

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Forelæsningsnotat nr.

59

JOHS. F. MUNCH-PETERSEN
BYGGESYSTEMER

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole

Lyngby 1983

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
Forord	2
Byggesystemer	3
"Standardisering" ?	3
Standard/variant/specialelementer	4
Alternative projekteringsorganisationer	6
Ballerupplanens filosofi, det åbne system	9
Små/store elementer	13
Bærende systemer, eksempler	18
Bærende tværvægge	18
Bærende facader	20
Varianter af bærende tværvægge	21
Søjle-plade	24
Variant af plade-søjle-systemet	27
Plade-bjælke-søjle eller plade-ramme	30
Box-systemer	30
Flexibilitet	32
Det næste spring	38

FORORD

Dette notat er fremstillet til brug på IFH's nye grundkursus i Husbygning (6512). Det tidligere notat 47 (Byggesystemers organisation og planlægning) indeholdt nogle kapitler om faser og parter og om organisation og samarbejde, emner, der nu er flyttet til B-retningens grundkursus på 1. halvår.

Nærværende notat indeholder i lettere revideret udgave det øvrige stof fra notat 47 om Byggesystemer generelt, eksempler på bærende systemer, fleksibilitet og nogle fremtidsbetragtninger.

Disse emner dækker, sammen med notaterne om Dæk-, væg- og facadeelementer, den elementære byggeteknik for montagebyggeri. Føjes hertil passende udvalg af B-retningens øvrige afdelingers stof, er der lagt et grundlag for en senere virksomhed inden for rådgivende ingeniørvirksomhed eller i et entreprenørfirma, idet jeg dog gerne straks vil tilføje, at projekteringen af et hus, en bygning, udføres af et team, hvori ingeniøren kun er et af mange medlemmer.

Notat 59 udsendtes første gang i 1981. Denne 1983-udgave har uændret notatnummer, idet den eneste forskel mellem de to udgaver er, at figur 18 er blevet udskiftet med en ny udgave, hvor de med fed streg viste vægge er væggene under dækkene.

Johs. F. Munch-Petersen

Lyngby 1983

BYGGESYSTEMER

Standardisering
Modulkoordinering
Funktionskrav

Åbent/lukket
system

Katalogbyggeri
- det multianvendelige
byggesystem

Typehuse
- det systemdefinerede
produkt

Varieret byggeri
- hver kontrakt er en
"lukket" produktion af
bærende komponenter

Byggesystem-
uafhængige
appteringskomponenter

"Standardisering" ?

Den efter anden verdenskrig igangsatte standardisering, målkoordinering (modulkoordinering) og revision af byggelovgivningen (funktionskrav) har vist sig at have haft stor betydning for den moderne byggeteknologi, for alle bygningstyper.

Oprindeligt talte man meget om åbne kontra lukkede byggesystemer, katalogbyggeri kontra typehuse, hvor de åbne byggesystemer, katalogbyggeriet, nød størst officiel velvilje.

Filosofien var, at disse målstandards m.v. skulle føre til etablering af fabrikker, der hver for sig var specialiserede (og højt mekaniserede) i fremstilling af serier af multianvendelige bygningskomponenter, der kunne sammenbygges på mange måder med hinanden og med andre fabrikkers komponenter. Bygherren, assisteret af nogle få projekterende, skulle herved kunne få mange, individuelt tilpassede, huse, billigt og hurtigt, opbygget af bygningsdele fra kataloger: "katalogbyggeri".

Dette i modsætning til lukkede systemer, hvor organisation, parter og produkt var låst til nogle få hustyper, der blev tilbudt markedet som "nøglefærdige" (typehuse).

Diskussionen om åbne kontra lukkede systemers muligheder for behovstilpasning, industrialisering, billiggørelse o.s.v. er nok ikke så aktuel idag.

Dels er hustyperne i boligbyggeriet i takt med velstandsstigningen blevet mere komplekse ud fra ønsket om variationer i det arkitektoniske udtryk (miljø, tæt-lav, o.s.v.), således at standardkomponenter næppe udgør en stor del af leverancen af bærende komponenter, dels har man erkendt, at de virkelig store serier, hvor standardelementer er det væsentlige, optræder for bygningskomponenter som f.eks. køkken-skabe, køleskabe og komfurer, hvor fabrikerne er så store, at de helt er uafhængige af selv meget store entreprenørfirmaer. Alle byggerier vælger f.eks. mellem produkter fra de samme (få) fabrikker for appteringskomponenter, og er derfor "åbne" systemer over for ikke-bærende komponenter.

Standardiseringen og målkoordineringen har derimod haft stor betydning i såvel projekterings- og fabriksproduktions- som i arbejdspladsfaserne.

En lang række detaljer er nu kendte, (næsten) identiske fra produkt til produkt. Størrelserne varierer i standardiserede spring. Sammenbygningen foregår efter afsætningslinier i standardiserede net (modulnet).

Gentagelsesmomentets værdi.
Projekt
Produktion
Montage

Gentagelsesmomentet i arbejdsoperationerne er sikret, når f.eks. elementernes kantgeometri er låst til nogle få former, uanset at de enkelte komponenters længde og bredde varierer. Sammenbyggeligheden mellem ens eller forskellige, beslægtede elementtyper er ligeledes sikret. Projekteringen kan foregå ved anvendelse af kendte mål, detaljer, fuger, og det færdige projekt kan realiseres ved hjælp af flere, konkurrerende firmaers produktion uden omprojektering. Arbejderne kender elementernes funktion og montageteknik.

"Standard/variant/specialelementer".

Produktivitetshensyn

Ud fra et rent produktivitetshensyn bør man anvende det størst mulige antal standardelementer og så få specialelementer som muligt. De uundgåelige individuelle ønsker bør helst opfyldes ved simple varianter af standarden, ikke ved elementer, der kræver specielle produktionsmetoder.

"Definitioner"

I øvrigt er disse betegnelser ikke særligt veldefinerede, men beror på et skøn, baseret på den pågældende leverandørs produktionsapparat.

"Standardelement"

"Standardelementet" er da det element, den pågældende leverandør altid er parat til at producere, som han måske endog producerer til lager (ikke betonelementer), og som kan passere produktionsapparatet uden videre.

"Variantelement"

"Variantelementet" er han måske også parat til at producere, f.eks. ud fra fabriksdefinerede detaljer, mål- og profilskitser o.s.v., men som kræver planlægning, supplerende produktionsudstyr, manuel indgriben i det automatiske eller lignende.

Såvel "standard" som "variant" har altså ofte ikke noget at gøre med en officiel standard, men udtrykker fabrikkens interne "standard" (procedure) (der måske afviger fra den konkurrerende fabriks).

"Specialelement"

"Specialelementet" kræver et særligt produktionsapparat eller væsentlige indgreb i det normale produktionsapparat på grund af specielle mål, detaljer etc..

Vægelementeksempel

En vægelementfabrik kan eksempelvis definere, at alle installationsfrie vægge med en (eller to) højder svarende til Dansk Standard for etagehøjder og normal (fabriksbestemt) dæktykkelse som et standardvægelement, forudsat at bredden er et multiplum af 12M (max. f.eks. 84M), og tykkelsen er enten 150 eller 180 mm.

Indeholder vægelementet indstøbte el-installationer placeret efter et givet mønster, