

$$\frac{u}{L} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(g' + 300) \cdot 10^{-4} \cdot L^3}{E \cdot I} = \frac{1}{500}$$

hvor  $E$  formelt sættes =  $75000 \text{ kp/cm}^2$  (litt. [1967.1]),

$I$  er det urevne tværsnits inertimoment ( $442 \text{ cm}^4/\text{cm}$ ).

$$g' = 5,1 \cdot 10^{10} \cdot \frac{1}{L^3} - 300 \text{ (kp/m}^2\text{)},$$

der ligeledes er afbildet på figur 4.19. Som det fremgår af kurverne, er det først de største spænd (48M), der giver stivhedsproblemer.

For større spænd end 48M er det til gengæld stivhedsproblemerne, der bliver dimensionsgivende; her må dækykkelsen forøges. Langspænddæk ( $L \cong 60\text{M}$ ) har således  $h = 21,5\text{-}22 \text{ cm}$ . Ved endnu større spænd kan stivhedsproblemerne kun klares ved forspænding. Forspændingen afpasses således, at der for hvilende last er nogenlunde samme spænding i et normalsnit, således at differenskrybninger - og dermed krumninger - elimineres, d.v.s. dækket får praktisk taget ingen langtidsnedbøjning. Til sammenligning er på figur 4.19 indtegnet  $g'$  som funktion af spændvidden.

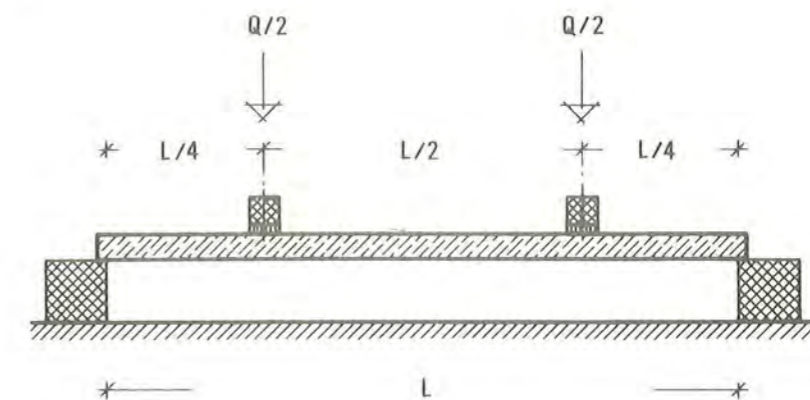
#### Letbetondæk

De herhjemme hyppigst anvendte letbetondæk er de på figur 4.06 A og 4.06 B viste, altså henholdsvis autoklaveret letbeton uden tilslag (porebeton) og letbeton med lette tilslag (klinkerbeton). For begge typer letbetondæk gælder, at de fremstilles industrielt, og at produktionen i det hele taget er koncentreret på nogle få virksomheder. Lovgrundlaget for disse dæk har derfor hidtil været boligministeriets individuelle godkendelser af de enkelte produkter; for porebetondæk

er disse godkendelser dog allerede nu afløst af generelle normer (DIF's Normer for letbeton, A: Vandrette bærende elementer af armeret autoklaveret letbeton uden tilslag, DS 420.1), og det samme kan forventes at ske for elementer af letbeton med lette tilslag.

For klinkerbetondæk kan med den på figur 4.06 B viste udførelse dimensioneringen foregå som for almindelige jernbetondæk, idet dog betonens bøjningsspændinger må holdes under  $45 \text{ kp/cm}^2$  og forskydningsspændingen i mellemlaget under  $0,7 \text{ kp/cm}^2$ . Kun toplaget regnes effektivt som trykhoved. Hovedarmeringen må rustbeskyttes effektivt ved svumning i cementmørtel.

For letbetondæk uden tilslag gælder herhjemme den omtalte norm DS 420.1. I henhold hertil er elementernes anvendelse betinget af en funktionsprøvning, idet en statisk beregning ikke anses som tilstrækkeligt godkendelseskriterium. Princippet i funktionsprøvningen er, at elementet karakteriseres ved en "mærkelast" (jævnt fordelt tilladelig belastning excl. egenvægt); denne mærkelast  $Q_m$  ( $\text{kp/m}^2$  eller  $\text{kp/m}$ ) kræves for standardelementer godtgjort ved stikprøvekontrol efter følgende prøvemethode:



Figur 4.20: Bæreevneprøvning efter DS 420.1

Elementet (egenvægt  $G$ ) oplægges som vist på figur 4.20 og belastes med  $Q = Q_m$ , for hvilken belastning nedbøjningen på midten  $f_m$  og største revnevidde måles. Belastningen øges indtil brud ( $Q = Q_{br}$ ), og den tilsvarende  $f_{br}$  måles. Hvis der ikke er opstået brud, inden nedbøjningen har opnået værdien  $f_f = f_m (4 + 3 G/Q_m)$ , måles den hertil svarende last  $Q_f$ . På

grundlag heraf formuleres styrke- og stivhedskravene til dækplader og bjælker herefter:

$$S_1 = \frac{Q_{br} + G}{Q_m + G} \geq 2,3 \text{ for } f_{br} < f_f \text{ (skørt brud)}$$

$$S_2 = \frac{Q_f + G}{Q_m + G} \geq 2,0 \text{ for } f_{br} \geq f_f \text{ (sejt brud)}$$

Revnevidden ved belastning ( $Q_m + G$ ) må ikke overstige 0,2 mm.

Herudover stilles der krav om prøvning af materialeegenskaberne (rumvægt, svind, korrosionsbeskyttelse), om driftskontrol, mærkning og varedeklaration etc.; vedrørende de detaljerede bestemmelser henvises til DS 420.1.

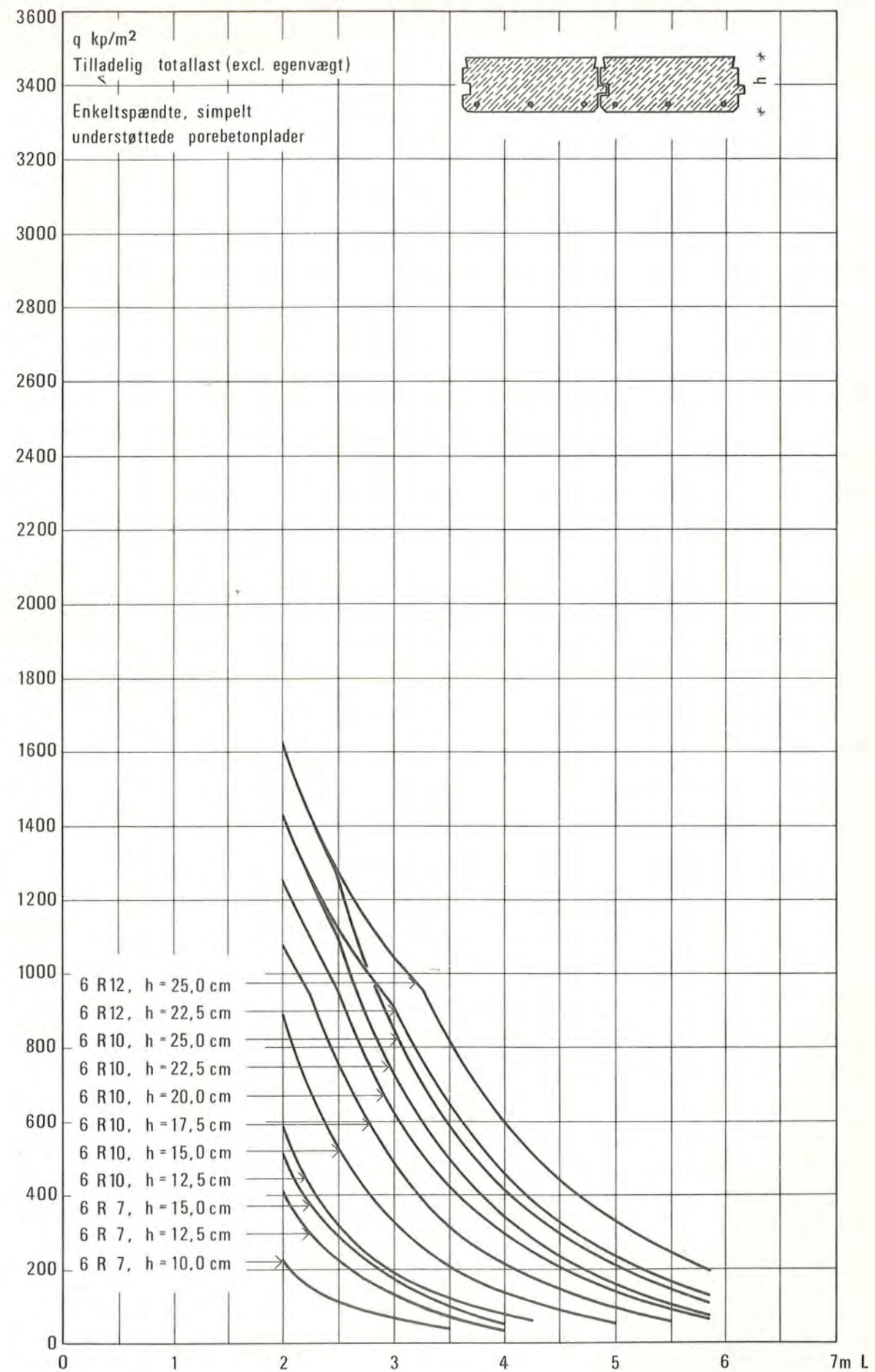
Skønt det således ikke er tilstrækkeligt at eftervise et letbetondæks bæreevne ved beregning, kan det være nyttigt at kunne foretage en overslagsberegning af et elements bæreevne. En sådan kan baseres på elasticitetsteorien og følgende parametre:

$\rho_{min}$	=	600 kg/m <sup>3</sup>
$\sigma_b$	$\geq$	60 kp/cm <sup>2</sup> (prøvebjælker)
$r_b$	=	15 kp/cm <sup>2</sup>
$\tau_{max}$	=	1 kp/cm <sup>2</sup> (uden forskydningsarmering)
$\tau_{max}$	=	3 kp/cm <sup>2</sup> (med forskydningsarmering)
$\tau_{adh}$	=	6 kp/cm <sup>2</sup>
$n = E_a/E_b$	=	85
Dæklag		2 cm

Med rundjern som armering ( $r_a = 1300 \text{ kp/cm}^2$ ) fås armeringsprocenten for balanceret tværsnit (jvf. s. 18)

$$\phi_{bal} = \frac{50 \cdot (15/1300)^2 \cdot 85}{1 + 85 \cdot 15/1300} = 0,285 \%$$

På figur 4.21 er vist afhængigheden mellem mærkelasten og spændvidden for en række karakteristiske elementer (armeringen er angivet for 1 meter brede elementer). Det understreges, at der er tale om overslagsberegning; den virkelige mærkelast må bestemmes ved prøvning.



Figur 4.21: Mærkelast for porebetondæk, overslagsberegning



#### 4.2.2. AKUSTISKE FUNKTIONSKRAV

Til en dækkonstruktion må der i almindelighed stilles funktionskrav med hensyn til

luftlydisolation  
trinlydisolation  
lydregulering.

I henseende til disse funktioner kan dækket ikke betragtes isoleret, men må behandles i sammenhæng med etageadskillelsen som helhed.

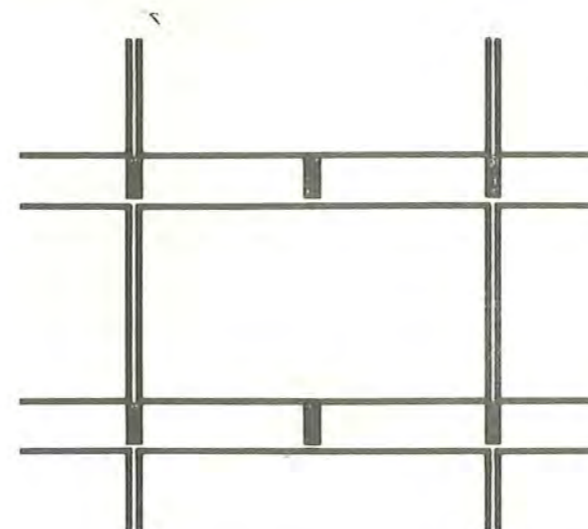
##### Luftlydisolation

I HB 10.2.6. er udledt sammenhængen mellem den korrigerede rumisolation  $D_{0,5}$  og reduktionstallet  $R$

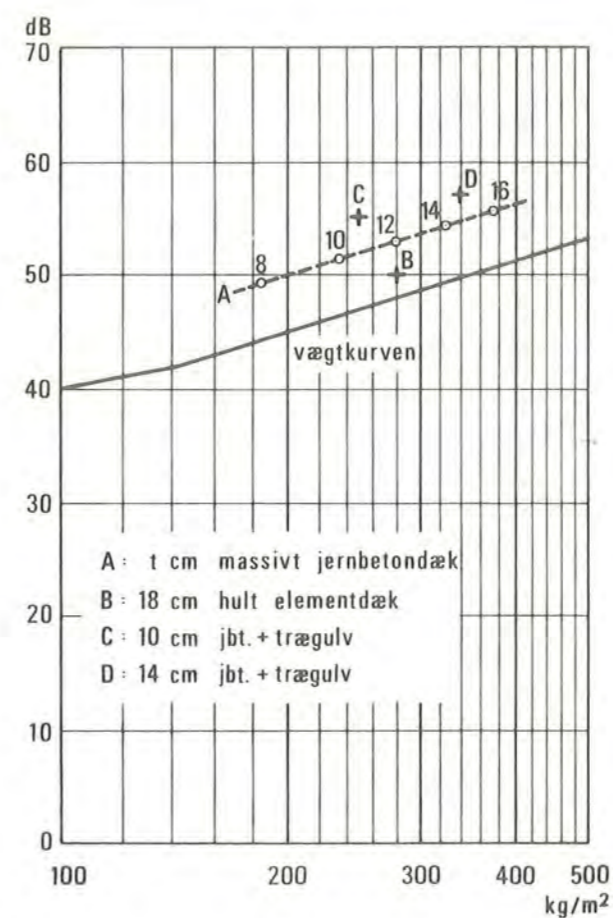
$$D_{0,5} = R + 10 \cdot \log 0,32 \frac{V}{S} - C_1 - C_2;$$

for boliger er rumhøjden  $h$  ( $= V/S$ ) omkring 2,5 meter og andet led på højre side altså  $\sim -1$  dB. For at kunne opnå den middelrumisolation på ca. 50 dB, som må anses for et minimumskrav for en acceptabel luftlydisolation mellem to rum, må etageadskillelsen altså have et middelreduktionstal på 52 - 55 dB, alt efter omstændighederne ( $C_1$  og  $C_2$ ), først og fremmest transmissionen gennem de flankerende bygningsdele. I mange tilfælde er denne rumisolation dog utilstrækkelig; rum, der ligger over eller under støjende værksteder, restaurationslokaler, børnehavelokaler etc., vil kun være nogenlunde uforstyrrede, hvis rumisolationen er 60 - 70 dB. En rumisolation af denne størrelse vil imidlertid være overordentlig vanskelig at opnå, da det ikke alene er etageadskillelsens reduktionstal, der betyder noget, men i høj grad også de flankerende bygningsdele. Det gælder her først og fremmest om at placere rummene hensigtsmæssigt indbyrdes, så der ikke umiddelbart over og under støjende rum placeres boliger, kontorer, undervisningsrum og tilsvarende rum med store krav til uforstyrrethed.

Ifølge BR 1966 kræves der et middelreduktionstal på 52 dB for etageadskillelser mellem etageboliger, hotel- og kollegieværelser, undervisningsrum etc., et krav, der kun under moderate støjforhold sikrer en rimelig grad af uforstyrrethed.



Figur 4.22: Byggesystem efter boxprincippet, lodret snit 1:100



Figur 4.23: Etageadskillelsers middelreduktionstal

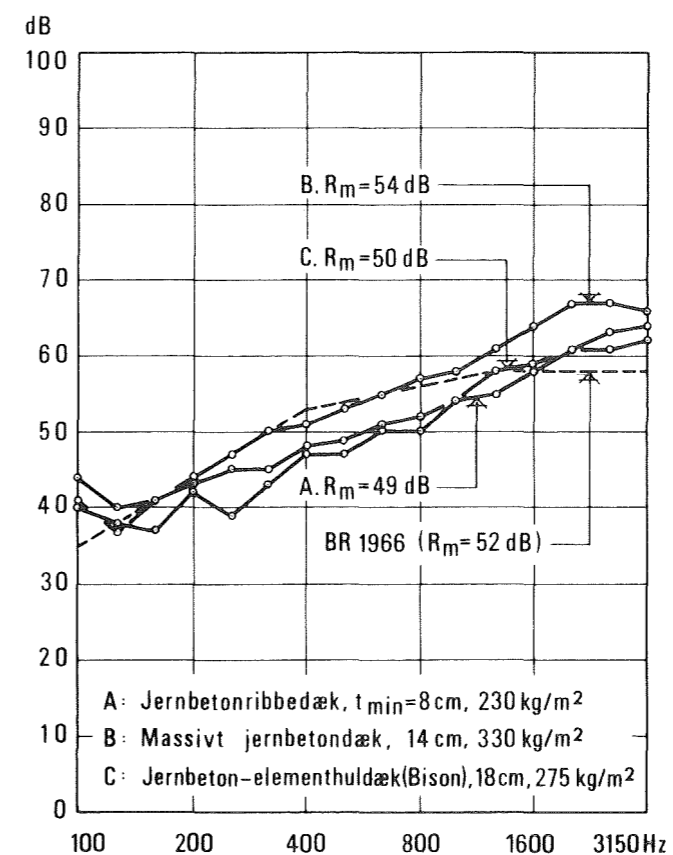
Overfor kraftig radiomusik, levende musik, barnegråd, højrøstet tale etc. er det ingenlunde tilstrækkeligt, et problem, som det imidlertid er overordentligt bekosteligt at løse teknisk med de gængse byggesystemer med massive vægge (murværk eller beton), der beforder lydens forplantning mellem etagerne. Virkelig effektivt er kun et system med de enkelte rum eller lejemål udført som boxe uden indbyrdes stive forbindelser som skematisk vist på figur 4.22. Et sådant byggesystems lydtekniske egenskaber er beskrevet i litt. [1965.1].

For eenfamiliehuse (parcelhuse, rækkehuse etc.) stilles ingen lovkrav om luftlydisolation mellem etagerne. Træbjælkelag har så beskeden luftlydisolationsevne, at de ikke kan opfylde lovens krav for etageboliger; ønskes altså en hertil svarende luftlydisolation, må der anvendes en tungere dækkonstruktion. I de fleste tilfælde vil man dog ved en hensigtsmæssig planløsning kunne opnå tilfredsstillende lydforhold.

En etageadskillelses reduktionstal beror væsentligst på dens vægt, jvf. HB 10.2.6.

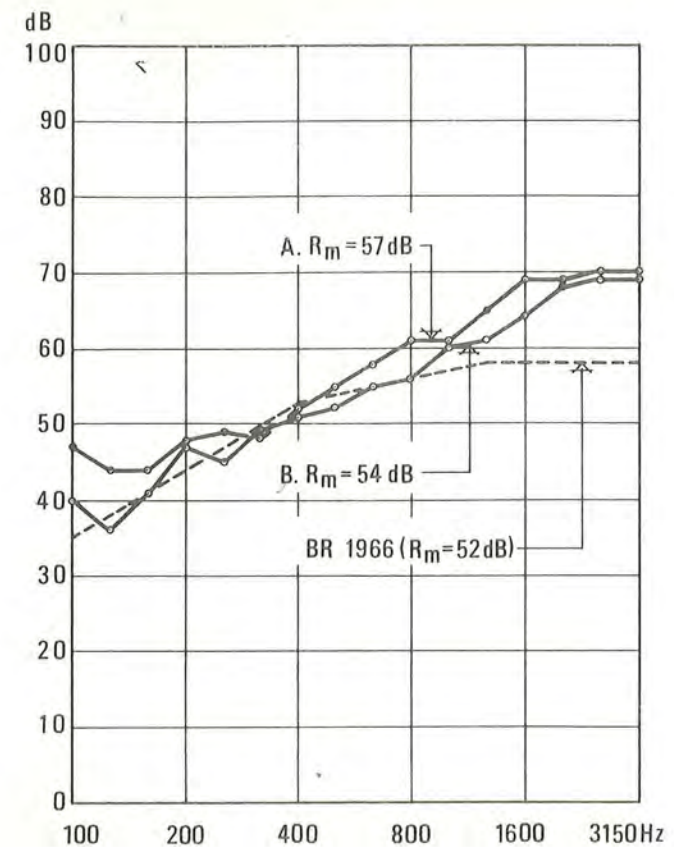
Som det fremgår af figur 4.23, har massive jernbetondæk middelreduktionstal på ca. 5 dB over værdierne svarende til vægtkurven. Hulheder (som eksempelvis de hule dækelementer, figur 4.05 B) bevirker et ringere reduktionstal end et massivt dæk med samme vægt (pkt. B). For ribbedæk (figur 4.05 C og G) kan regnes med det til pladen svarende reduktionstal. Gulvbelægningen har kun beskedne indflydelse på reduktionstallet, jo tungere jo større. Et trægulv på bløde brikker giver et tillæg til middelreduktionstallet på 3-5 dB for "lette dæk" (8-10 cm jernbeton) og 2-3 dB for "tungere dæk" (14-16 cm jernbeton), jvf. figur 4.23, punkterne C og D. Nedhængte lofter vil kunne give en tilsvarende forbedring af reduktionstallet.

På grundlag af ovenstående kan det altså konkluderes, at der med massive jernbetondæk på 14 cm ( $330 \text{ kg/m}^2$ ) eller derover kan regnes med et  $R_m \geq 52 \text{ dB}$ . For lettere dæk må der en særlig gulvbelægning til for at opnå  $R_m = 52 \text{ dB}$ ; for lettere dæk end  $220 \text{ kg/m}^2$  vil det være vanskeligt at opnå  $R_m = 52 \text{ dB}$ .

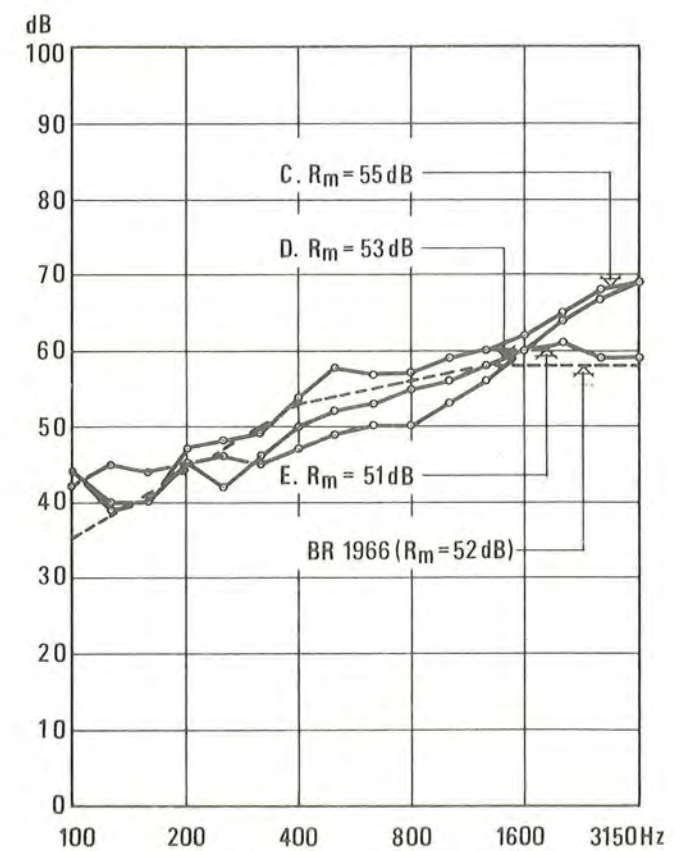


Figur 4.24: Støbte dækkonstruktioners reduktionstal

Middelreduktionstallet er imidlertid ikke tilstrækkeligt til at karakterisere luftlydisolationen, jvf. HB 10.2.6. For etageadskillelser, der er omfattet af lovens krav, må de målte reduktionstal ikke afvige mod lavere værdier end normkurven med mere end  $1,0 \text{ dB}$  i gennemsnit, altså ialt  $16 \text{ dB}$ . Normkurven er indtegnet på figur 4.24 og 4.25, hvor tillige de målte reduktionstal for nogle karakteristiske dækkonstruktioner er gengivet efter litt. [1960.1], hvortil der iøvrigt henvises.



- A. Trægulv på strøer  
10mm hårde korkbrikker  
14 cm massiv jernbeton  
355  $\text{kg/m}^2$
- B. Trægulv på strøer  
Ingen underlagsbrikker  
14 cm massiv jernbeton  
355  $\text{kg/m}^2$



- C. Trægulv på strøer  
12mm bløde træfiberbrikker  
3 cm sand mellem strøer  
Jernbeton-ribbedæk 8/20  
300  $\text{kg/m}^2$
- D. Trægulv på strøer  
12mm bløde træfiberbrikker  
Jernbeton-ribbedæk 8/20  
250  $\text{kg/m}^2$
- E. 8 mm korkfliser  
2 cm betonafretning  
18 cm hulteglidæk+ puds  
295  $\text{kg/m}^2$

Figur 4.25: Etageadskillelsers reduktionstal

### Trinlydisolation

En dækkonstruktions trinlydisolerende egenskaber karakteriseres (jvf. HB 10.2.6.) ved det af en standardiseret bankemas- skine frembragte lydtrykniveau i rummet under dækket, korri- geret til en efterklangstid på 0,5 sekund,

$$T_{0,5} = L - 10 \cdot \log \frac{t}{0,5}$$

Normkurven (HB 10 figur 10.31) gælder herhjemme for dæk mel- lem etageboliger, kollegie- og hotelværelser, undervisnings- rum etc. For etageadskillelser i andre bygninger gælder ingen lovkrav, men der bør også ved projekteringen af hospitaler, kontorer, forretninger og i det hele taget overalt, hvor trinstøj kan være til gene, stilles tilsvarende krav til trinlydisolationen. Også ved eenfamiliehuse bør man selvfølgelig være opmærksom på problemet.

Medens en etageadskillelses luftlydisolation i det væsentlige beror på dækkonstruktionen og kun i ringe grad på gulvkon- struktionen (med mindre denne har en betydelig vægt), spiller begge dele en væsentlig rolle for trinlydisolationen. I det følgende skal gengives måleresultaterne for en række praktisk udførte konstruktioner. Selvom trinlydisolationen i praksis altid må verificeres ved måling, vil det være formålstjenligt, om man under projekteringen kan danne sig et begreb om, hvor- dan en påtænkt konstruktions egenskaber vil være.

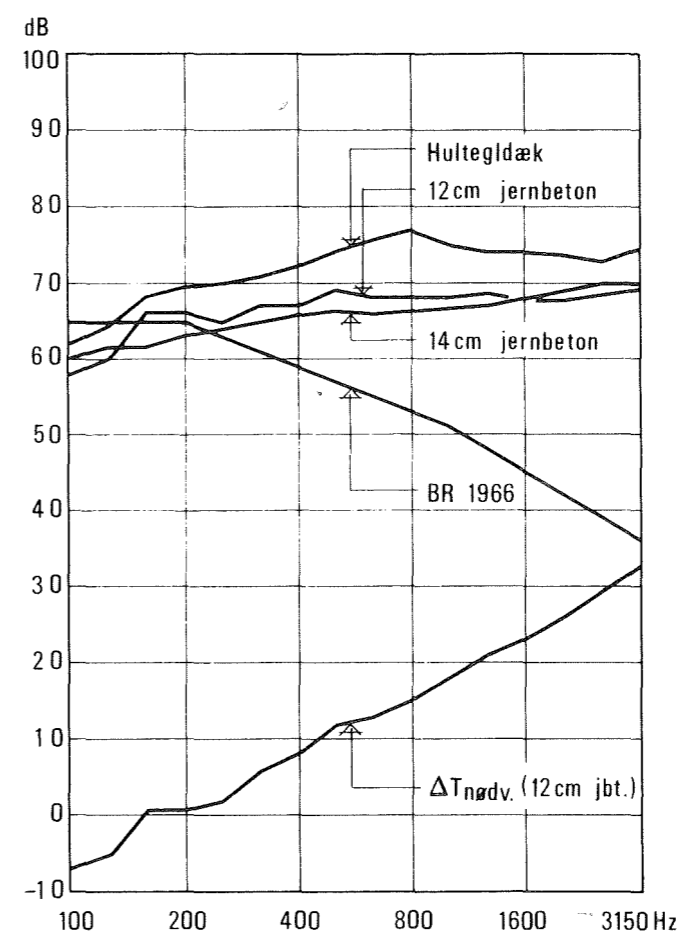
Når der ses bort fra træbjælkelag, kan etageadskillelsens trinlydisolation som en brugelig tilnærmelse vurderes som summen af dækkets og gulvbelægningens isolation. Det betyder, at trinlydniveauet groft set kan bestemmes som trinlydniveau- et under dækkonstruktionen minus den reduktion (trinlydfor- bedring) af trinlydniveauet, som hidrører fra gulvbelægnin- gen. Trinlydniveauet under dækket kan alene på grund af den empiriske definition ikke bestemmes teoretisk; et begreb om, hvad det afhænger af, kan dog fås af det halvempiriske udtryk (litt. [1966.2])

$$T = 20 \cdot \log \frac{f^{1/4} \cdot K}{((Eh^3)^3 \cdot (\rho h)^5)^{1/8}}$$

hvor  $f$  er frekvensen

$Eh^3$  er dækkets bøjningsstivhed pr. længdeenhed  
 $\rho h^3$  er dækkets masse pr. arealenhed  
 K er en konstant.

Trinlydniveauet stiger altså med frekvensen (1,5 dB pr. ok-  
 tav), et yderst uheldigt forhold, da kravet til trinlydisola-  
 tionen netop er stigende med frekvensen (jvf. normkurven, se  
 figur 4.26). Af udtrykket ses tillige, at trinlydniveauet

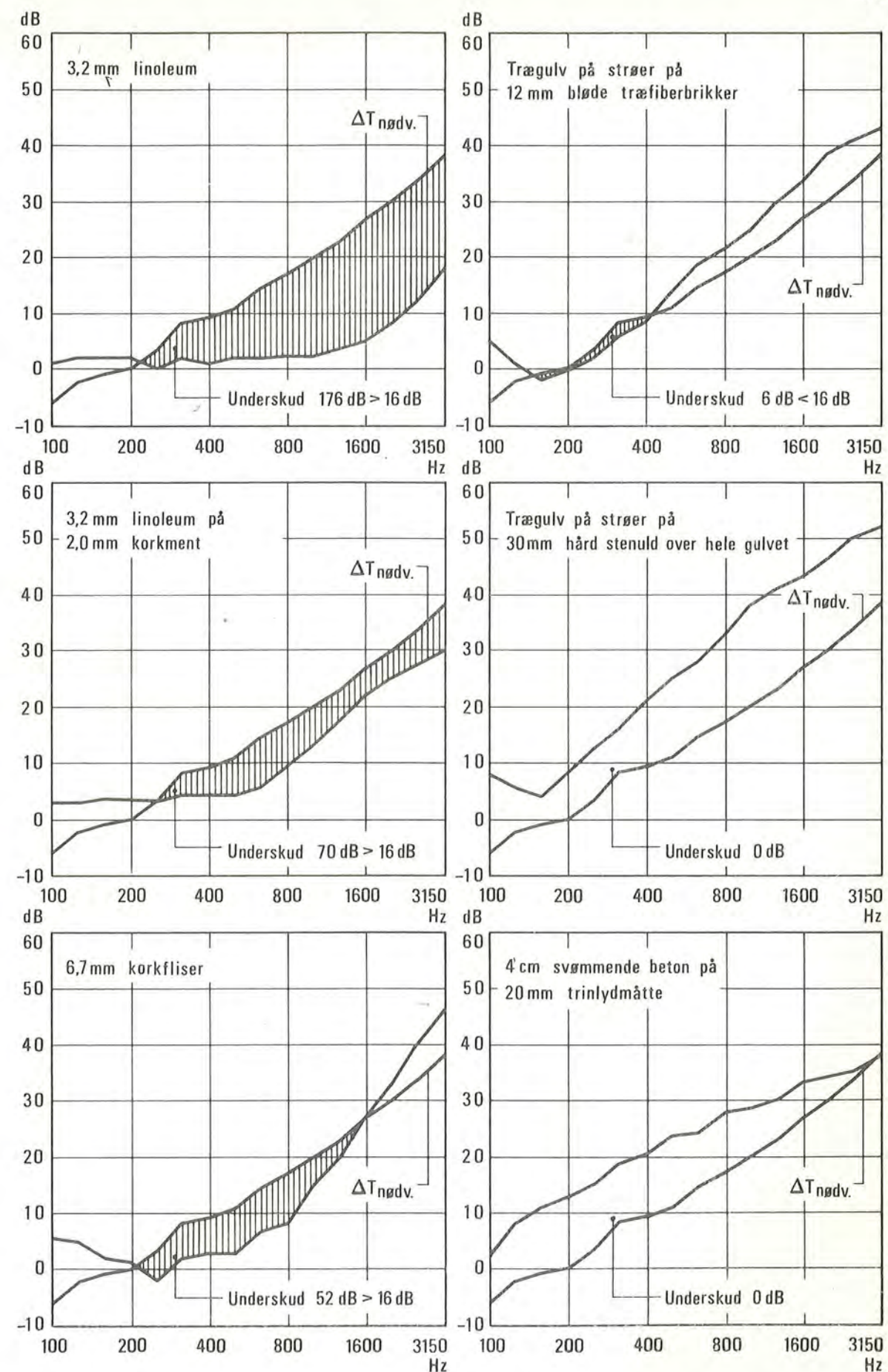


Figur 4.26: Trinlydniveau under  
 støbte dæk

falder med stigende dæk-  
 tykkelse (større stivhed  
 og masse), hvilket be-  
 kræftes ved målinger, se  
 figur 4.26, der tydeligt  
 viser, hvor utilstrække-  
 ligt trinlydisolerende  
 dækket er i sig selv.  
 Skal etageadskillelser  
 med støbte dæk bringes  
 til at opfylde normkra-  
 vet, må de altså udføres  
 med en gulvkonstruktion,  
 der kan reducere trin-  
 lydniveauet med diffe-  
 rencen mellem dækkets  
 måleværdier og normkur-  
 vens værdier, altså give  
 en trinlydforbedring  
 svarende til det skrave-  
 rede område (eksempelvis  
 angivet for 12 cm mas-  
 sivt jernbetondæk), såle-  
 des at det resulterende

trinlydniveau ikke overstiger normkurvens værdier mere end  
 1,0 dB i gennemsnit, altså med maksimalt 16 dB tilsammen (jvf.  
 HB 10.2.6.).

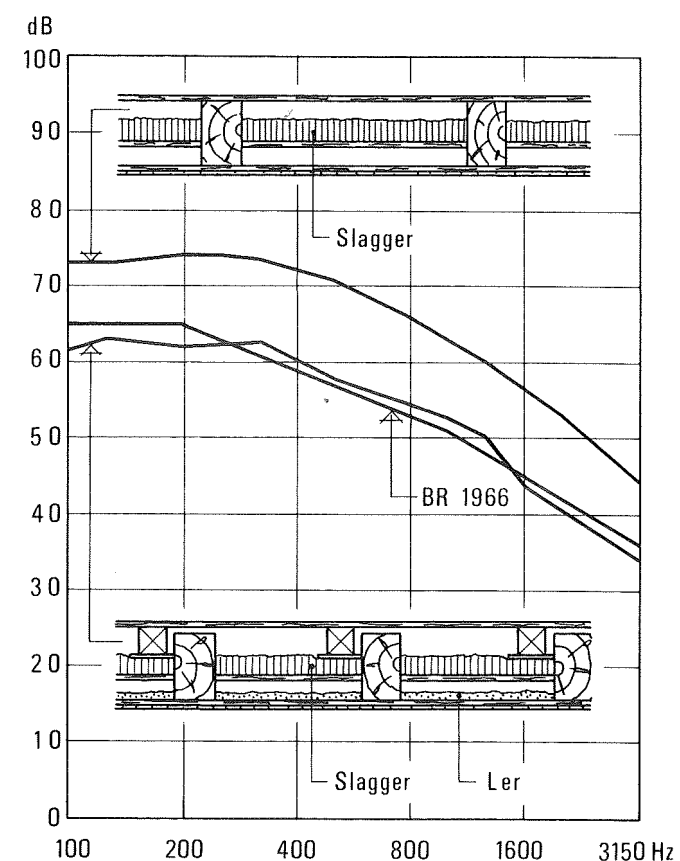
På figur 4.27 er efter litt. [1966.2] gengivet, hvor meget 6  
 repræsentative gulvbelægninger kan regnes at forbedre trin-  
 lydisolationen af støbte dækkonstruktioner. Til sammenligning  
 er indtegnet den trinlydforbedring, der skal til, for at et  
 dæk, der vægtmæssigt er ækvivalent med 12 cm massivt jernbe-



Figur 4.27: Gulvbelægningsers trinlyddæmpning.  $\Delta T_{n\ddot{o}dv.}$  refererer til 18 cm hule jernbetondækelementer.

tondæk (f.eks. 18 cm hule dækelementer, figur 4.05 B), kan få en trinlydisolation svarende til normkurven for boligbyggeri. Som det ses, er de svømmende gulve de mest effektive, men også f.eks. linoleum på korksmuld er ganske velegnet, dog kun tilstrækkeligt for lidt tungere dæk, f.eks. 18 cm massiv jernbeton.

Det skal understreges, at det her anførte kun kan tjene til



Figur 4.28: Trætageadskillelsers trinlydniveau

at give et fingerpeg om, hvordan trinlydisolation kan forventes at blive. Det virkelige trinlydniveau kan ikke beregnes, men må bestemmes ved måling.

På figur 4.28 er efter litt. [1966.2] gengivet trinlydniveauet under trætageadskillelser. Som det ses, må der udføres en svømmende gulvkonstruktion, for at trinlydisolationen er tilstrækkelig. I den viste udførelse, der er relativt tung, er konstruktionen tillige i stand til at opfylde normkravet med hensyn til reduktionstal.

#### Lydregulering og lyddæmpning

Når der ses bort fra specielle rumakustiske opgaver som auditorier, kirker, teatre, koncertsale og tilsvarende store rum, foretages akustisk regulering almindeligvis alene ved tilvejebringelse af en passende lydabsorption. Drejer det sig alene om at dæmpe støj, må der tilstræbes størst mulig lydabsorption, medens det ved lydreguleringsopgaver drejer sig om at afpasse absorptionen således, at efterklangstiden bliver passende; for klasserum i skoler vil det sige 0,5-0,7 sekund (jvf. kravet i BR 1966 om en frekvensafhængig efterklangstid



på 0,6-1,0 sekund i møblerede, men iøvrigt tomme klasserum), medens der i kontorer, butikker etc., hvor det er lyddæmpningen, der er det primære, meget vel kan arbejdes med endnu større absorption, altså lavere efterklangstider.

Ved praktiske lydreguleringsopgaver er det væsentligst loftsfladen, der benyttes til at tilvejebringe fornøden lydabsorption, da rummets øvrige begrænsningsflader - gulve og vægge - af andre årsager oftest må udføres af materialer, der er mindre egnede som absorbenter. Men også ved valg af gulvkonstruktion kan der ofte være anledning til at tage rumakustiske hensyn, ikke så meget for at skabe lydabsorption, som for at nedbringe den støj, trommelyd, der frembringes ved færdsel på gulvet. Trommelyden er ikke gjort til genstand for lovmæssig behandling, og der er ikke nogen internationalt standardiseret metode til måling af gulves egenskaber med hensyn til trommelyd; (en række måleresultater ved måling af "trommelydniveauet" er gengivet i litt. [1952.1]); som lydkilde blev anvendt den til trinlydmåling standardiserede bankemaskine). Det er dog klart, at det i mange tilfælde (f.eks. sygestuer, hoteller, butikker og kontorer) netop er trommelyden, der kan være en af de mest generende lydkilder, og at gulvkonstruktionen derfor må udformes under hensyn hertil. Dette hensyn kommer ofte til en vis grad i modstrid med hensynet til trinlydisolationen; svømmende trægulve er således gode med hensyn til trinlydisolation, men giver kraftig trommelyd. Trommelyden bekæmpes mest effektivt ved anvendelse af bløde gulvlægninger, f.eks. kork eller tykke tekstiler med gummiunderlag.

På side 42 og 43 er i tabelform angivet absorptionskoefficienterne for en række gængse gulv- og loftkonstruktioner. Tallene må kun tages som illustration af lyddæmpningens størrelsesorden, specielt for de akustiske lofters vedkommende, idet disse konstruktioners lydabsorption i høj grad er afhængig af den konkrete konstruktive udformning, perforeringsgrad, ophængningsanordning etc., der er forskellig fra fabrikat til fabrikat og iøvrigt er underkastet stadige ændringer. Ved aktuelle lydreguleringsopgaver må benyttes producenternes specifikationer.

Absorptionskoefficienter

Frekvens (Hz):	125	250	500	1000	2000	4000
Natursten, klinker, fliser, glat beton	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Linoleum, klæbet på beton	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Kork, gummi, klæbet på beton	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,10
Parketgulv, klæbet på beton	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Trægulv på strøer	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Gulvtæppe, nylon, 7 mm, glasfiberarmeret PVC bagside	0,04	0,06	0,13	0,24	0,37	0,40
Pudset loft på spredt forskalling	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04
Akustisk puds, 12 mm	0,22	0,21	0,35	0,48	0,43	0,37
Sprøjteasbest, 25 mm	0,18	0,33	0,56	0,92	0,80	0,93
Trælister, 13·45 mm, 5 mm mellemrum, på 5/4" lægter, 25 mm mineraluldindlæg	0,19	0,28	0,89	0,64	0,53	0,36
Træuldbeton, 50 mm, faststøbt i betondæk	0,15	0,16	0,32	0,61	0,58	0,58
Træuldbeton, 30 mm, på 1" lægter	0,08	0,15	0,23	0,55	0,61	0,59
Træfiberplade, 13 mm, porøs, perforeret, på 1" lægter	0,14	0,42	0,36	0,47	0,53	0,68
Træfiberplade, 19 mm, porøs, opslidset, på 1" lægter	0,15	0,42	0,39	0,60	0,78	0,73
Træfiberplade, 3,2 mm, hård, perforeret, på 2½" lægter, mineraluldindlæg	0,13	0,73	0,85	0,72	0,58	0,51
Gipsplade, 9 mm, på 1" lægter pr. 60 cm	0,15	0,17	0,08	0,06	0,02	0,07
Gipsplade, 9 mm, på 1" lægter pr. 60 cm, mineraluldindlæg	0,27	0,20	0,07	0,06	0,03	0,08
Gipsplade, 9 mm, perforeret, på 1" lægter pr. 60 cm, mineraluldindlæg	0,12	0,17	0,68	0,84	0,40	0,38
Gipsplade, 9 mm, opslidset, på 1" lægter pr. 60 cm, mineraluldindlæg	0,10	0,25	0,75	1,06	0,55	0,43

Absorptionskoefficienter

Frekvens (Hz):	125	250	500	1000	2000	4000
Gipsplade, 13 mm, på 1" lægter pr. 60 cm,	0,17	0,15	0,07	0,08	0,05	0,06
Gipsplade, 25 mm, på 1" lægter pr. 60 cm, mineraluldindlæg	0,27	0,20	0,10	0,07	0,03	0,05
Mineraluldmåtte, 25 mm	0,09	0,23	0,53	0,72	0,75	0,77
Mineraluldmåtte, 50 mm	0,20	0,53	0,74	0,78	0,75	0,77
Mineraluldmåtte, 100 mm	0,68	0,84	0,82	0,78	0,75	0,77
Mineraluldfiberplade, 13 mm, porøs, klæbet mod underlag	0,06	0,22	0,54	0,62	0,65	0,68
Mineraluldfiberplade, 13 mm, porøs, på 1" lægter	0,24	0,47	0,52	0,56	0,67	0,60
Mineraluldfiberplade, 13 mm, porøs, 30 cm fra underlag	0,48	0,35	0,42	0,60	0,74	0,82
Aluminiumkassette, perforeret, på 1" lægter, 7 mm mineraluldindlæg	0,08	0,12	0,20	0,48	0,70	0,68
Aluminiumkassette, perforeret, på 1" lægter, 32 mm mineraluldindlæg	0,12	0,32	0,60	0,88	0,82	0,82
Aluminiumpanel, 15 mm mineraluldindlæg, direkte på underlag	0,05	0,15	0,43	0,72	0,82	0,72
Aluminiumpanel, 40 mm mineraluldindlæg, 20 cm fra underlag	0,38	0,80	0,84	0,92	0,92	0,98

#### 4.2.3. HYGROTERMISKE FUNKTIONSKRAV

Ligesom de akustiske angår de hygrotermiske funktionskrav ikke dækkonstruktionen alene, men etageadskillelsen som helhed. I denne sammenhæng kan der blive tale om at stille funktionskrav med hensyn til

varmeisolering  
gulvets termiske egenskaber  
fugtisolering.

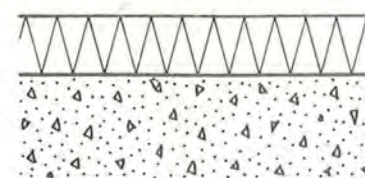
##### Varmeisolering

I almindelighed vil de temperaturforhold, der tilstræbes i en bygnings etager, være så ensartede, at der ikke er grund til at fordre nogen varmeisoleringsevne af etageadskillelserne (sml. indvendige skillevægge). Kun i særlige tilfælde, hvor der kan blive tale om væsentlige temperaturdifferencer, f.eks. hvor etagedækket adskiller opvarmede og ikke-opvarmede rum, særligt kolde eller særligt varme rum, tagrum, kælderrum etc., er der grund til at gøre konstruktionen varmeisolerende. De særlige forhold ved terrændæk er behandlet særskilt i HB 2.

For beboelsesbygninger skal ifølge BR 1966 etageadskillelser udføres i overensstemmelse med følgende krav til transmissionstallet:

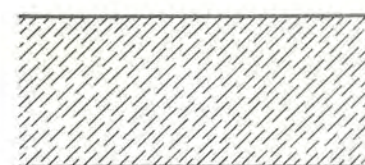
Gulve over ventilerede kryberum	$k \leq 0,50 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
Etageadskillelser over det fri (portrum og lign.)	$k \leq 0,40$ "
Etageadskillelser mod uopvarmede rum	$k \leq 0,50$ "
Etageadskillelser mod delvis opvarmede rum (kælderrum med fritliggende varmerør)	$k \leq 0,70$ "
Etageadskillelser mod særligt varme rum (kedelrum, bagerier og lign.)	$k \leq 0,50$ "
Lofts- og tagkonstruktioner, der begrænser opvarmede rum	$k \leq 0,40$ "

For andre bygninger end beboelsesbygninger gælder de samme lovbestemmelser i det omfang, bygningerne kan sidestilles hermed. Dette gælder således også arbejdsrum, der som følge



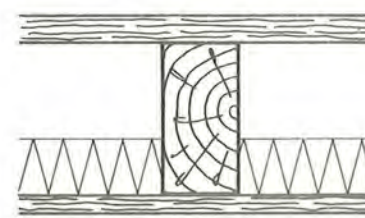
A. Tagdæk mod ventileret tagrum

14 cm jernbetondæk		
50 mm mineraluld	( $\lambda = 0,030$ )	$k = 0,51$
75 mm mineraluld	( $\lambda = 0,030$ )	$k = 0,36$
100 mm mineraluld	( $\lambda = 0,030$ )	$k = 0,28$



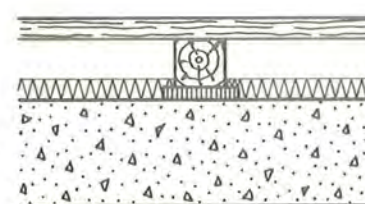
B. Tagdæk mod ventileret tagrum

15 cm porebeton	( $\lambda = 0,166$ )	$k = 0,91$
17,5 cm porebeton	( $\lambda = 0,166$ )	$k = 0,80$
20 cm porebeton	( $\lambda = 0,166$ )	$k = 0,71$
22,5 cm porebeton	( $\lambda = 0,166$ )	$k = 0,64$



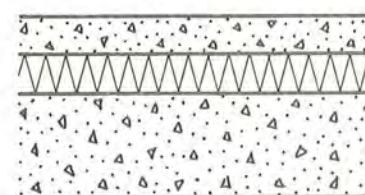
C. Træetageadskillelse

Træbjælker 4"·8" pr. 100 cm		
Gulvbrædder, forskalling, puds		
50 mm mineraluld	( $\lambda = 0,030$ )	$k = 0,44$
75 mm mineraluld	( $\lambda = 0,030$ )	$k = 0,34$
100 mm mineraluld	( $\lambda = 0,030$ )	$k = 0,28$



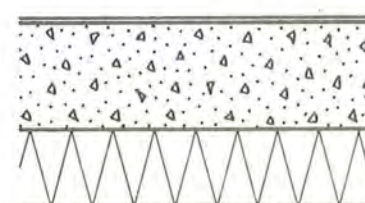
D. Etagedæk med trægulv

14 cm jernbetondæk		
Trægulv på strøer		
0 mm mineraluld		$k = 1,25$
30 mm mineraluld	( $\lambda = 0,030$ )	$k = 0,66$
50 mm mineraluld	( $\lambda = 0,030$ )	$k = 0,48$



E. Etagedæk med svømmende gulv

5 cm overbeton		
14 cm jernbetondæk		
10 mm mineraluld	( $\lambda = 0,033$ )	$k = 1,37$
30 mm mineraluld	( $\lambda = 0,033$ )	$k = 0,74$
50 mm mineraluld	( $\lambda = 0,033$ )	$k = 0,51$



F. Kælderdæk

Tynd gulvbelægning		
14 cm jernbetondæk		
5 cm trældbeton	( $\lambda = 0,100$ )	$k = 1,05$
10 cm trældbeton	( $\lambda = 0,080$ )	$k = 0,59$
12,5 cm trældbeton	( $\lambda = 0,080$ )	$k = 0,50$

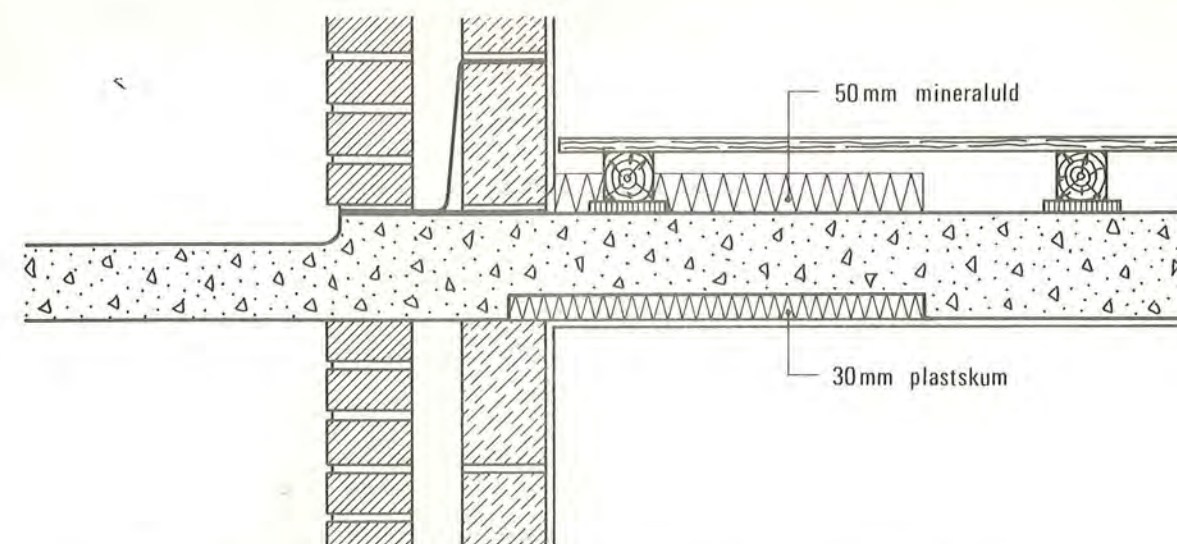
Figur 4.29: Eksempler på varmeisolering af dækkonstruktioner, snit 1:10. Transmissionstal i  $\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

af deres anvendelse kræves opvarmede til en rumtemperatur af mindst  $18^{\circ}\text{C}$ . For arbejdsrum, der ikke kræves opvarmede til  $18^{\circ}\text{C}$ , kan de nævnte transmissionstal forøges med 50%, dog 100% for lofts- og tagkonstruktioner, der begrænser opvarmede rum.

Dækkonstruktioner har i sig selv normalt så ringe varmeisoleringssevne, at der må træffes særlige foranstaltninger, hvis transmissionstallet skal bringes ned på de ovenfor anførte værdier. Dette sker sædvanligvis ved valg af en egnet gulv- eller loftskonstruktion, eller begge dele. Letbetondæk har dog i sig selv en betydelig varmeisoleringssevne, og for trædæks vedkommende er det overordentligt bekvemt at anordne et varmeisolerende "indskud", som vist i eksemplerne figur 4.03. Tidligere brugtes til dette formål oftest ler, slagter eller sand; nutildags anvendes udelukkende den langt mere effektive mineraluld. Isolering af tagdæk (mod tagrum) foretages simplest ved udlægning af et lag mineraluld (50-100 mm), som vist i eksemplet figur 4.29 A. Isolering af kælderdek og krybekælderdek foretages lettest over dækket, enten med mineraluld mellem et trægulvs strøer (figur 4.29 D) eller med en svømmende gulvkonstruktion (figur 4.29 E). Hvis konstruktionshøjden for gulvet er kneben, kan isoleringen f.eks. klares ved, at dækket støbes mod trældbetonplader (figur 4.29 F), hvorved der tillige opnås en vis lyddæmpning, hvilket kan være hensigtsmæssigt ved visse kælderrum (hobbyrum etc.).

Eksemplerne i figur 4.29 giver et indtryk af, hvor effektive de nævnte foranstaltninger er; men der er selvfølgelig mange andre måder at klare varmeisoleringen på, f.eks. ved nedhængte lofter, hvor isoleringen kombineres med løsningen af rumakustiske problemer. Ved praktiske dimensioneringsopgaver henvises til litt. [1968.2], hvor en række gangse konstruktioner er gennemregnet.

Et særligt varmeisoleringsproblem er kuldebroer, der hyppigt optræder ved dækkets tilslutning til ydervægge og især, hvor dækket bryder igennem ydervægge i forbindelse med altaner, ramper etc. Problemet løses almindeligvis ved at anordne en lokal isolering, f.eks. som vist på figur 4.30.



Figur 4.30: Kuldebroisolering ved altan, snit 1:10

#### Gulves termiske egenskaber

Gulvet indtager en særstilling derved, at det er den eneste bygningsdel, det menneskelige legeme er i varig berøring med. Det betyder, at der til gulvet kan blive tale om at stille visse krav med hensyn til dets termiske egenskaber, således at det i termisk henseende bliver behageligt at færdes på. Denne "varmebehagelighed" er ikke behandlet i den danske byggelovgivning, og heller ikke i den øvrige skandinaviske, hvorimod der f.eks. i Tyskland er fastsat normbestemmelser for prøvning af gulves varmebehagelighed (DIN 52614).

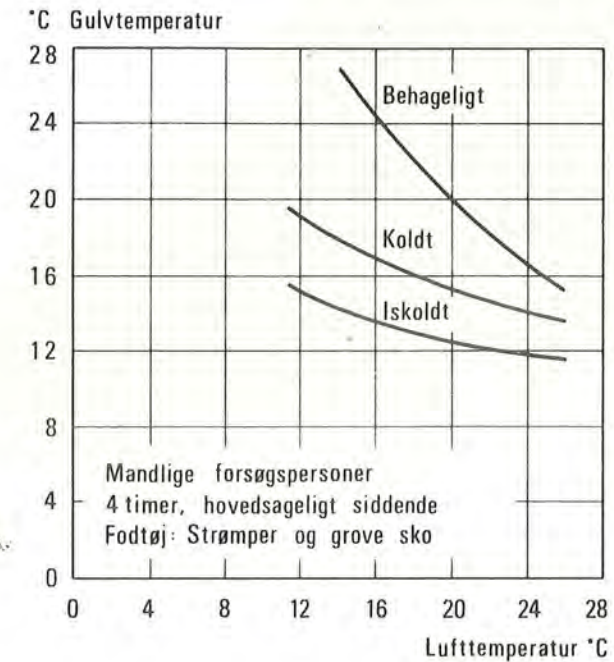
Et gulvs varmebehagelighed er et yderst kompliceret spørgsmål, der selvfølgelig i høj grad beror på subjektive fornemmelser; de fysiske forhold, der spiller en rolle i den forbindelse, er lufttemperaturen, golvtemperaturen, fodbeklædning, træk samt gulvets termiske egenskaber. Kravene til disse sidste er således yderst usikkert bestemte. I det følgende skal kort gennemgås, hvordan problemet kan angribes, i alt væsentligt gengivet efter litt. [1962.2].

De termiske krav til gulvet er selvsagt vidt forskellige, eftersom det drejer sig om færdsel med eller uden fodtøj; i det følgende behandles disse situationer derfor hver for sig. Gulve i badeværelser, boligens opholdsrum (herunder kollegie- og hotelværelser), sygestuer, børnehaver, vuggestuer, badeanstalter, gymnastiksale etc. bør være termisk behagelige ved færdsel såvel med som uden fodtøj, medens andre gulve ikke nød-

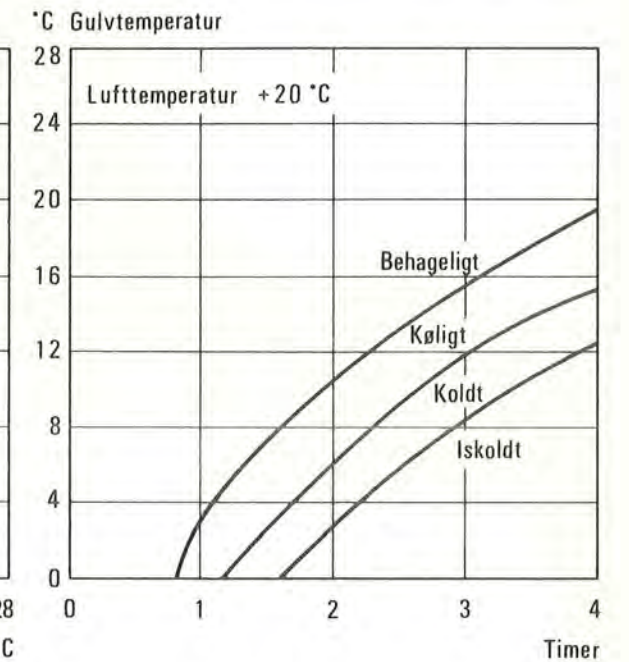
vendigvis behøver at være varmebehagelige ved barfodet færdsel. <

#### Færdsel med fodtøj

På grundlag af meget omfattende undersøgelser med forsøgspersoner er det konstateret, at gulvets termiske egenskaber stort set er uden indflydelse på varmebehageligheden ved færdsel med fodtøj. Det er væsentligst gulv- og lufttemperaturen, der betyder noget, jvf. figur 4.31. Men også den tid, ophol-



Figur 4.31: Varmebehagelighedens temperaturafhængighed



Figur 4.32: Varmebehagelighedens tidsafhængighed

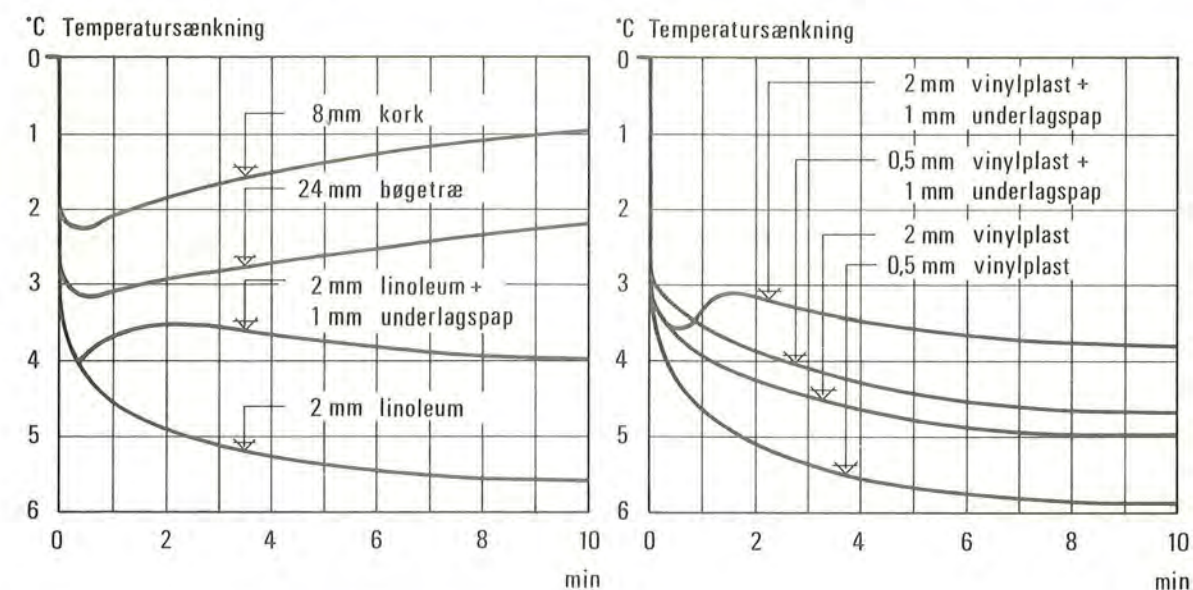
det varer, spiller en stor rolle, jvf. figur 4.32. Begge figurer er gengivet efter litt. [1959.1]. Ved den praktiske anvendelse af disse resultater må man imidlertid være opmærksom på, at ikke alt fodtøj er lige godt varmeisolerende, hvilket kan influere ganske væsentligt på behagelighedskriterierne.

Gulvet kan imidlertid ikke blot være for koldt, men også for varmt, således at fodens varmeafgivelse vanskeliggøres. På grundlag af eksperimentelle undersøgelser synes det at kunne fastslås, at opvarmede gulves overfladetemperatur ikke bør overstige 25-27°C, afhængigt af luftens temperatur (litt. [1962.2]).



### Færdsel uden fodtøj

Et uopvarmet gulvs temperatur ligger almindeligvis nogle °C under rumluftens temperatur, for almindelige opvarmede rum altså på omkring 18°C, d.v.s. en halv snes °C under den nøgne fods behageligste hudtemperatur. Det betyder, at en fod, der sættes på gulvet, får et temperaturfald; dette sker næsten momentant, og dets størrelse afhænger i væsentlig grad af gulvets termiske egenskaber, d.v.s. gulvmaterialets varmeledningstal  $\lambda$  og temperaturlledningstal  $a$  ( $a = \lambda/c \cdot \rho$ , hvor  $c$  og  $\rho$  er henholdsvis varmekapaciteten og rumvægten). For visse gulvmaterialer stiger fodsålens temperatur derefter, medens den for andre gulvmaterialer fortsat vil falde, således som det fremgår af figur 4.33 (jvf. litt. [1962.2]), der viser tempera-



Figur 4.33: Temperaturmåling med kunstig "fod"

turforløbet målt med en kunstig "fod" med undersidetemperatur 30°C og ved en gulvtemperatur på 18°C. En ligeså oplysende - og i måleteknisk henseende mere bekvem - metode er at måle varmestrømmen mellem fod og gulv. Denne prøvemethode, hvor "fodens" indvendige temperatur sættes = 33°C, er standardiseret i DIN 52614 og kan anvendes både ved laboratorieprøver og ved prøver in situ. I sidstnævnte tilfælde korrigeres den ved gulvtemperaturen  $t_g$  målte varmestrøm  $W'$  (kcal/m<sup>2</sup>h) til standard-gulvtemperaturen  $t_g = 18^\circ\text{C}$  ved udtrykket

$$W = \frac{15^\circ\text{C}}{33^\circ\text{C} - t_g} \cdot W'$$

Heraf beregnes  $W_1$  og  $W_{10}$  som varmemstrømmen i løbet af henholdsvis 1 minut og 10 minutter ( $\text{kcal/m}^2$ ).

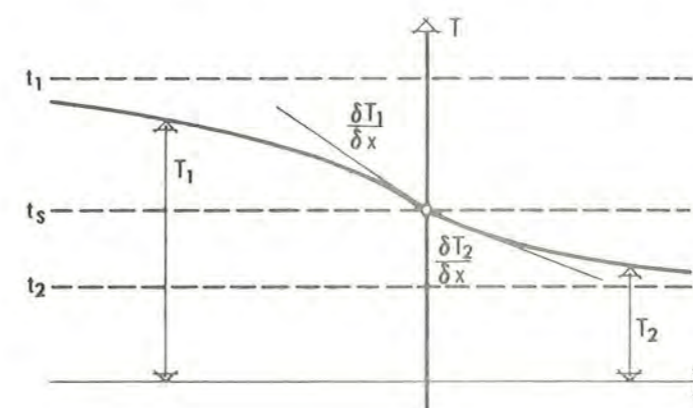
På grundlag af målinger med forsøgspersoner kan opstilles følgende subjektive behagelighedskriterier

	Afkøling af fodsålen efter 10 minutter $^{\circ}\text{C}$	Varmestrøm i 10 minutter, $W_{10}$ $\text{kcal/m}^2$
Behageligt	< 4	< 85
Køligt	4-6	85-120
Koldt	6-12	120-150
Iskoldt	> 12	> 150

Figur 4.33 viser, at trægulve og korkgulve er behagelige ved barfodet færdsel; linoleum- og vinylbelægninger må dels være tilstrækkelig tykke (min. 2 mm), dels have et lag underlagspap, for at være varmebehagelige. Måleresultaterne refererer til belægninger på beton, og gulvtemperaturen var  $18^{\circ}\text{C}$ . Ved koldere gulve vil det være vanskeligt at opnå tilstrækkelig varmebehagelighed.

Indtil et tilstrækkeligt stort forsøgsmateriale har klarlagt forholdene nærmere, kan det være nyttigt at kunne foretage en kalkulation over varmebehageligheden. Til det formål skal først defineres det såkaldte berøringstal, der er et mål for, hvordan temperaturen indstiller sig i berøringsfladen mellem to legemer af forskellig begyndelsestemperatur.

Bringes et halvuendeligt legeme med temperaturen  $t_1$ , varmeled-



Figur 4.34: Temperaturforløb ved berøring

ningstallet  $\lambda_1$  og temperaturledningstallet  $a_1$  til tidspunktet  $h = 0$  i berøring med et tilsvarende med temperaturen  $t_2$ , varmeledningstallet  $\lambda_2$  og temperaturledningstallet  $a_2$ , vil der foregå en varmeoverføring ved eendimensional ledning i en retning  $x$  vinkel-

ret på den plane berøringsflade. Temperaturerne  $T_1$  og  $T_2$  i de to legemer er bestemt ved varmeledningsligningen

$$\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} = \frac{1}{a} \cdot \frac{\delta T}{\delta h} = \frac{c \cdot \gamma}{\lambda} \cdot \frac{\delta T}{\delta h},$$

der med begyndelsestilstandene

$$T_1(x, h) = T_1(x, 0) = t_1$$

$$T_2(x, h) = T_2(x, 0) = t_2$$

for  $h > 0$  har løsningerne

$$T_1(x, h) = t_s + (t_s - t_1) \cdot \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{a_1} \cdot \sqrt{h}} \quad (-\infty < x \leq 0)$$

$$T_2(x, h) = t_s + (t_2 - t_s) \cdot \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{a_2} \cdot \sqrt{h}} \quad (0 \leq x < \infty),$$

hvor  $t_s$  er de to legemers fælles temperatur for  $x = 0$ , berøringsringstemperaturen, og erf er fejlfunktionen

$$\operatorname{erf} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-\phi^2} d\phi$$

Til et vilkårligt tidspunkt  $h > 0$  er temperaturgradienterne i de to legemer

$$\frac{\delta T_1(x, h)}{\delta x} = \frac{t_s - t_1}{2\sqrt{a_1} \cdot \sqrt{h}} \cdot e^{-x^2} \quad (-\infty < x \leq 0)$$

$$\frac{\delta T_2(x, h)}{\delta x} = \frac{t_2 - t_s}{2\sqrt{a_2} \cdot \sqrt{h}} \cdot e^{-x^2} \quad (0 \leq x < \infty)$$

I ethvert snit  $\perp$  x-aksen må varmestrømmen  $\frac{\delta T}{\delta x} \cdot \lambda$  være ens på de to sider af snittet, ved berøringsfladen altså

$$\frac{\delta T_1(0, h)}{\delta x} \cdot \lambda_1 = \frac{\delta T_2(0, h)}{\delta x} \cdot \lambda_2$$

der sammen med det foregående for  $x = 0$  giver

$$\frac{t_s - t_1}{\sqrt{a_1}} \cdot \lambda_1 = \frac{t_2 - t_s}{\sqrt{a_2}} \cdot \lambda_2$$

Heraf fås umiddelbart

$$\frac{t_1 - t_s}{t_s - t_2} = \frac{\lambda_2/\sqrt{a_2}}{\lambda_1/\sqrt{a_1}} = \frac{\sqrt{\lambda_2 \cdot c_2 \cdot \gamma_2}}{\sqrt{\lambda_1 \cdot c_1 \cdot \gamma_1}} = \frac{b_2}{b_1}$$

Størrelsen  $b = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \gamma}$  for hvert af de to legemer benævnes berøringsstallet, og ligningen udtrykker altså, at temperaturændringen ved berøringsfladen er omvendt proportional med berøringsstallet.

Berøringstemperaturen  $t_s$  bestemmes af

$$t_s = \frac{b_1 \cdot t_1 + b_2 \cdot t_2}{b_1 + b_2}$$

I berøringens første øjeblik indtræder denne temperatur momentant. I dette øjeblik er varmestrømmen ved berøringsfladen meget stor, idet temperaturgradienten her i princippet er uendelig stor. Efterhånden aftager gradienten, og isokronerne flader ud, temperaturændringen "trænger dybere og dybere ind" i legemerne. Isokronerne har til stadighed et knæpunkt i berøringsfladen, svarende til brydningsforholdet  $\lambda_1/\lambda_2$ .

Når en bar fod sættes på et gulv, er forholdene selvfølgelig væsentlig mere komplicerede. Strømningen er ikke eendimensionel, og gulvets og specielt fodens termiske egenskaber samt fodens temperatur er ikke ensartede. Alligevel giver berøringsstallet et udmærket begreb om gulvets varmebehagelighed. På grundlag af de i det foregående omtalte undersøgelser med forsøgspersoner synes det at kunne fastslås, at et gulvs berøringsstal ikke bør overstige  $10 \text{ kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}^{0.5}$  (litt. [1962.2]), hvis det skal være varmebehageligt ved barfodet færdsel og gulvtemperatur  $18^\circ\text{C}$ . Fodens berøringsstal kan ved tilnærmelsesberegninger af berøringstemperaturen sættes til  $\sim 16 \text{ kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}^{0.5}$ . Til illustration er på side 53 efter litt. [1962.2] gengivet nogle karakteristiske gulvmaterialers termiske egenskaber.

Det bemærkes, at ved tynde gulvbelægninger spiller de dybere liggende materialer en rolle, mest naturligtvis for belægninger med stort berøringsstal. Inden for det tidsrum af 10 minutter, som er det væsentlige i denne sammenhæng, er f.eks. 2 cm kork eller 5 cm beton tilstrækkeligt til, at berøringstemperaturen kan beregnes tilnærmet efter ovenstående udtryk.

På tilsvarende måde kan berøringstallet benyttes til at give et begreb om den temperatur, ved hvilken et gulv af et givet materiale føles ubehageligt varmt ved barfodet færdsel. Som maksimal berøringstemperatur kan passende sættes  $45^{\circ}\text{C}$ .

Materiale	$\gamma$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ kcal mh <sup>0</sup> C	c kcal kg <sup>0</sup> C	b kcal 0Cm <sup>2</sup> h <sup>0,5</sup>
Marmor	2700	2,5	0,2	37
Beton	2200	1,5	0,25	29
Støbeasfalt	2100	0,7	0,3	21
Keramiske fliser	2200	0,9	0,2	20
Vinylplast	1600-1800	0,20-0,35	0,3	10-14
Linoleum	1200	0,15	0,4	9
Hårde træfiberplader	1000	0,11	0,4	7
Egeparket	700	0,14	0,5	7
Fyrrebrædder	500	0,12	0,5	6
Korkplader	500	0,07	0,5	4

Det skal dog atter understreges, at kalkulationer af den art må tages med alt muligt forbehold; de kan kun give et groft fingerpeg om varmebehageligheden. Hvorvidt et gulv er varmebehageligt eller ej, kan kun afgøres eksperimentelt, og det må desuden erindres, at en lang række andre forhold end gulvets termiske egenskaber har betydning for behagelighedsfølelsen.

#### Fugtisolering

Til imødegåelse af fugtproblemer kan der til en dækkonstruktion blive tale om at stille funktionskrav med hensyn til

vandtæthed  
diffusionstæthed.

Hertil kommer ligesom ved andre bygningsdele foranstaltninger mod byggefugt og fugtbroer (fugttransport ved kapillarsugning).

Den danske byggelovgivning indeholder ingen konkrete bestemmelser i så henseende, bortset fra en generel bestemmelse om,

at kondensfugt skal undgås, og der findes ingen standardiserede prøvningsbestemmelser. De særlige fugtproblemer i forbindelse med terrændæk er behandlet særskilt i HB 2.

#### Vandtæthed

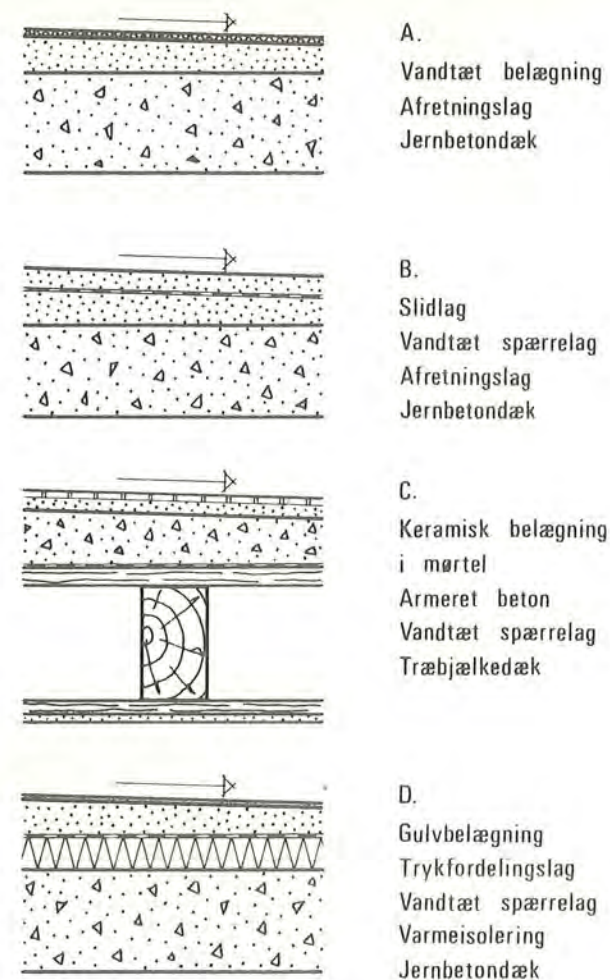
I boligbyggeri er det kun i de "våde" rum, baderum og vaske- rum, etageadskillelsen behøver at være vandtæt; men i badeanstalter, laboratorier og navnlig i industribyggeri, såsom slagterier, mejerier og bryggerier, vil det meget ofte være nødvendigt at udføre etageadskillelser vandtætte. Vandtætheden må tilvejebringes i gulvkonstruktionen, enten ved en vandtæt gulvbelægning eller ved særlige vandtætte spærrelag, idet dækstrukturen almindeligvis ikke i sig selv kan udføres tilstrækkelig vandtæt.

De mest anvendte materialer til vandtætning af dækstruk- tioner er

- asfaltpapper (ét eller flere lag; klæbet i varm asfalt)
- metalfolier (klæbede)
- plastfolier (svejste, klæbede eller overlappende)
- spartelmasser (plast eller bitumen).

Til mindre krævende opgaver kan man eventuelt klare vandtæt- ningen med et par gange strygning med varm asfalt.

Hvilken form for vandtætning der er mest hensigtsmæssig, af- hænger af de andre krav, der må stilles til gulvet, samt de praktiske udførelsesmuligheder. Figur 4.35 viser nogle eksem- pler på, hvordan vandtætheden kan tilvejebringes. Den simple- ste løsning er at udføre selve gulvbelægningen vandtæt (A). Til dette formål er navnlig PVC-belægninger egnede, enten i form af baner, der sammensvejses, eller som fliser, der klæ- bes til underlaget med et vandfast klæbestof. Forud for læg- ningen må der foretages en finafretning, enten ved spartling eller - ved trægulve - med et underlag af f.eks. træfiberpla- de. Er den vandtætte belægning ikke tilstrækkelig slidstærk til gulvets formål, må vandspærren beskyttes med et slidlag (B). Til denne konstruktion anvendes hyppigst spartling, klæ- bede asfaltpapper eller plastfolier. Udsættes gulvet for sto- re temperaturvariationer, er det overordentlig vigtigt at sikre lagets dilatationsmuligheder. Keramiske belægninger på



Figur 4.35: Vandtætte etageadskillelser, snit 1:10

skåle etc. Eksempler på den praktiske udførelse er givet i HB 7.

#### Diffusionstæthed

Ganske analogt med varmeisolering gælder det for diffusions-tæthed, at klimaet inden for en bygnings etager normalt er så ensartet, at der ikke foregår nogen vanddampdiffusion gennem etageadskillelserne. Kun i de særlige tilfælde, hvor det er nødvendigt at varmeisolere, kan der være grund til at bremse diffusionen, dels for at forhindre reduktion af isoleringsevnen, dels for at beskytte fugtfølsomme materialer mod ødelægelse. Dette gælder navnlig træetagedæk mod kolde rum som kældre, krybekældre og tagrum; sådanne dæk må på den varme side beskyttes mod kondensdannelse ved en dampbremse af f.eks. plastfolie eller aluminiumfolie. Hvorvidt dette er nødvendigt, kan afgøres ved en diffusionsberegning som beskrevet i

trædæk fordrer et underlag af armeret beton (C); som vandtætning anvendes hyppigst klæbede asfalt-papper eller plastfolier. Det samme gælder ved svømmende gulve (D); i tilfælde, hvor den færdige konstruktion ikke fordres vandtæt, tjener laget til at beskytte isoleringen mod støbevand og kan i så fald blot udføres med overlappning.

For at sikre en effektiv vandafledning bør sådanne gulve udføres med fald mod afløb. Faldets størrelse afhænger af belægningens jævnhed, men bør normalt ikke være mindre end 1:100. Af stor betydning er de-taillerne ved gulvets tilslutning til vægge og ved rørgennemføringer, afløbs-

HB 10.3.5. For træbjælkedæk er det ligeledes vigtigt, at tømmeret er tilstrækkelig tørt (maksimalt 20% fugtindhold) inden indbygningen.

Nedhængte lofter kan give anledning til særlige fugtproblemer, specielt når der i konstruktionen indgår træ eller ubeskyttet stål. Hvis ikke loftkonstruktionen fungerer som ventilationsloft, bør der etableres en effektiv udluftning af hulrummet for at undgå skader fra byggefugt.



#### 4.2.4. BRANDTEKNISKE FUNKTIONSKRAV

I henhold til dansk lovgivning skal der til dækkonstruktioner stilles brandtekniske funktionskrav ud fra såvel almindelige sikkerhedsmæssige synspunkter som civilforsvarsmæssige synspunkter, altså svarende til henholdsvis

fredsforhold  
krigsforhold.

De almindelige sikkerhedsmæssige funktionskrav er nedfældet i den almindelige byggelovgivning og specificeret i BR 1966, medens de civilforsvarsmæssige er indeholdt i en særlig lov (lov nr. 253 af 27.5.1950 om bygningsmæssige civilforsvarsforanstaltninger). I denne lovs kapitel 1 bestemmes det, at enhver bygning - bortset fra visse mindre bygninger med maksimalt 2 etager samt bygninger til land-, have- eller skovbrug - skal udføres med "brandsikre" etageadskillelser, herunder dæk over kælder, samt at der i bygninger på 3 eller flere etager tillige skal udføres "brandsikker" overdækning over øverste etage. Dette sidste krav stilles desuden til fabriks-, værksteds-, lager- og forsamlingsbygninger med mere end 1 etage og 300 m<sup>2</sup> grundflade. Hvad der i lovens forstand menes med "brandsikker" er i medfør af lovens §4 nedfældet i "Bekendtgørelse af 16.4.1962 om brandsikre etageadskillelser m.v." samt "Bekendtgørelse af 18.8.1969 om godkendelse af konstruktioner som brandsikre etageadskillelser m.v.".

Denne lovgivning på det brandsikkerhedsmæssige område kan forventes afløst af en ny, der adskiller sig fra den hidtidige på bl.a. følgende punkter:

1. Alt boligbyggeri henlægges i brandteknisk henseende under den almindelige byggelovgivning, hvilket bl.a. medfører, at kravet om brandsikker overdækning over øverste etage bortfalder.
2. Alt andet byggeri - herunder også bygninger til land-, have- og skovbrug - sorteres i civilforsvarsmæssig henseende under indenrigsministeriet.

For boligbyggeri stilles der efter de hidtidige bestemmelser krav om, at etageadskillelser skal udføres som

## BS-bygningsdel 60

(jvf. HB 10.4.3.); undtaget herfra er kun eenfamiliehuse, dobbelthuse, rækkehuse etc. (maksimalt 2 etager), hvor kravet er

## BD-bygningsdel 60

samt andre beboelsesbygninger i indtil 2 etager (brandceller  $\leq 150 \text{ m}^2$ ), hvor etageadskillelser alternativt kan udføres som

## BD-bygningsdel 90;

herudover stilles der det krav, at beklædninger på lofter skal være af

## klasse 1

(jvf. HB 10.4.3.); undtaget herfra er kun lofter (ikke kælderlofter) i beboelsesbygninger i indtil 2 etager, hvor der kan udføres beklædninger af

## klasse 2.

For andet byggeri end boligbyggeri er kravene til dækkonstruktioners brandtekniske egenskaber ikke specificeret i BR 1966.

Den brandtekniske klassifikation af en dækkonstruktion eller en beklædning kan alene ske på grundlag af prøvning (jvf. HB 10.4.3.), idet den nugældende lovgivning herhjemme ikke som f.eks. den svenske hjemler mulighed for en beregningsmæssig eftervisning af en konstruktions brandstabilitet. Som eksempler på brandteknisk anvendelige etageadskillelser anfører BR 1966 (tillæg 6)

BS 60: 8 cm massiv jernbetonplade

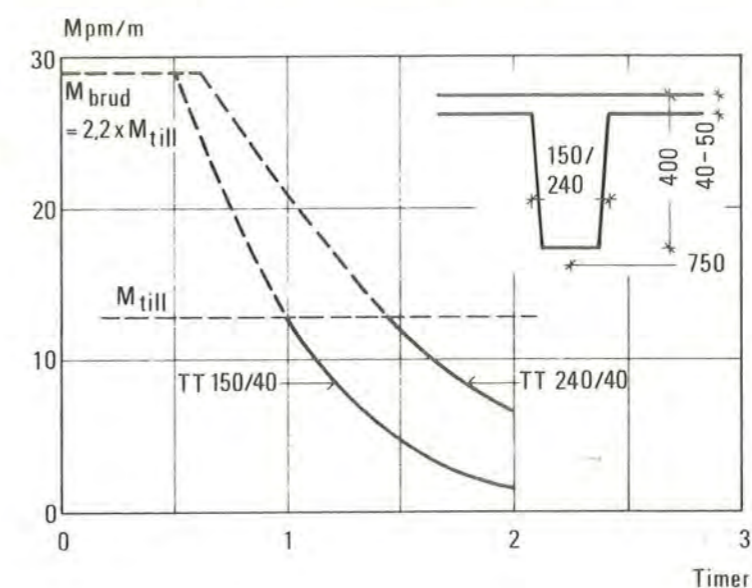
BD 60: Træbjælkelag med 1" gulv, 50 mm indskud på 3/4" indskudsbrædder, 3/4" forskalling, rør og puds.

Eksempelvis er samtlige de på figur 4.05 og 4.06 viste jernbeton-, spændbeton- og letbetondæk samt tegldækkene figur

4.07 A og 4.07 B klassificeret BS-bygningsdel 60, medens trædækkene figur 4.03 A og 4.03 D samt stålbjælkedækket figur 4.04 A er klassificeret BD-bygningsdel 60, forudsat der på undersiden er enten rør og puds eller en dobbelt beklædning af klasse 1 eller 2. Trædækkene figur 4.03 B og 4.03 C er utilstrækkeligt brandisoleret, og ligeledes må staldækkene figur 4.04 B og 4.04 C samt teglbuedækket figur 4.07 C brandisoleres for at kunne klassificeres mindst BD-bygningsdel 60.

BR 1966, tillæg 6, angiver detaljerede retningslinier for udformningen af beklædninger af klasse 1 og 2. For klasse 2 skelnes mellem beklædninger henholdsvis med og uden bagved liggende hulrum, idet der til den første kategori må stilles strengere krav end til den sidste. Ligeledes er der givet retningslinier for, hvordan beklædninger af klasse 2 kan profileres.

Som eksempel på beregningsmæssig eftervisning af dækkonstruktioners brandstabilitet er på figur



Figur 4.36: TT-spændbetonelementers bæreevne under standardbrand

kendskab til materialernes styrkeegenskaber under brand. Dæklaget til spændarmeringen er minimalt 25 mm. Som det fremgår, er TT 150/40-elementet BS 60, medens TT 240/40-elementet er BS 90. Denne væsentlige indflydelse af ribbernes bredde kommer ikke til udtryk i den danske lovgivning.

4.36 vist, hvorledes TT-spændbetonelementers brudmoment varierer under en standardbrand (HB 10.4.3., figur 10.69), gengivet efter litt. [1968.3]. Beregningerne er baseret på beregning af temperaturfeltets udbredelse over tværsnittet under den givne ydre temperaturpåvirkning samt

Til gulve stiller den skandinaviske byggelovgivning ingen krav i brandteknisk henseende. Det er dog klart, at der ved visse anvendelser må stilles krav til gulvets brandtekniske egenskaber, således eksempelvis i værksteder og laboratorier, hvor der er risiko for nedfaldende gløder, eller i ekspeditions- og forsamlingslokaler (tændstikker og glødende tobaksvarer). I værksteds- og lagerrum, hvor der kan dannes letantændelige dampe, kan der tillige være tale om at fordre en gulvbelægning, der ikke er gnistdannende ved færdsel. Tyske normer (DIN 51960 og DIN 51961) angiver retningslinier for prøvning af gulves brandtekniske egenskaber.

De civilforsvarsmæssige funktionskrav administreres i henhold til de på side 57 omtalte bekendtgørelser på den måde, at konstruktioner, der kræves "brandsikre", kan udføres som BS-bygningsdel 60 eller som bygningsdele, hvortil der individuelt er meddelt godkendelse til denne anvendelse. I begge tilfælde fordres, at dækkonstruktionen er understøttet på konstruktioner svarende til mindst BS-bygningsdel 60.

#### 4.2.5. ANDRE FUNKTIONSKRAV

Udover de i det foregående behandlede funktionskrav må der til en etageadskillelse almindeligvis stilles en række andre krav, specielt til gulvkonstruktionen, der ifølge sagens natur er den bygningsdel, der er mest udsat for nedbrydende påvirkninger. Alt efter konstruktionens formål kan der blive tale om at stille funktionskrav med hensyn til

slidstyrke  
 hårdhed  
 ✓ formbestandighed  
 varmebestandighed  
 frostbestandighed  
 skridsikkerhed  
 kemisk modstandsdygtighed  
 bakteriologiske egenskaber  
 lugt  
 elektriske egenskaber  
 farve- og lysægthed  
 renholdelsesmulighed  
 reparationsmulighed.

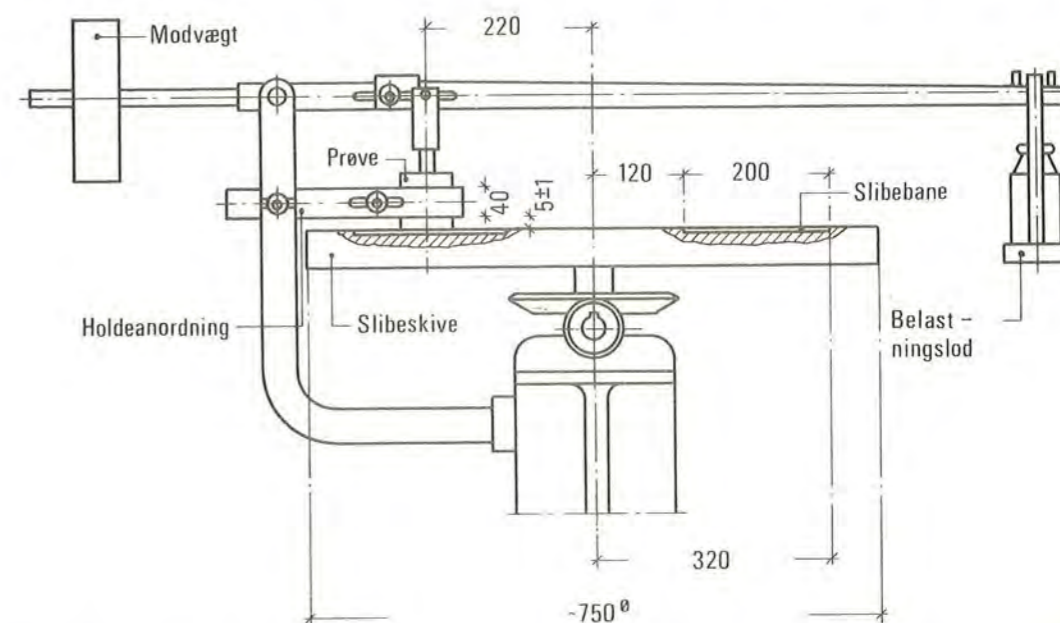
Disse funktionskrav frembyder ikke i samme grad som de øvrige funktionskrav sikkerhedsproblemer og er derfor ikke - eller kun ganske sporadisk - behandlet i byggelovgivningen, hverken herhjemme eller i det øvrige Skandinavien. Ikke desto mindre er netop disse egenskaber af største betydning for valg af gulvkonstruktion, og når de ikke i højere grad er gjort til genstand for normeret prøvning, skyldes det simpelthen vanskelighederne ved at anstille en systematisk analyse af disse forhold, såvel med hensyn til at karakterisere materialernes egenskaber som med hensyn til at formulere kravene til dem under de forskelligartede forhold, hvorunder de anvendes. Problemerne er bl.a. behandlet af Nordisk Komité for Bygningsbestemmelser; under denne arbejder et særligt "Gulvudvalg" med opstilling af et klassifikationssystem for gulvmaterialer og påvirkninger af disse (litt. [1966.3]). Et sådant er allerede udviklet i Frankrig, UPEC-systemet, der dog kun omfatter 4 egenskaber, nemlig med hensyn til slitage, indtryk, vand og kemiske påvirkninger.

I det følgende skal kort omtales nogle enkelte af de mange egenskaber, et gulv må have, samt angives de prøvemethoder, der - navnlig i Tyskland - er udviklet til at karakterisere dem.

### Slidstyrke

Sammen med renholdessegenskaberne er slidstyrken den egenskab, der i teknisk henseende har størst betydning ved valg af gulvkonstruktion, mest naturligvis i kontor- og ekspeditionslokaler, butikker, skoler og laboratorier, fabriks- og værkstedslokaler etc., men også i boliger (trapper, entreer og køkkener) er gulvets slidstyrke af væsentlig betydning. Der har været gjort talrige forsøg på at konstruere apparatur til accellereret prøvning af denne egenskab, men det har vist sig overordentligt vanskeligt at få en rimelig korrelation mellem de eksperimentelt bestemte egenskaber og den slidstyrke, gulvmaterialerne viser sig at have under praktiske forhold.

I Tyskland er standardiseret det på figur 4.37 viste apparatur til prøvning af uorganiske, ikke-metalliske gulvbelægnin-

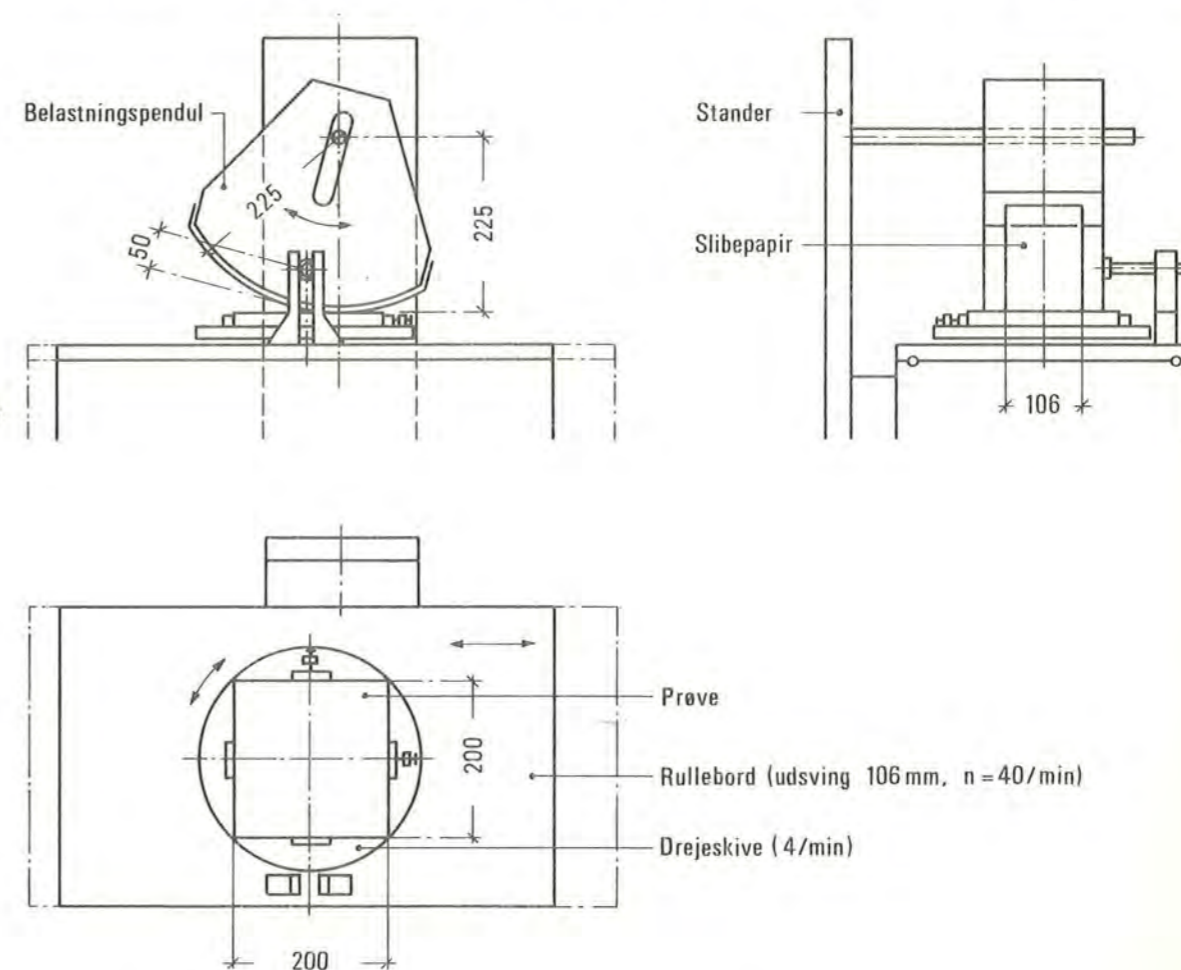


Figur 4.37: Prøvning af uorganiske, ikke-metalliske materials slidstyrke, DIN 52108

gers slidstyrke. Det 50 cm<sup>2</sup> kvadratiske prøvelegeme, påklæbet en letmetalplade, belastes med 30 kp og påvirkes af den roterende (3,5/min.) slibeskive. Materialets slidstyrke ka-

rakteriseres ved tykkelsesformindskelsen efter 80 omdrejninger. Prøven udføres både med tørre og gennemvædede belægnings-

Til prøvning af bituminøse belægnings, trægulve, linoleum-, gummi- og plastbelægnings etc. anvendes det på figur 4.38 viste apparatur (DIN 51954). Det 400 cm<sup>2</sup> kvadratiske prøvelegeme, påklæbet en letmetalplade, fastgøres til en skive, der drejer sig 4 omgange pr. minut samtidig med, at bordet, hvorpå skiven er fastgjort, foretager en rullebevægelse, 40/minut. Under bevægelsen påvirkes prøven af et læderbeklædt pendul, der vugger i takt med bordets bevægelser. En cyklus



Figur 4.38: Prøvning af organiske gulvmaterialers slidstyrke, DIN 51954

omfatter 200 dobbeltudslag samt 5 dobbeltudslag, hvor pendulet er belagt med slibepapir. En prøvning omfatter 10 eller 22 cykler for belægnings til henholdsvis let eller middelsvær fodgængertrafik. Belægningens slidstyrke karakteriseres

ved tykkelsesformindskelsen.

En lignende prøvemethode anvendes i Sverige. Til illustration af nogle gulvmaterialers relative nedslidning gengives efter litt. [1964.1]

<u>Materiale</u> -----	<u>Nedslidning (mm<sup>3</sup>/200 skridt)</u>
Bøgetræ	70 - 110
Linoleum (ubonet)	25 - 100
Kork	65 - 100
Gummi	25 - 65
Asfalt	180 - 450
Vinylasbest	100 - 500
Vinylplast med kvartsfiller	12 - 65
Vinylplast med ringe filler-	0 - 30
<u>indhold</u> -----	

For gulvtekstiler har det vist sig overordentligt vanskeligt at karakterisere slidstyrken, dels fordi en entydig tykkelsesmåling er vanskelig, dels fordi tykkelsen ikke i sig selv er et særlig godt mål for graden af slitage. Herhjemme anvendes mest accellereret prøvning i et slidstyrkeapparat med horisontale slidbevægelser; slidstyrken karakteriseres ved tykkelsesmåling og visuel bedømmelse.

#### Kemisk modstandsdygtighed

Gulve og lofter er som andre bygningsdele under visse omstændigheder udsat for nedbrydning som følge af kemiske påvirkninger. I svømmehaller f.eks. er mange typer loftkonstruktioner uegnede på grund af luftens klorindhold i forbindelse med høj fugtighed. Men bortset fra sådanne specielle tilfælde er det væsentligst til gulve, der må stilles krav om kemisk modstandsdygtighed. Dette gælder selvfølgelig navnlig gulve i laboratorier, industrivirksomheder etc., hvor der er risiko for spild af aggressive stoffer, men herudover må ethvert gulv kunne modstå påvirkninger fra de rengøringsmidler, der kan forventes anvendt.

I flere lande, f.eks. Tyskland, England og Frankrig, er der opstillet klassifikationsregler for gulvmaterialers kemiske egenskaber, men endnu er der ingen international norm, som



gør en sammenligning af de forskellige resultater mulig. I nedenstående oversigt er med ÷ angivet en række materialer, der enten slet ikke eller kun under visse omstændigheder tåler vedvarende påvirkning af forskellige kemikalier. En omfattende oversigt over materialers kemiske resistens er givet i litt. [1950.1].

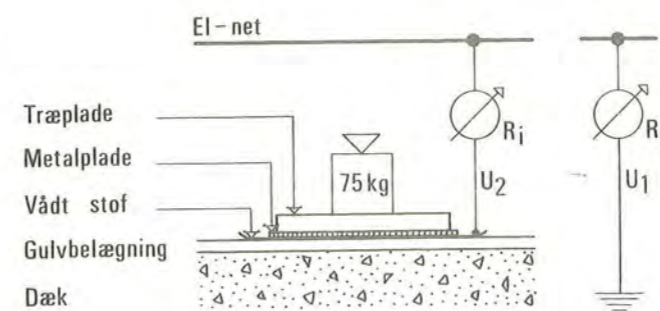
	Syre	Vand	Alkali	Olje, fedt
Cementbundne materialer	÷			(÷)
Magnesiabundne materialer	÷	÷	÷	
Keramiske materialer	(÷)			
Kalkholdig natursten	÷			
Andre natursten	(÷)			
Asfalt	(÷)		÷	÷
Gummi	(÷)			÷
Plastmaterialer				(÷)
Linoleum	(÷)		÷	(÷)
Kork	(÷)			
Træ	÷	(÷)	÷	
Stål	÷	(÷)		

#### Elektriske egenskaber

Gulve i visse fabrikations- og værkstedslokaler, navnlig maskintekniske og elektromekaniske, laboratorier etc. må af hensyn til personsikkerheden have en begrænset elektrisk ledningsevne. Gulvets elektriske modstand  $R_g$  måles ved den på figur 4.39 viste opstilling og beregnes som

$$R_g = R_i (U_1 / U_2 - 1),$$

hvor  $R_i$  er voltmeters indre modstand, og  $U_1$  og  $U_2$  er de målte spændingsfald fra nettet til henholdsvis jord og gulv. Den således målte modstand  $R_g$  skal i henhold til tyske og svenske normer være over 50.000 Ohm, hvilket er tilfældet ved de fleste gulvbelægnings af træ, asfalt, linoleum, plast, kork



Figur 4.39: Måling af gulves elektriske modstand

etc., medens betongulve og keramiske belægninger normalt ikke opfylder kravet, (litt. [1964.1]).

Er gulvets elektriske modstand meget høj, er der imidlertid risiko for opladning af statisk elektricitet, et forhold, der navnlig er aktualiseret ved den efterhånden hyppige anvendelse af plastbelægninger. For operationsstuer foreskriver svenske normer således, at gulvets modstand mellem to punkter i en meters afstand skal være mellem 25.000 og 500.000 Ohm. Også i kontor-, butiks- og skolebyggeri må der tages hensyn til disse forhold ved valg af gulvbelægning.

Tyske forskrifter for prøvning af gulves elektriske egenskaber er nedfældet i DIN 51953.

#### Renholdelsesegenskaber

I en lang række bygninger, såsom skoler, kontorer, restauranter, butikker og hospitaler, er det ikke usædvanligt, at udgifterne til daglig rengøring andrager 30-40 kr./m<sup>2</sup>år, d.v.s. af en størrelsesorden, som langt overstiger enhver anden driftsudgift (varme, ventilation, el etc.), når bortses fra forrentning. Mindre udtalt er dette forhold i fabriks- og lagerbygninger, og for boligens vedkommende er det vanskeligt at tilvejebringe tilstrækkeligt materiale til belysning af renholdelsesarbejdets omfang. Under alle omstændigheder er renholdelsen et forhold, som må ofres en meget betydelig opmærksomhed under projekteringen.

Af renholdelsesudgifterne i den nævnte kategori af bygninger tegner gulvene sig for omkring halvdelen, altså 15-20 kr./m<sup>2</sup>år; regnes til sammenligning med en anskaffelsespris på 60 kr./m<sup>2</sup> og en levetid på 30 år for gulvbelægningen og en forrentning på 7,5% p.a., altså en forrentning og afskrivning på 6,50 kr./m<sup>2</sup>år, vil det umiddelbart ses, at det ud fra en driftsøkonomisk betragtning er et gulvs egenskaber med hensyn til renholdelse, der må tillægges størst vægt ved valg af gulv. Dette forhold har i høj grad været medvirkende til den stærkt stigende anvendelse af tekstiler som gulvmateriale i f.eks. skoler og kontorer, idet de med hensyn til renholdelse repræsenterer en meget væsentlig tidsbesparelse (50% eller mere) i forhold til de fleste andre materialer. I Amerika er det efterhånden ikke ualmindeligt, at der ved skolebyggeri

foretages licitation over levering, vedligeholdelse og daglig rengøring af gulvbelægninger i een samlet entreprise, og at det netop er tekstiler, der er konkurrencedygtige. Men selvfølgelig er der en række formål, hvor tekstiler af hygiejniske eller andre grunde ikke kan anvendes.

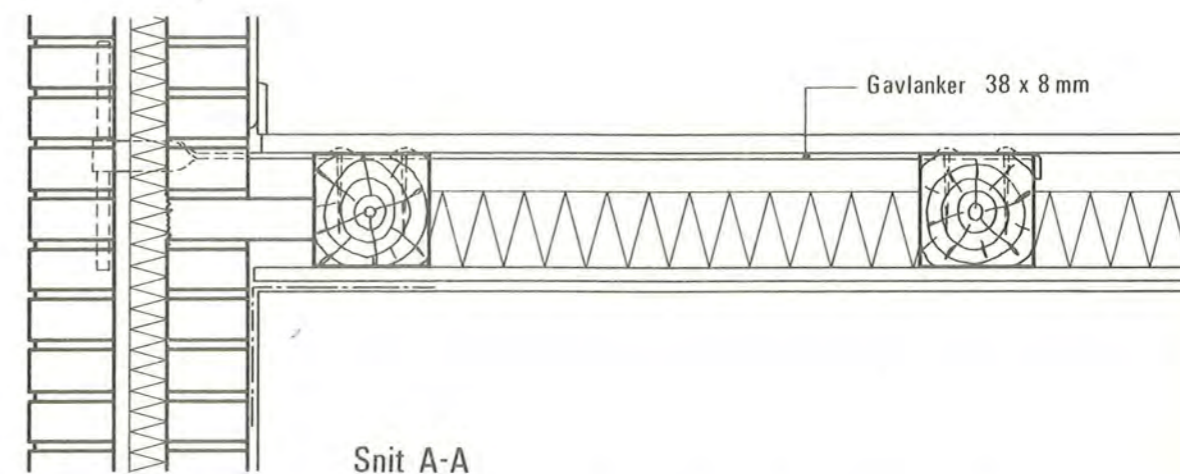
Medens der således er en markant forskel mellem tekstiler og andre gulvmaterialer, er det samme ikke tilfældet mellem disse indbyrdes, omend overfladestrukturen spiller en vis rolle; parket og korkparket er således noget dyrere at renholde end f.eks. vinyl- og linoleumgulve, fordi overfladen ikke er tæt. En vis besparelse kan opnås ved at give trægulve en tæt forseglingslak. Det må dog fremhæves, at hensynet til bekvem rengøring (tæt og finkornet overflade, farve og mønster etc.) ofte kommer på tværs af andre hensyn (skridsikkerhed, æstetiske hensyn etc.).

En systematisk analyse af gulves renholdesegenskaber har ikke været foretaget og er i det hele taget problematisk, alene af den grund, at graden af rengjorthed vanskeligt lader sig definere. Det skal i den sammenhæng fremhæves, at et rationelt rengøringsarbejde mindre beror på gulvets egenskaber end på de planlægningsforanstaltninger, der træffes under projekteringen. Her er der til gengæld meget at vinde. For det første drejer det sig om at nedbringe mængden af snavs, der føres ind i bygningen og dens enkelte rum; det kan først og fremmest ske ved at anordne effektive snavsopsamlere, skraberiste, store måttepartier (3-4 skridt) etc. ved indgangene. For det andet spiller inventaret og møbleringen en stor rolle for rengøringsarbejdet, ikke mindst i toiletrum, hvor gulvet så vidt muligt bør holdes fri for sanitetsgenstande og rørgennemføringer. For det tredje bør et rationelt rengøringsarbejde tilgodeses ved et rigeligt antal hensigtsmæssigt anbragte rengøringsrum, rigelige el-kontakter til maskiner etc. Generelt må det understreges, at det i meget høj grad er under projekteringen, der er mulighed for at nedbringe de fremtidige renholdelsesudgifter til et acceptabelt niveau.

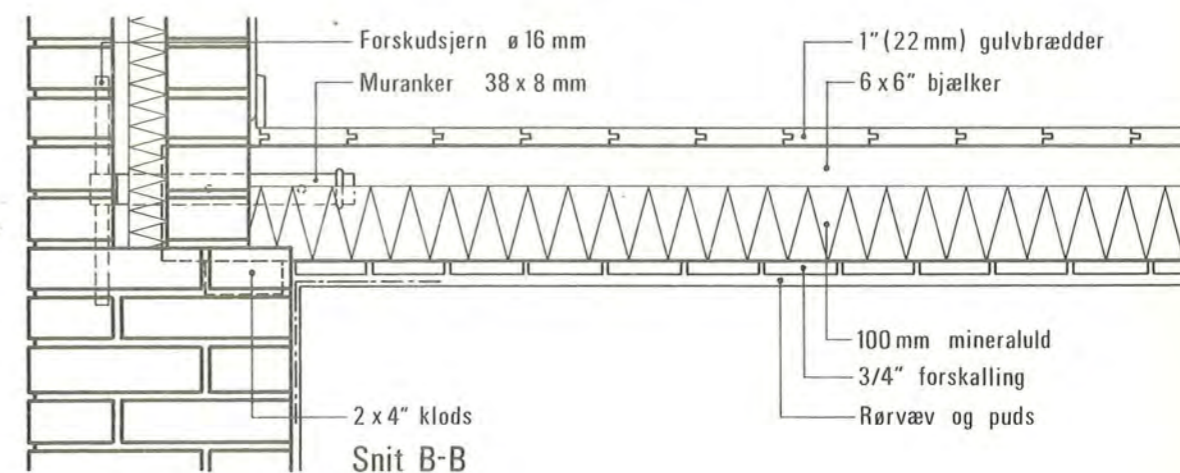
Disse problemer er nærmere behandlet i litt. [1960.2] og [1964.2].

## 4.3. EKSEMPLER

## 4.3.1. TRÆBJÆLKEDÆK



Figur 4.40: Træbjælkedæk, lodret snit ved gavl, 1:10



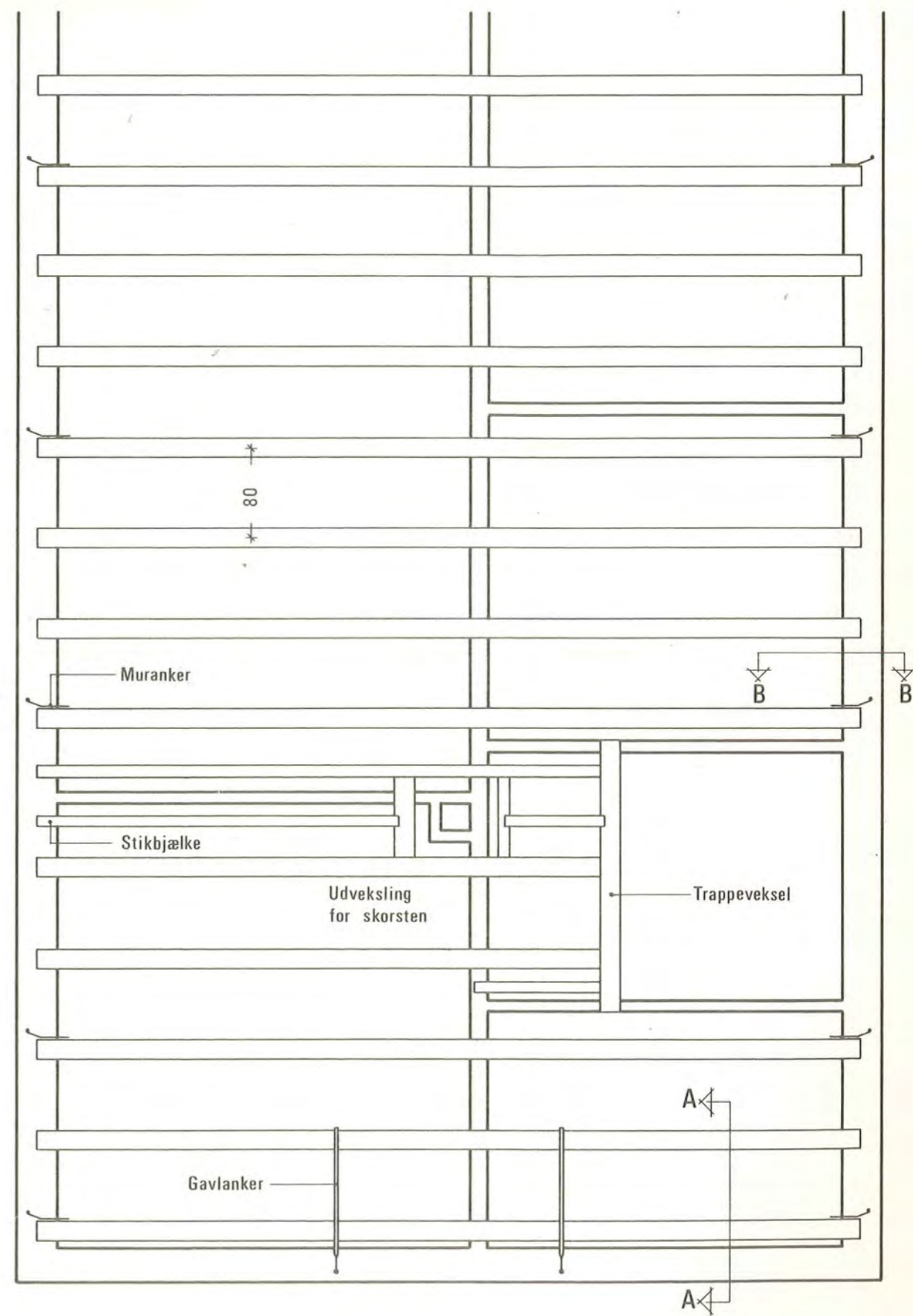
Figur 4.41: Træbjælkedæk, lodret snit ved facade, 1:10

Konstruktion og materialer

Konstruktionen er opbygget af gennemgående heltømmerbjælker pr. 80 cm, understøttet på facadevæggene og den hermed parallelle indervæg. Gulv, indskud og loftkonstruktion fremgår af figur 4.40 og 4.41. Alternative udførelser af gulvkonstruktionen er vist på figur 4.43 og 4.44.

Anvendelser

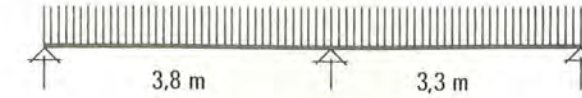
Konstruktionen anvendes som kælderdek og etagedæk i enfamiliehuse, rækkehuse og tilsvarende mindre byggeri, hvor der ikke fordres brandsikkert dæk, og hvor de akustiske egenskaber er af mindre betydning.



Figur 4.42: Træbjælkedæk, planudsnit, 1:50

FunktionskravStatiske funktioner

Den bærende konstruktion er anordnet som simpelt understøttede bjælker, kontinuerlige over 2 fag:



Nominel belastning: Egenvægt, dæk	1,0 · 65	=	65	kp/m <sup>2</sup>
Skillevægge	1,3 · 150	=	195	-
Nyttelast	1,5 · 150	=	225	-
Totallast			485	kp/m <sup>2</sup>

Maksimalt moment (snit over mellemunderstøtning):

$$M_i = \frac{1}{8} \cdot \frac{3,8^3 + 3,3^3}{3,8 + 3,3} \cdot 485 \cdot 0,8 = 618 \text{ kpm}$$

$$6'' \cdot 6'' : W_{\min} = 562 \text{ cm}^3$$

$$\text{Nominel bøjningsspænding: } \frac{61800}{562} = 110 \text{ kp/cm}^2 = s_{Mn}$$

(grovsorteret konstruktionstræ, klasse I, jvf. DS 413).

Maksimal nedbøjning  $u_p$  optræder ca. midt i det længste fag, når dette alene belastes. Idet understøtningsmomentet er

$$M_i^p = \frac{1}{8} \cdot \frac{3,8^3}{3,8 + 3,3} \cdot 150 \cdot 0,8 = 116 \text{ kpm},$$

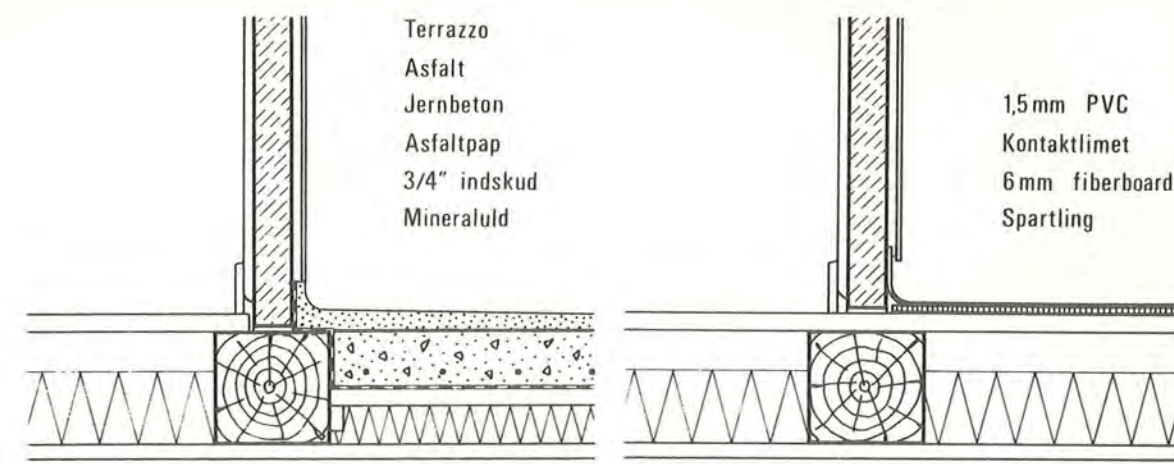
og  $E_{On} = 70.000 \text{ kp/cm}^2$ ,  $I = 4220 \text{ cm}^4$ , bliver  $u_p$

$$\frac{5}{384} \cdot \frac{1,50 \cdot 0,8 \cdot 380^4}{70.000 \cdot 4220} - \frac{11600}{16} \cdot \frac{380^2}{70.000 \cdot 4220} = 0,75 \text{ cm} \sim \frac{380}{500}$$

Udover at optage lodrette belastninger skal dækket fungere som afstivning for ydermurene, til hvilket formål der for hver tredje bjælke er anordnet murankre af stål, se figur 4.40 og 4.42, og på tilsvarende måde gavlankre, figur 4.41. Omkring forskudsjernene mures kompakt.

Akustiske funktioner

Konstruktionens ringe vægt gør den uegnet til formål, hvor der stilles krav om luftlyd- og trinlydisolation. Trinlydisolationen kan forbedres væsentligt ved udførelse af svømmende



Figur 4.43: Baderumsgulv på  
træbjælkelag, 1:10

Figur 4.44: PVC-gulv på træ-  
bjælkelag, 1:10

gulv, jvf. side 40.

#### Hygrotermiske funktioner

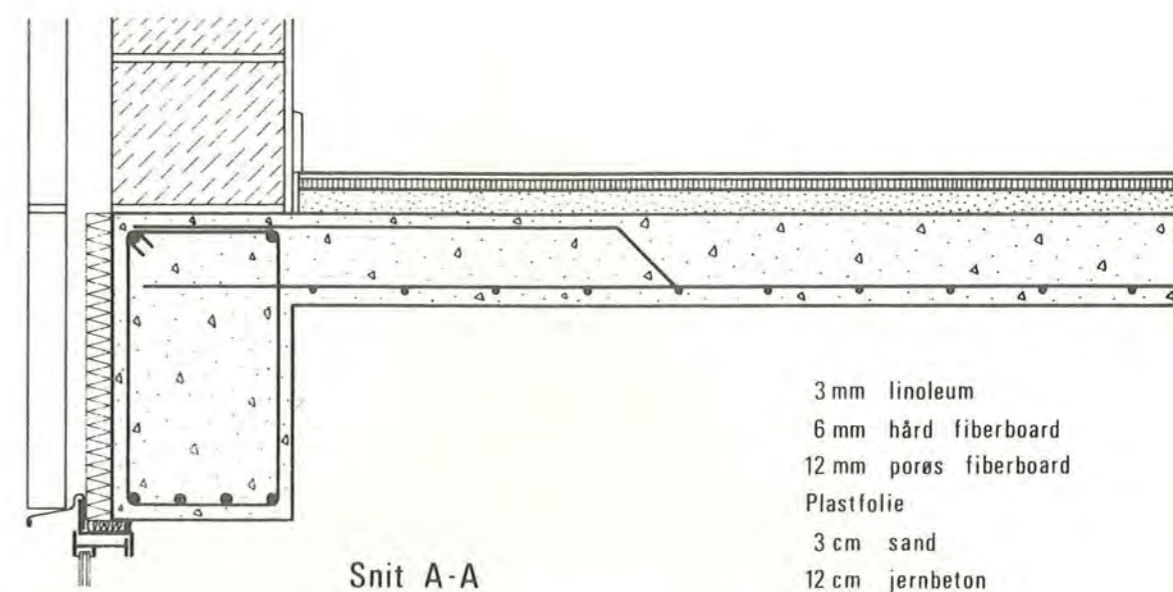
Varmeisolering:  $k = 0,32 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ .

Anvendes konstruktionen mod kolde rum (kældre eller tagrum) må der indlægges en dampbremse (f.eks. 0,10 mm plastfolie) på isoleringens varme side. Vandtætte gulvbelægninger kan udføres som vist på figur 4.43 og 4.44. Et undergulv af fiberboard-plader er desuden velegnet, hvor ældre, ujævne gulve skal forsynes med ny belægning.

#### Brandtekniske funktioner

Konstruktionen er klassificeret som BD-bygningsdel 60.

## 4.3.2. JERNBETONDÆK



Figur 4.45: Jernbetondæk, lodret snit ved facade, 1:10

Konstruktion og materialer

Dækkonstruktionen er udført som pladsstøbte jernbetonplader, understøttet på pladsstøbte tværbjælker pr. 36M og længdebjælker pr. 48M hhv. 18M. Gulvkonstruktionens opbygning fremgår af figur 4.45.

Anvendelser

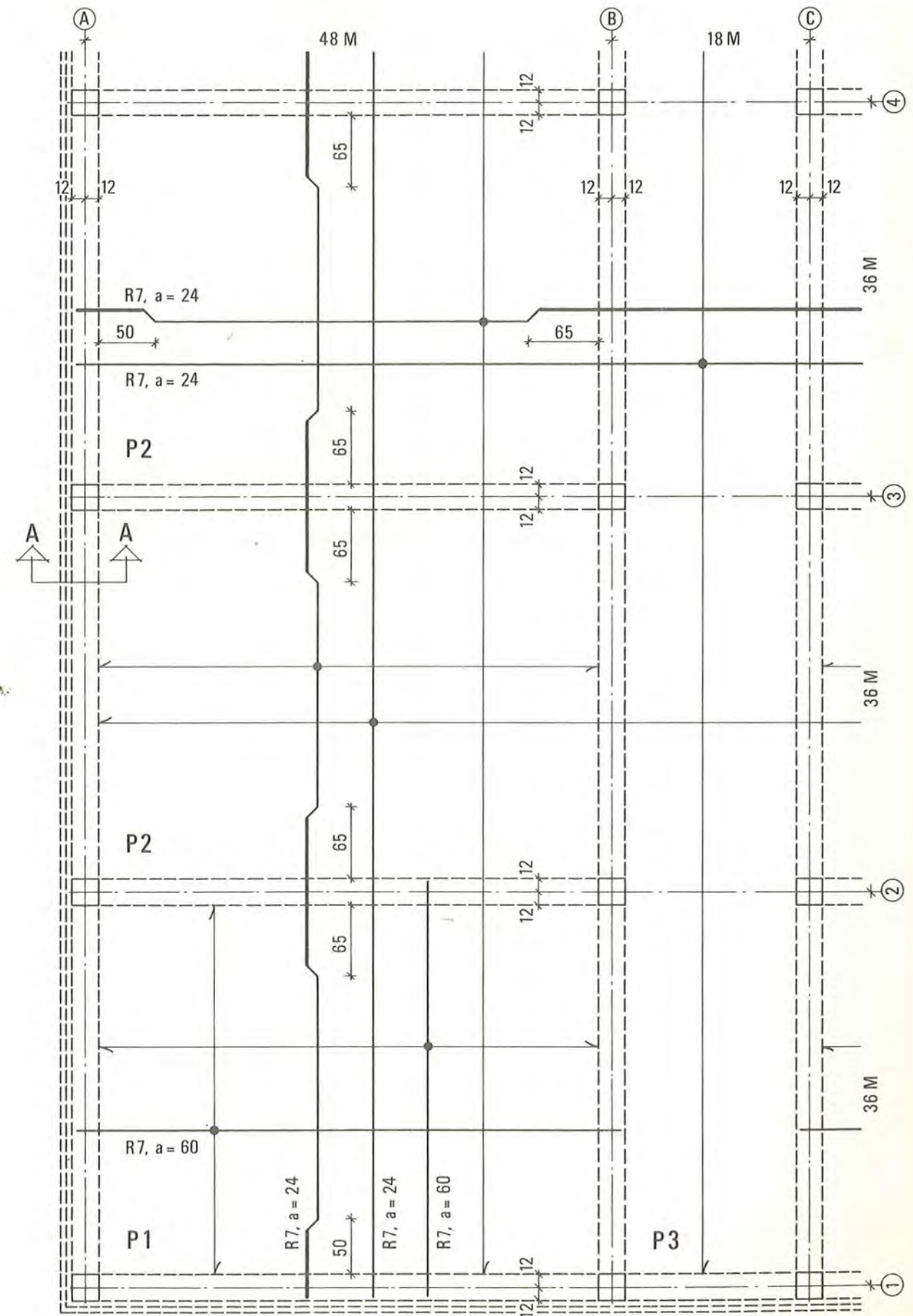
I det konkrete eksempel er konstruktionen anvendt i en arkiv- og kontorbygning, hvor der af hensyn til fleksibiliteten ikke kan accepteres permanente skillevægge; men herudover finder konstruktionen anvendelse i alle former for byggeri og er herhjemme den hyppigst anvendte dækkonstruktion til formål, hvor det ikke er fordelagtigere at anvende elementdæk.

FunktionskravStatiske funktioner

Den bærende konstruktion er anordnet som rektangulære, dobbeltspændte, kontinuerlige plader - bortset fra dækket over midterkorridoren, der regnes enkeltspændt. Dækket dimensioneres for belastningen

Hvilende belastning, dæk og gulv	350 kp/m <sup>2</sup>
Skillevægge, ækvivalentbelastning	150 -
Nyttelast	300 -
	q = 800 kp/m <sup>2</sup>





Figur 4.46: Jernbetondæk, armeringsplan, 1:50

Idet de dobbeltspændte plader udføres ensarmerede, fås ifølge diagrammerne figur 4.14 og 4.16 ( $h = 12 \text{ cm}$ ,  $\sigma_T = 240 \text{ kp/cm}^2$ ):

Plade nr.	a·b cm	a/b	$8m/qa^2$	m kpm/m	Armering
1	340·460	0,74	0,35	405	R7/12 + R7/60
2	340·460	0,74	0,31	360	R7/12
3	160	0	0,67	170	R7/24

Armeringsarrangementet er vist på figur 4.46.

#### Akustiske funktioner

Ifølge vægkurven figur 4.23 har dækket et middelreduktions-tal på ca. 54 dB. Med den viste facadekonstruktion kan rumisolationen regnes at opfylde de til boliger stillede krav, hvilket må anses for tilstrækkeligt for kontorbyggeri. Trinlydisolationen er ligeledes tilstrækkelig, idet sandet og den bløde træfiberplade giver fornøden trinlyddæmpning.

Loftet er lydhårdt (jvf. side 42) og må derfor suppleres med egnede absorbenter, hvis der skal tilvejebringes lyddæmpning; det vil almindeligvis være nødvendigt ved kontorbyggeri.

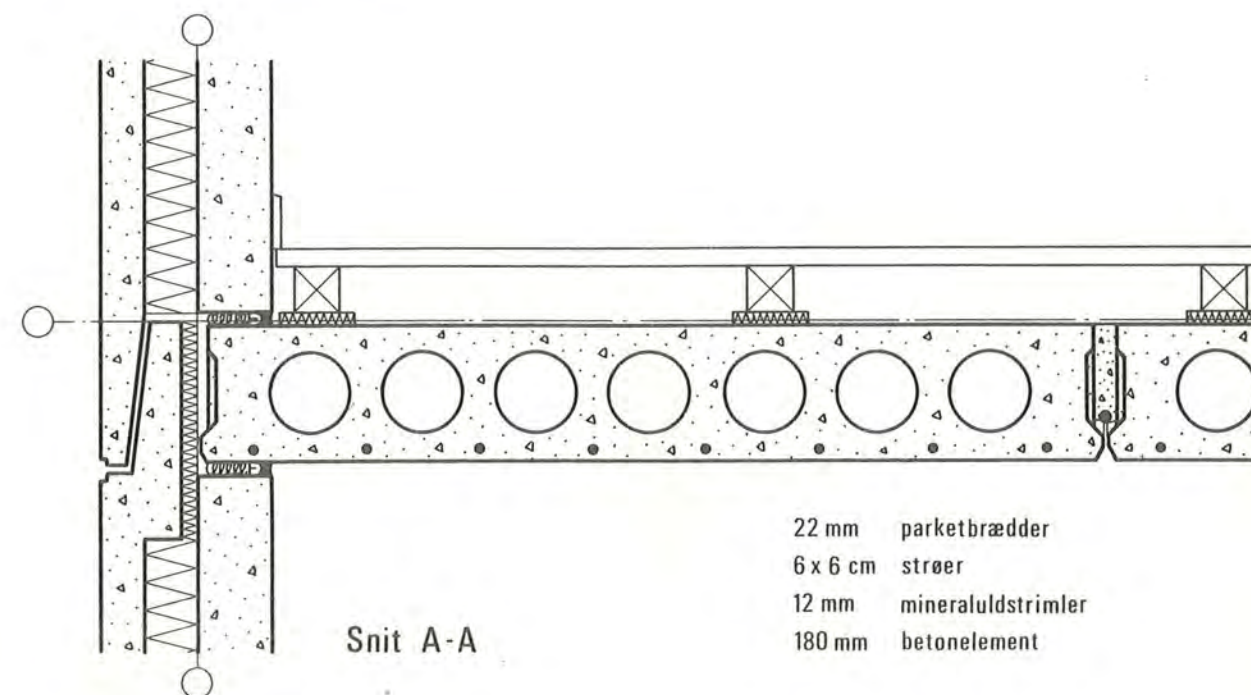
#### Hygrotermiske funktioner

Varmeisolering:  $k = 1,20 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ . Som kælderdek må konstruktionen suppleres med et isoleringslag, jvf. eksemplerne side 45.

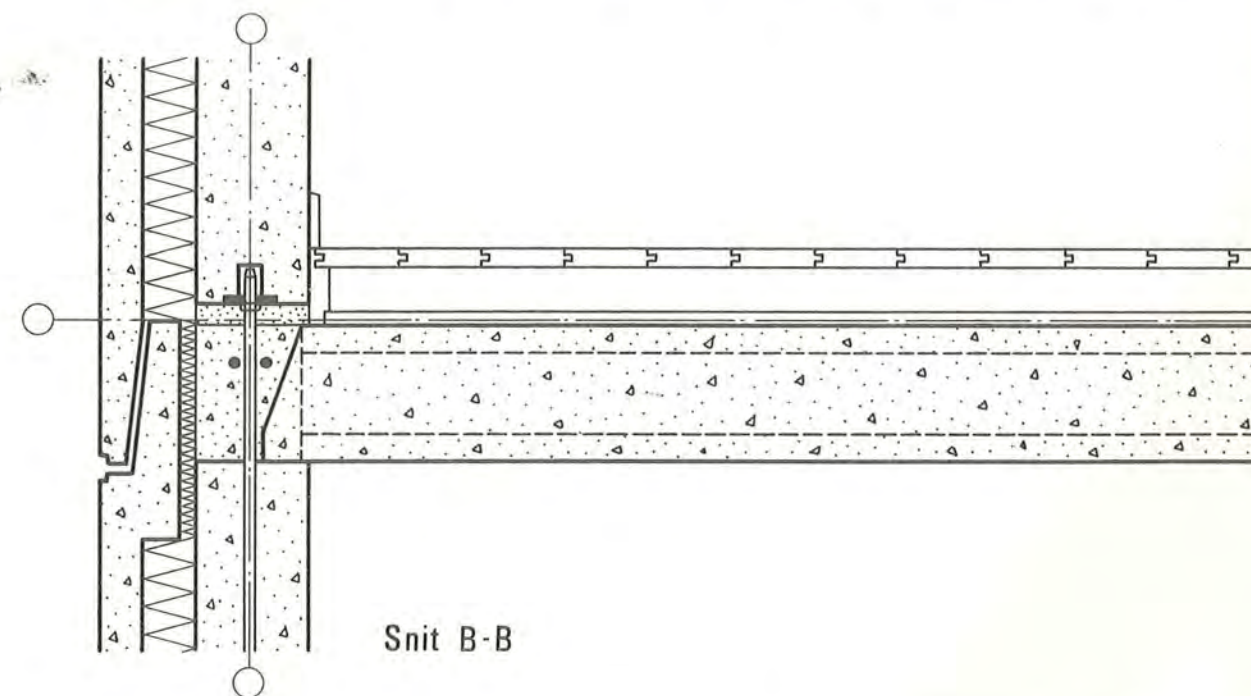
#### Brandtekniske funktioner

Konstruktionen er klassificeret som BS-bygningsdel 60.

## 4.3.3. BETONELEMENTDÆK



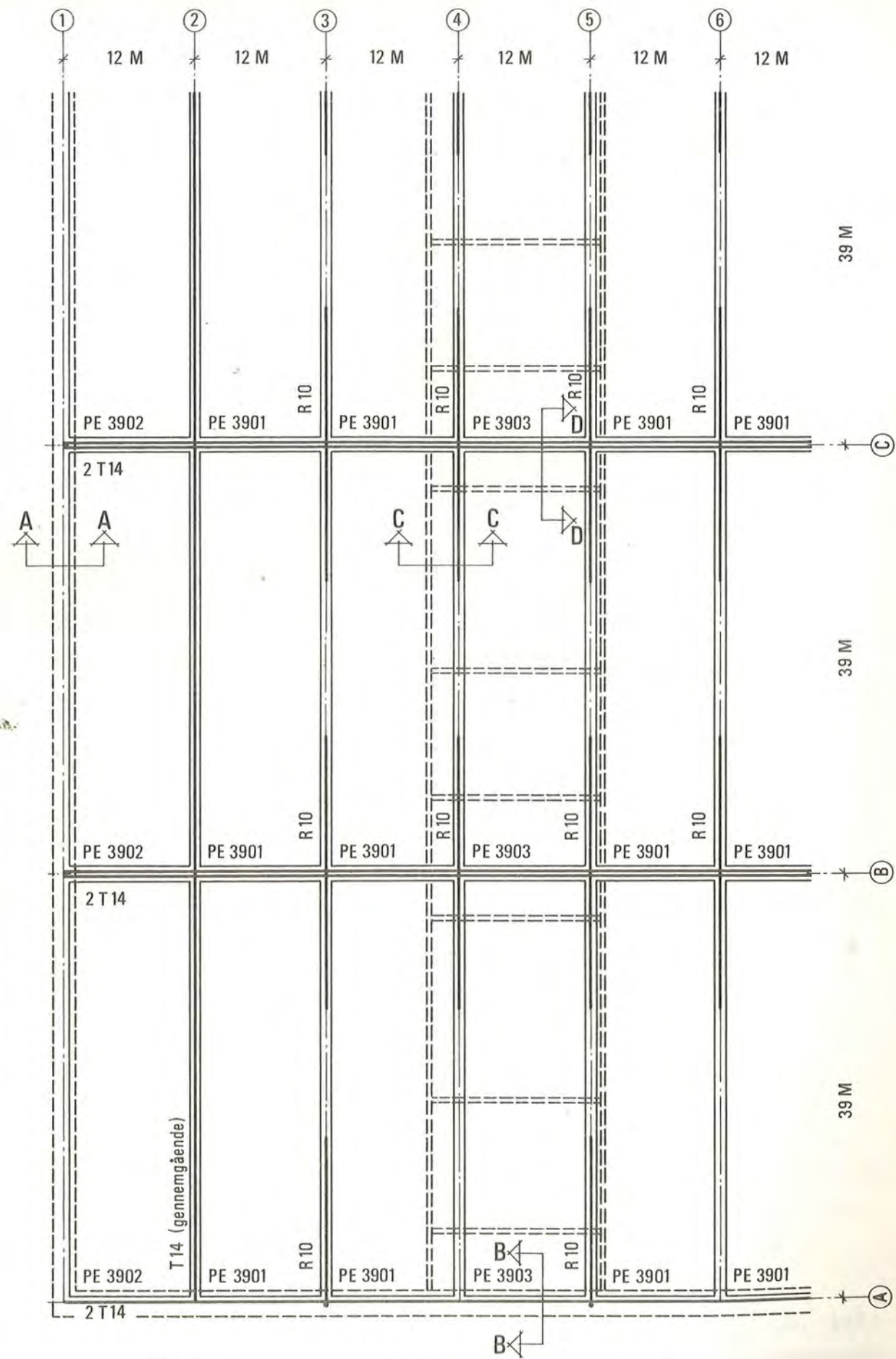
Figur 4.47: Betonelementdæk, lodret snit ved facade, 1:10



Figur 4.48: Betonelementdæk, lodret snit ved gavl, 1:10

Konstruktion og materialer

Dækkonstruktionen er udført som enkeltspændte hule jernbetonelementer af bredde 12M og tykkelse 180 mm, simpelt understøttet på betonelementtværvægge pr. 39M. Elementerne er for-



Figur 4.49: Betonelementdæk, planudsnit, 1:50

skydningsstift forbundne gennem fortanding af de lodrette siddekanter, og deres samvirken som skive er iøvrigt sikret ved den på figur 4.49 viste fugearmering. Gulvkonstruktionen samt det særlige loft i toiletrummet fremgår af figur 4.47 og 4.50.

#### Anvendelser

I det konkrete eksempel er konstruktionen anvendt i en 4-etagers kollegiebygning (bredde 10·12M), men finder iøvrigt i stor udstrækning anvendelse i bolig-, kontor-, skole- og tilsvarende byggeri, som er tilstrækkelig stort og ensartet til, at det fornødne montagemateriel kan udnyttes med rimelighed. Litt. [1966.1] giver en række eksempler på konstruktionens anvendelse, bl.a. også i forbindelse med muret byggeri, samt de særlige forhold, der knytter sig til projekteringen og produktionsplanlægningen.

#### Funktionskrav

##### Statiske funktioner

Idet elementet, der bærer det særlige baderumselement, er kraftigst belastet, bliver den dimensionsgivende last (excl. egenvægt)

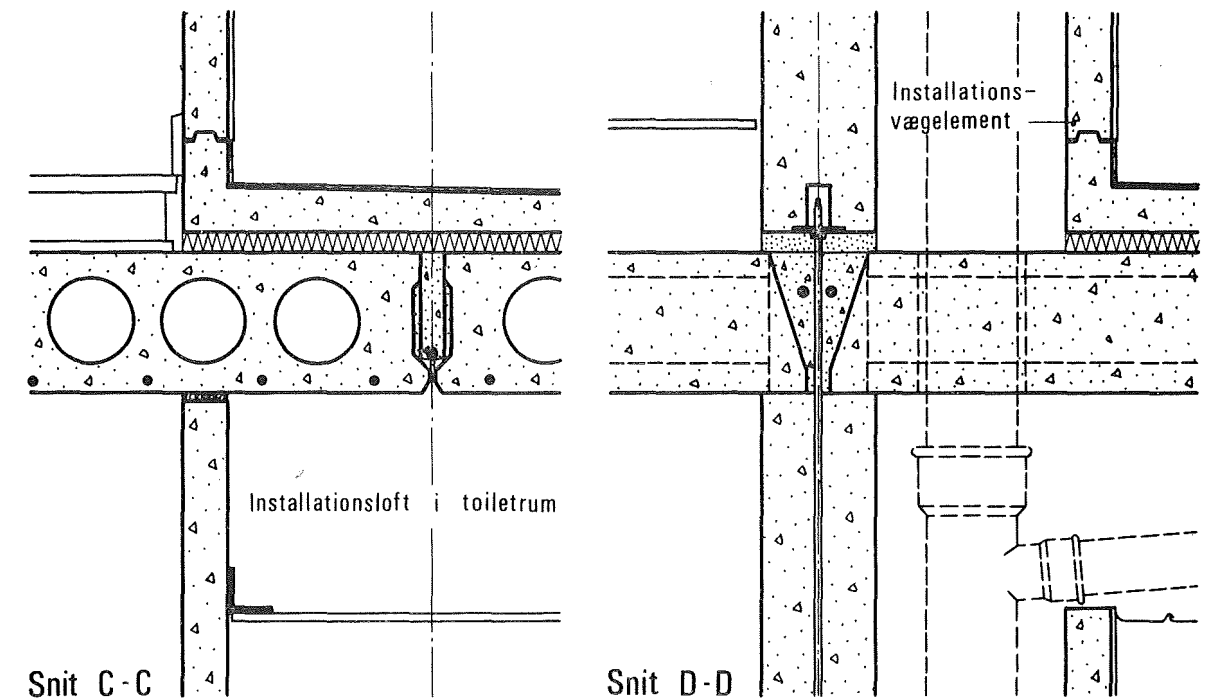
Gulvkonstruktion	150 kp/m <sup>2</sup>
Skillevægge, ækvivalentbelastning	150 -
Nyttelast	150 -
	<u>          </u>
	q = 450 kp/m <sup>2</sup>

Af nyttelastdiagrammet side 28 ses, at 12M-elementer armeret med 8K10 har tilstrækkelig bæreevne (samt stivhed og vederlagsstyrke) for spændvidden 380 cm.

Den fornødne skivevirkning i dækket som helhed tilvejebringes som nævnt ved fugearmering. Denne armering lader sig vanskeligt beregne med nogen rimelig nøjagtighed og må derfor fastsættes ved et ret groft skøn over de kræfter, der skal overføres. I litt. [1967.1] er redegjort nærmere for disse forhold. Det bemærkes, at et armeringsarrangement som det viste ikke er tilstrækkeligt ved højere byggeri, men må suppleres med f.eks. spændarmering i etagekrydsene.

##### Akustiske funktioner

Konstruktionen har et middelreduktionstal på ca. 53 dB, jvf. side 34-35, og trinlydisolationen tilfredsstiller normkurven,



Figur 4.50: Gulv i toiletrum, snit 1:10

jvf. figur 4.27, side 39. Det er vigtigt, at gulvet holdes fri af væggene ved en lille spalte. Lydforplantningen fra etage til etage er stærkt reduceret, dels ved at føre dækket ud i facadeelementet og gøre fugerne tætte (elastisk fugemateriale), dels ved at forhindre flanketransmission; dette er gjort ved at ophænge facadeelementerne på tværvæggene, så de er helt uden stiv forbindelse med dækket.

Gangene er forsynet med en blød gulvbelægning, dels for at reducere trinlydniveauet yderligere, dels for at reducere trommelyden, ligesom der er anordnet nedhængte lofter for at reducere efterklangstiden.

#### Hygrotermiske funktionskrav

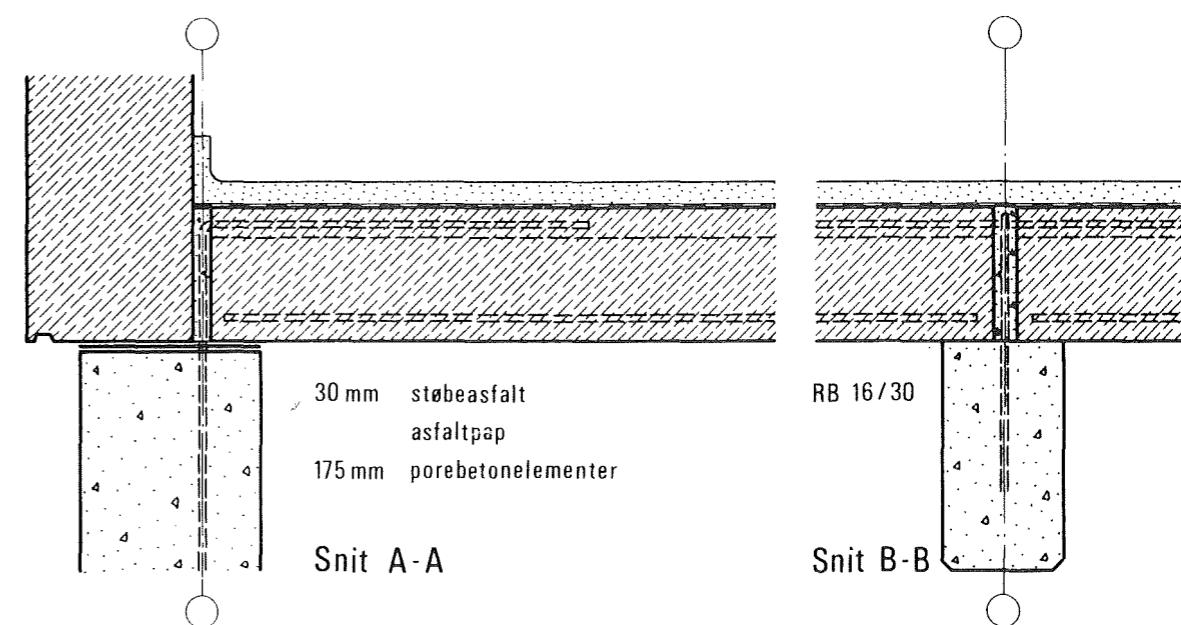
Varmeisolering:  $k = 1,20 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ . Med 30 mm henholdsvis 50 mm mineraluld ( $\lambda = 0,033 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ ) mellem strøerne nedbringes transmissionstallet til henholdsvis 0,60 og 0,45  $\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ .

I toiletrummet er der tilvejebragt vandtæt gulvbelægning ved et særligt gulvelement af jernbeton, oplagt på 30 mm mineraluld på dækket.

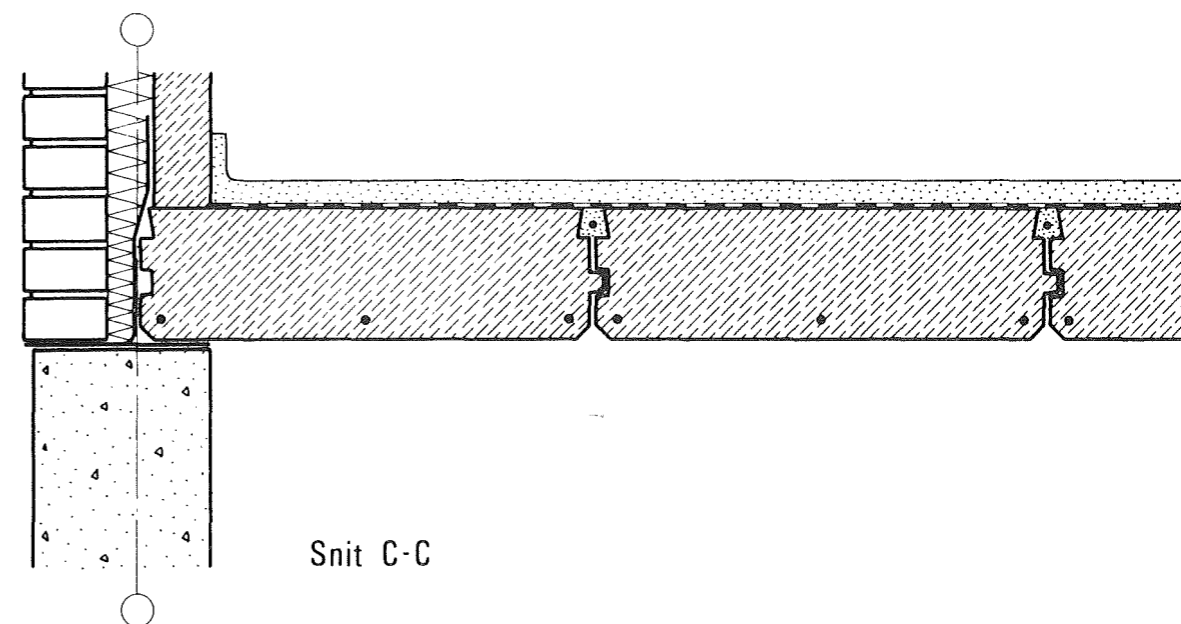
#### Brandtekniske funktioner

Konstruktionen er klassificeret som BS-bygningsdel 60.

## 4.3.4. LETBETONELEMENTDÆK



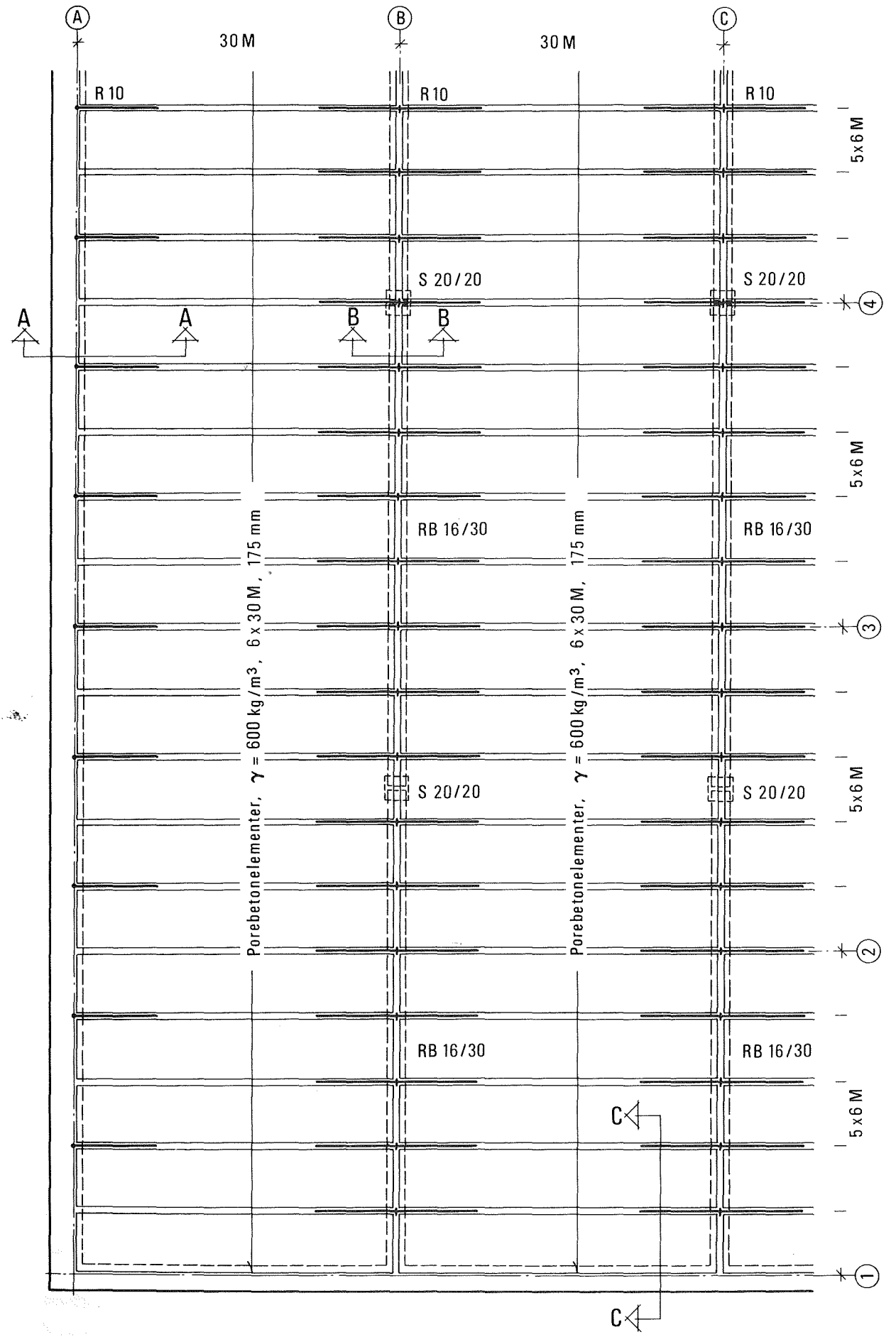
Figur 4.51: Letbetonelementdæk, lodret snit ved facade og ved mellemunderstøtning, 1:10



Figur 4.52: Letbetonelementdæk, lodret snit ved gavl, 1:10

Konstruktion og materialer

Dækket er opbygget af 6M brede, 175 mm tykke elementer af autoklaveret porebeton, oplagt på facadevæggene og de hermed parallelle mellemunderstøtninger (spændbetonbjælker) pr. 30M. Gulvbelægningen er 30 mm støbeasfalt.



Figur 4.53: Letbetonelementdæk, planudsnit, 1:50



Anvendelser

I det konkrete tilfælde er konstruktionen anvendt som kælder-dæk i en værkstedsbygning. Herudover finder letbetondæk anvendelse som kælder- og krybekælder-dæk, fortrinsvis i mindre boligbyggeri, samt som etagedæk i byggeri, hvor der ikke stilles væsentlige krav om lydisolations.

FunktionskravStatiske funktioner

Idet elementerne er enkeltspændte og regnes simpelt understøttede med spændvidden  $\sim 290$  cm, fås af nyttelastdiagrammet side 32, at dækkets mærkelast er  $\sim 510$  kp/m<sup>2</sup>, svarende til belastningen

Gulvbelægning	60 kp/m <sup>2</sup>
Skillevægge, ækvivalentbelastning	150 -
Nyttelast	<u>300 -</u>
	q = 510 kp/m <sup>2</sup>

Elementerne er forskydningsstift forbundne med fjer/not-samling og forskydningslås og sammenholdt længdeværts med fugearmering.

Akustiske funktioner

På grund af den ringe vægt er middelreduktionstallet kun ca. 44 dB. Skal konstruktionen bringes til at opfylde de for boligbyggeri gældende krav om luftlyd- og trinlydisolation, må der anvendes en tungere gulvbelægning, f.eks. 6 cm beton på 30 mm mineraluldmatte.

Da porerne er lukkede, er loftet ligeså lydhårdt som almindelig beton.

Hygrotermiske funktioner

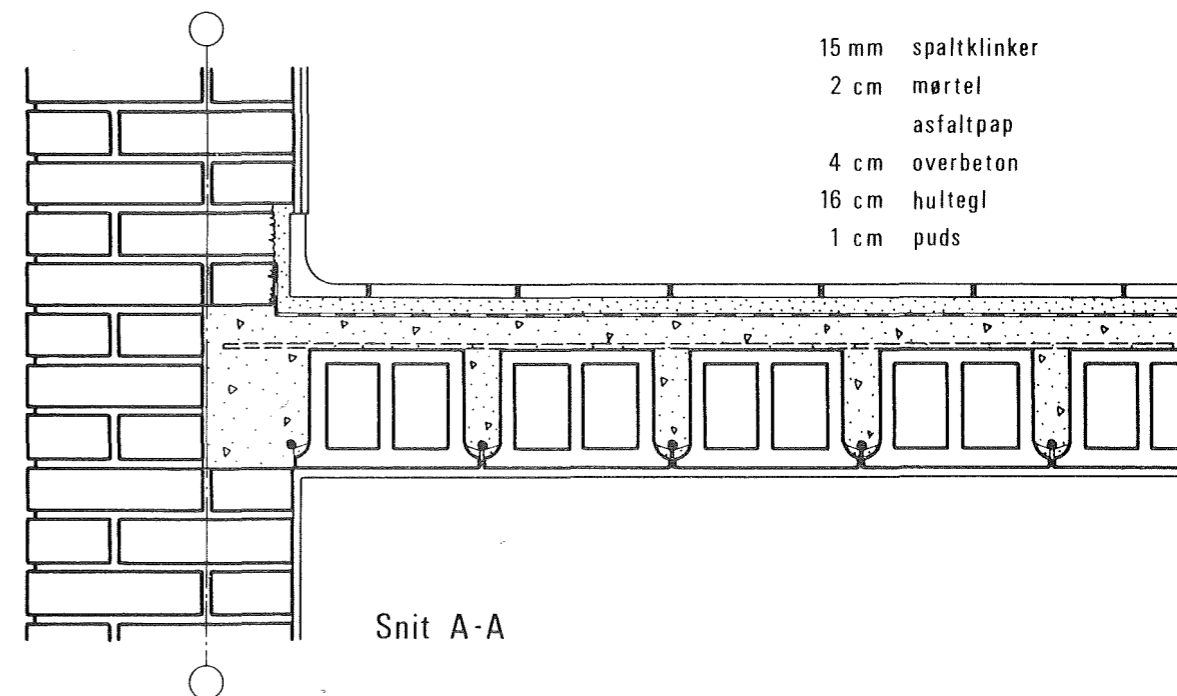
Varmeisolering:  $k = 0,72$  kcal/m<sup>2</sup>h<sup>0</sup>C. Mellem opvarmede rum og kælder eller krybekælder må dækket altså suppleres med en passende varmeisolering. En alternativ løsning er at isolere ydervæggene og gulvet i kælderen eller krybekælderen.

For at afbryde fugtbroen ved ydervæggene er disse afdækket med asfaltpap, inden porebetonelementerne oplægges.

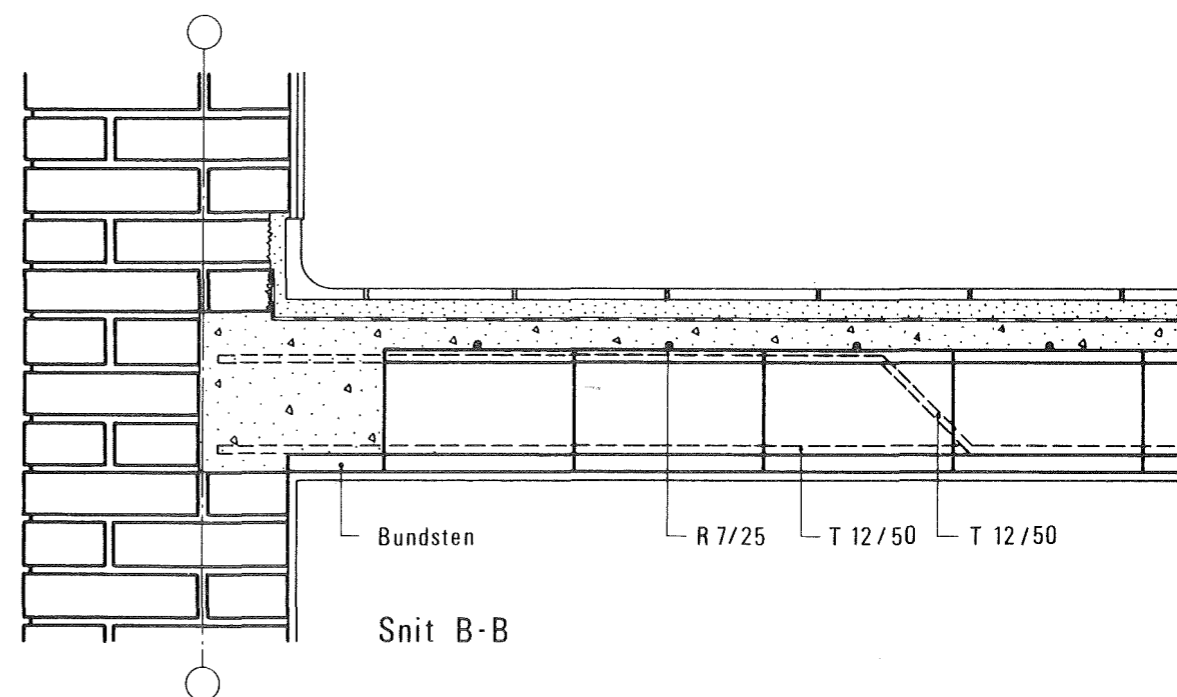
Brandtekniske funktioner

Konstruktionen er klassificeret som BS-bygningsdel 60.

## 4.3.5. HULTEGLDÆK



Figur 4.54: Hultegl-dæk, lodret snit ved gavl, 1:10



Figur 4.55: Hultegl-dæk, lodret snit ved facade, 1:10

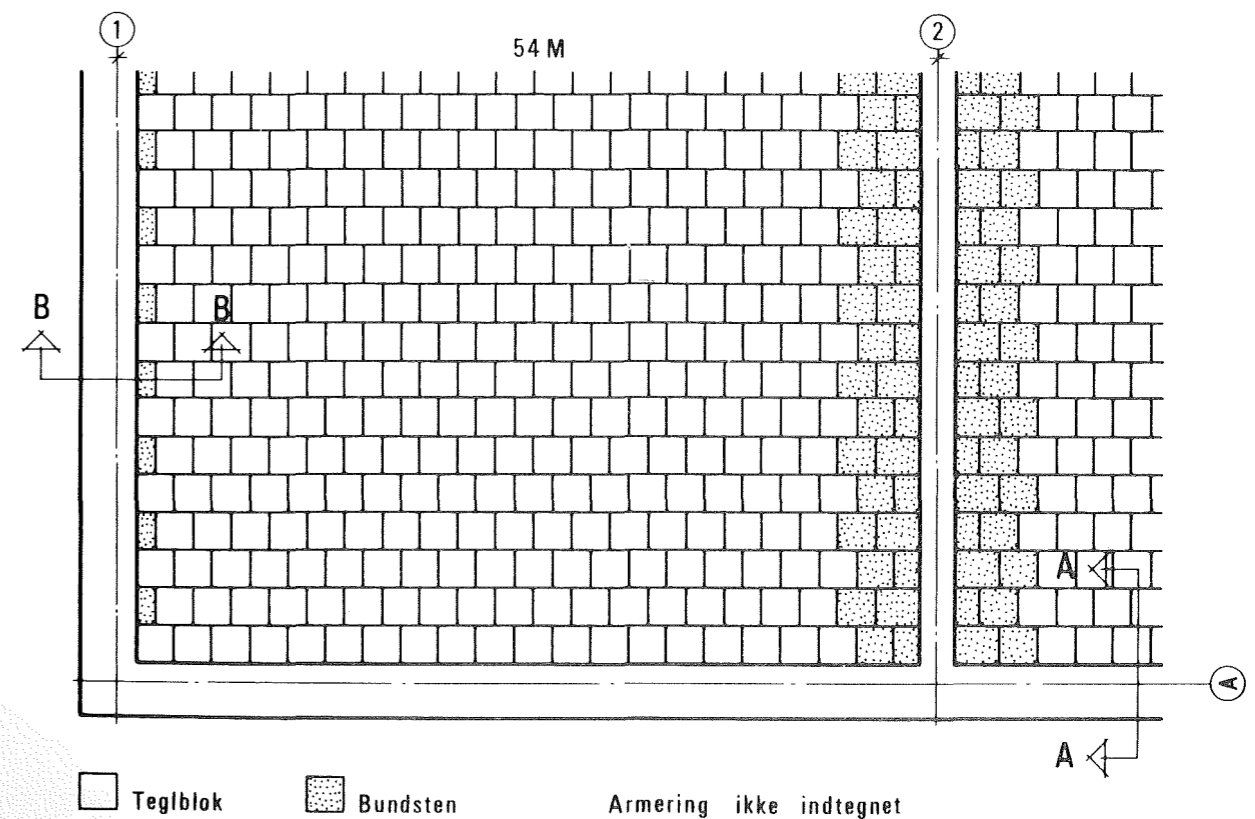
Konstruktion og materialer

Dækkonstruktionen er opbygget af hule, 16 cm tykke teglelementer og 4 cm overbeton; på undersiden 1 cm puds og på oversiden 16 mm spaltklinker i mørtel, udlagt på asfaltpap. Dæk-

ket udføres på den måde, at teglblokkene, der hver dækker 25·25 cm, udlægges side om side på en spredt forskalling, understøttet på rideplanker, og således, at hver række er forskudt  $\frac{1}{2}$  blok i forhold til naborækken, jvf. figur 4.56. Ved mellemunderstøtninger, hvor der skal tilvejebringes en trykzone i undersiden, er blokkene erstattet af særlige bundsten af ringe tykkelse. I hvert mellemrum mellem rækkerne udlægges 1 armeringsjern (T12), hvert andet jern opbøjes ved understøtningerne, og på blokkenes overside udlægges en fordelingsarmering R7 pr. 25 cm. Derefter udstøbes mellemrummene med beton, og samtidig udstøbes overbetonen.

#### Anvendelser

I det konkrete tilfælde er konstruktionen anvendt som etagedæk i en industribygning. Tidligere anvendtes dækket i stor udstrækning til bolig- og erhvervsbyggeri, men er efterhånden fortrængt af jernbetondæk og elementdæk. Konstruktionens fortrin fremfor massive jernbetondæk er først og fremmest det simplere formarbejde og den ringere vægt; til gengæld er udlægningen af blokkene mere tidrøvende og hultagningen mere kompliceret, ligesom også luftlydisolationen er mindre god.



Figur 4.56: Hultegldæk, udsnit af oplægningsplan, 1:50

FunktionskravStatiske funktioner

Dækket regnes enkeltspændt fra facadevægge til mellemunderstøtninger og kontinuerlige over disse. I henhold til DS 416 dimensioneres dækket ganske som et jernbetondæk, og blokkene regnes at indgå i de trykoverførende tværsnit, såfremt trykstyrken  $\sigma_{\text{BLOK}}$  er  $\geq 240 \text{ kp/cm}^2$ .

Dækket dimensioneres for belastningerne

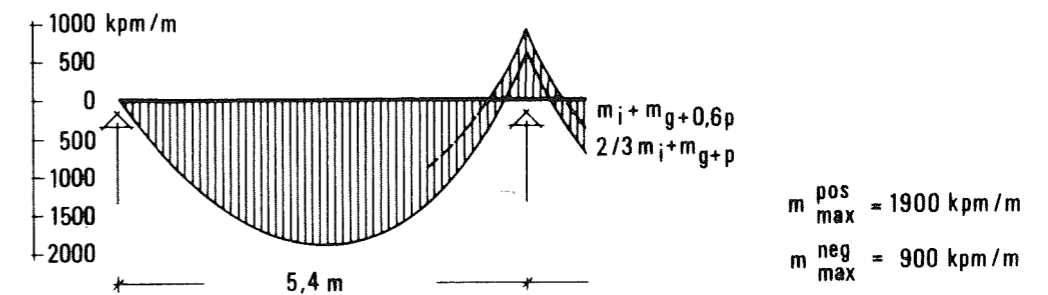
Gulvkonstruktion	70 $\text{kp/m}^2$
Dæk	310 -
Puds	20 -
	<hr/>
	$g = 400 \text{ kp/m}^2$
Nyttelast	$p = 200 \text{ kp/m}^2$

Idet konstruktionen beregnes efter princippet: delvis indspænding, vælges indspændingsmomentet ved mellemunderstøtningerne  $m_i = 900 \text{ kpm/m}$ . Med de simple momenter

$$m_{g+p} = \frac{1}{8} \cdot 5,4^2 \cdot 600 = 2200 \text{ kpm/m, og}$$

$$m_{g+0,6p} = \frac{1}{8} \cdot 5,4^2 \cdot 520 = 1900 \text{ kpm/m,}$$

fås følgende dimensionsgivende momenter



Idet  $h_n = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$ , og  $A_a = 4 \cdot 1,13 = 4,52 \text{ cm}^2/\text{m}$ , er  $\phi = 0,266\%$ , hvoraf fås spændingerne ( $n = E_a/E_b = 15$ ):

$$\sigma_a = \frac{1900}{0,245 \cdot 17^2} = 2700 \text{ kp/cm}^2 < r_a = 2800 \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{2700 \cdot 2,17}{100} = 59 \text{ kp/cm}^2 < r_b = 75 \text{ kp/cm}^2$$

$$(\sigma_T \geq 240 \text{ kp/cm}^2)$$

Maksimal forskydningskraft:

$$q = \frac{1}{2} \cdot 5,4 \cdot 600 + \frac{2}{3} \cdot \frac{900}{5,4} = 1620 + 110 = 1730 \text{ kp/m}$$

$$\tau_{\max} = \frac{1730}{0,9 \cdot 17 \cdot 5,4} = 5,6 \text{ kp/cm}^2 < \tau_{\text{till}} = 7,5 \text{ kp/cm}^2$$

#### Akustiske funktioner

Konstruktionen har et middelreduktionstal på ca. 54 dB. Vægten kan altså ikke reduceres væsentligt, hvis konstruktionen stadig skal have det for boligbyggeri normerede  $R_m = 52$  dB. Trinlydisolationen er dårlig (jvf. figur 4.26, side 38) og fordrer i stedet en svømmende gulvbelægning, hvis hultegl-dækket skal kunne anvendes til boligbyggeri og tilsvarende.

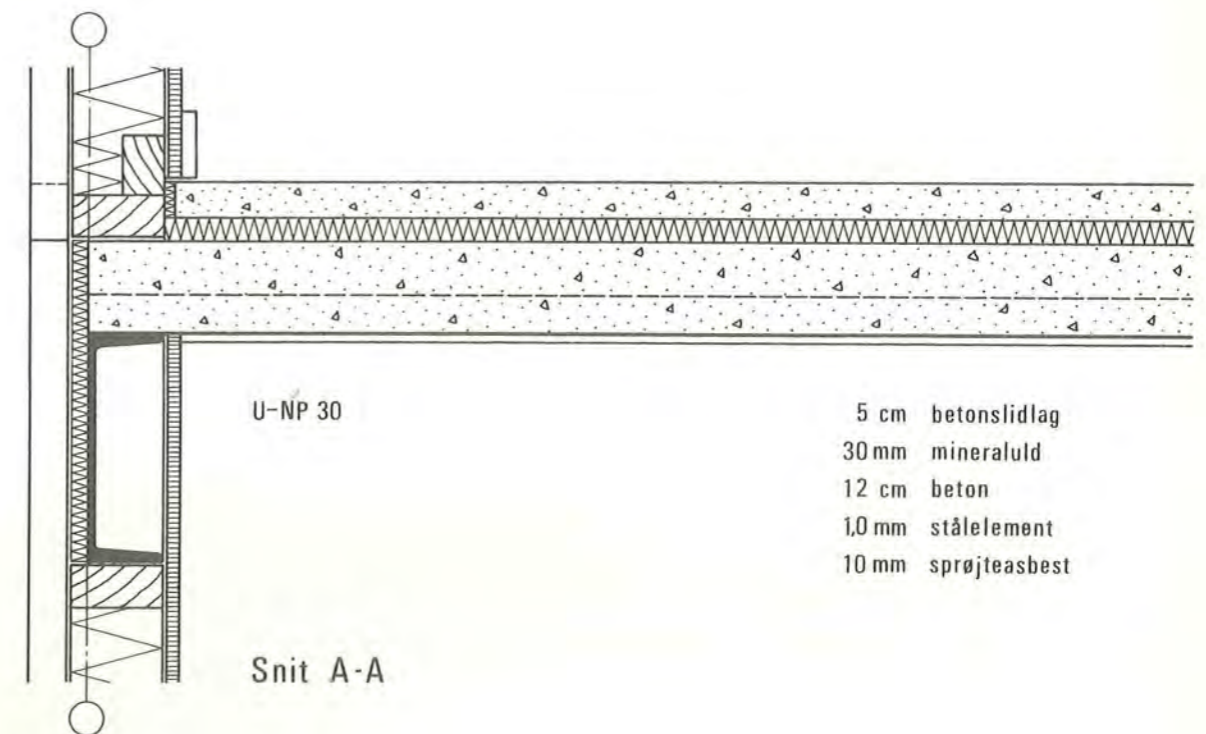
#### Hygrotermiske funktioner

Varmeisolering:  $k = 1,60 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ . Tallet er baseret på, at selve dækkets modstandstal regnes  $\sim 0,30 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$ . Hultegl-dækket fordrer således under alle omstændigheder en supplerende isolering, hvis det skal anvendes som kælder- eller krybekælder-dæk.

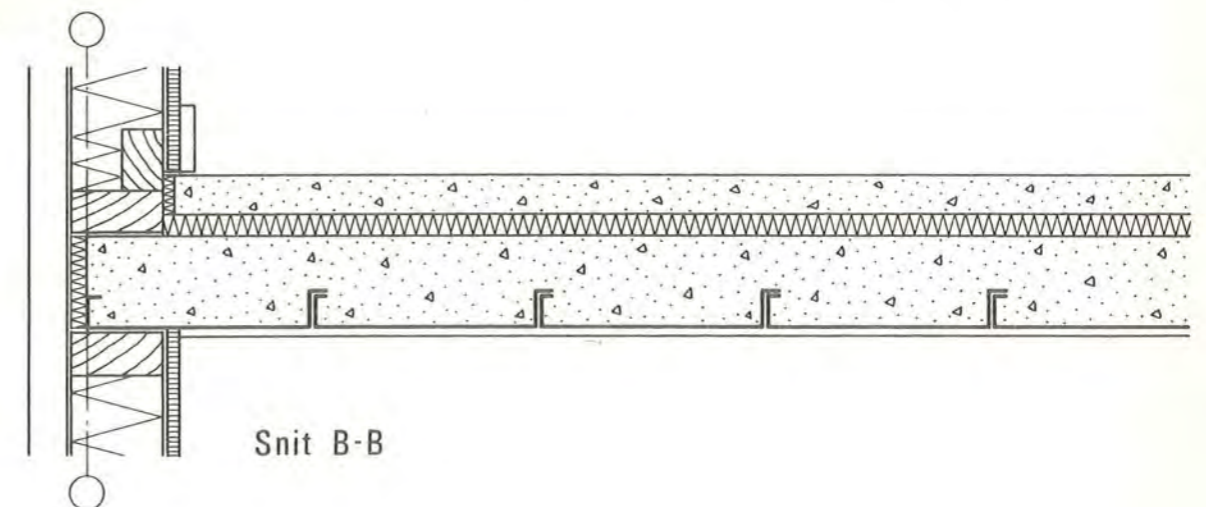
#### Brandtekniske funktioner

Konstruktionen er klassificeret som BS-bygningsdel 60.

#### 4.3.6. STÅLELEMENTDÆK



Figur 4.57: Stålelementdæk, lodret snit ved gavl, 1:10



Figur 4.58: Stålelementdæk, lodret snit ved facade, 1:10

#### Konstruktion og materialer

Dækkonstruktionen er opbygget af 3M brede, 50 mm høje stålpladeelementer (1,0 mm) med 12 cm betonudstøbning; på undersiden 10 mm sprøjteasbest og på oversiden en svømmende gulvbelægning af 5 cm beton på 30 mm mineraluld. Dækket udføres på den måde, at stålelementerne oplægges side om side på hovedbjælken pr. 36M og understøttes interimistisk i midten.

Derefter udstøbes betonen, der efter hærdeningen indgår i en komposit-konstruktion med stålelementerne, hvorefter de interimistiske understøtninger fjernes. Over hoveddragerne er der indlagt en revnearmering i betonens overside.

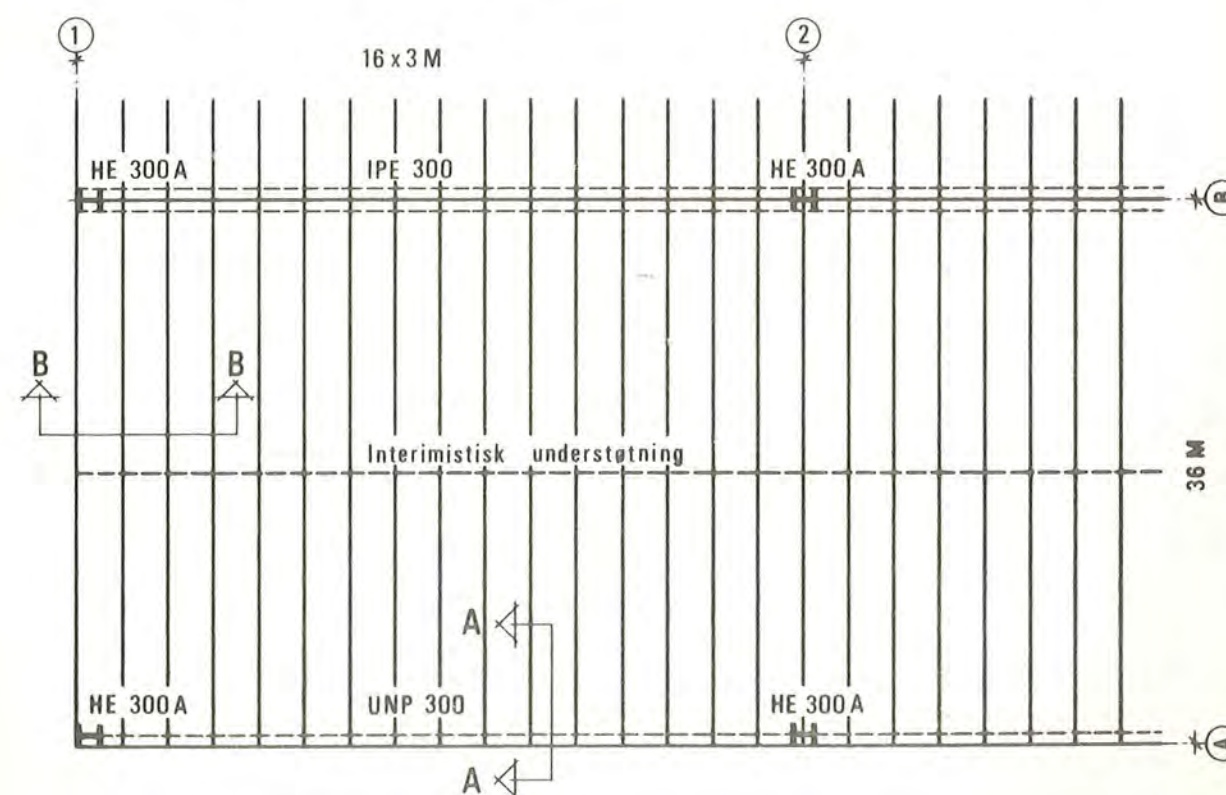
#### Anvendelser

I det konkrete tilfælde er konstruktionen anvendt som etagedæk i en lagerbygning med svær trafik. Navnlig i USA finder staldæk udstrakt anvendelse, først og fremmest til industri- og forretningsbyggeri; endnu er staldæk forholdsvis sjældne herhjemme. Konstruktionens fortrin er i første række den hurtige og enkle montage.

#### Funktionskrav

##### Statiske funktioner

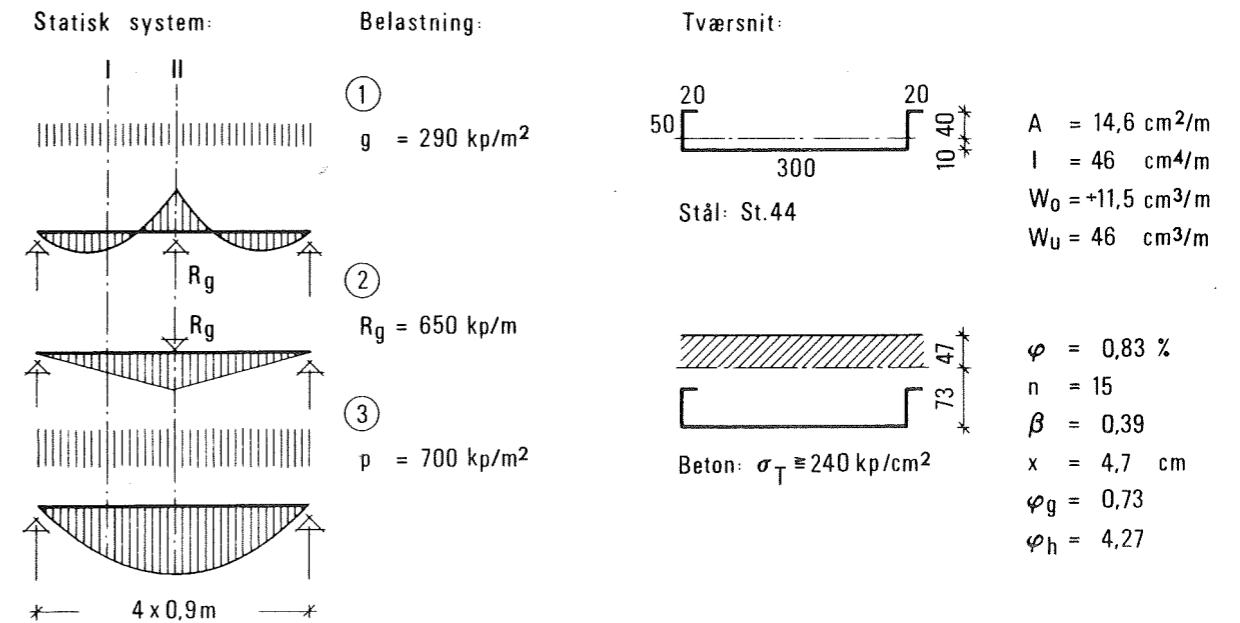
Spændingsundersøgelsen foretages i to tempi, svarende til, at de mellemunderstøttede stålelementer alene skal bære dækkets egenvægt (stål + beton), og dernæst, at den sammensatte konstruktion skal bære al yderligere last, herunder den enkeltkraft  $R_G$ , der forårsages af, at mellemunderstøtningen fjernes. De hertil svarende statiske systemer, belastninger og tværsnit fremgår af figur 4.60.



Figur 4.59: Stålelementdæk, planudsnit, 1:50

## Belastninger

1. Stålelementer + 12 cm beton	290 kp/m <sup>2</sup>
2. Aflastning: $R_g = 290 \cdot 1,8 \cdot 5/4 =$	650 kp/m
3. Gulv + loft	120
Skillevægge, ækvivalentbelastning	100
Nyttelast	<u>500</u> <u>720</u> kp/m <sup>2</sup>



Figur 4.60: Stål/beton-kompositdæk, statisk system, belastninger og tværsnitskonstanter

De resulterende snitkræfter og spændinger bliver herefter

Spændingsberegning	Snit I			Snit II			
	m	$\sigma_o$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_u$	$\sigma_b$	
Belastning	kp/m	kp/cm <sup>2</sup>	kp/cm <sup>2</sup>	kp/m	kp/cm <sup>2</sup>	kp/cm <sup>2</sup>	
1. Hvilende last	+59	-510	+130	-117	+1015	-255	-
2. Aflastning	+290	+85	+275	+580	+175	+550	-24
3. Bevægelig last	+870	+260	+830	+1160	+350	+1110	-47
Maksimalspændinger		-425	+1235		+1540	+1405	-71

## Andre funktioner

Luftlydisolation: Middelreduktionstal  $R_m \sim 57$  dB.

Trinlydisolation: Fortrinlig, jvf. figur 4.27, side 39.

Lydabsorption, loft: Meget betydelig, jvf. side 42.

Varmeisolering:  $k = 0,70$  kcal/m<sup>2</sup>h°C.

Brandteknisk klassifikation: BS-bygningsdel 60



4.4. LITTERATUR

- [1943.1] K.W. Johansen:  
Brudlinieteorier København 1943
- [1950.1] John H. Perry:  
Chemical Engineer's Handbook New York 1950
- [1955.1] Axel Efsen:  
Elementær jernbeton København 1955
- [1959.1] W. Frank:  
Fusswärmeuntersuchungen am bekleideten  
Fuss  
Gesundheits-Ingenieur 7 Berlin 1959
- [1960.1] Fritz Ingerslev & Jørgen Kristensen:  
Lydisolation i boligbyggeri  
SBI-rapport 39 København 1960
- [1960.2] Alfred Born:  
Om rengøringsudgifter  
SBI-rapport 37 København 1960
- [1962.1] K.W. Johansen:  
Pladeformler København 1962
- [1962.2] Christer Bring:  
Värmebehaglighet hos golv  
Teknisk Tidsskrift 35 Stockholm 1962
- [1963.1] Ervin Poulsen:  
Rektangulære jernbetontværsnits bære-  
evne og dimensionering i brudstadiet  
Ingeniøren 4 København 1963
- [1964.1] BYGG, huvuddel 6, husbyggnadsteknik Stockholm 1964
- [1964.2] Walter Henn:  
Fussböden München 1964
- [1965.1] V. Lassen Jordan:  
Lydisolerende egenskaber ved Conboxbygninger  
Byggeindustrien 9 København 1965

- [1966.1] Henrik Nissen:  
Praktisk modulprojektering København 1966
- [1966.2] Jørgen Kristensen:  
Etageadskillelsers isolering mod trinlyd  
Ingeniøren 6 København 1966
- [1966.3] Nordisk Komité for Bygningsbestemmelser:  
Funktionsanalyse af gulve Helsingfors 1966
- [1967.1] Owe Eriksson, Henrik Nissen &  
E. Lemming Pedersen:  
Montagebyggeriets statik og teknik  
København 1967
- [1967.2] Træbjælkelag i enfamiliehuse, Træ 18  
Træbranchens oplysningsråd København 1967
- [1968.1] Owe Eriksson:  
Bæreevnepforsøg med knastvederlag for  
dækelementer  
Byggeindustrien 9 København 1968
- [1968.2] Kalk- og Teglværksforeningen af 1893  
og Dansk Forening af Fabrikanter af  
Varmeisoleringsmaterialer - VIF:  
k-værdier København 1968
- [1968.3] Kai Odeen:  
Fire Resistance of Prestressed Concrete  
Double T Units Stockholm 1968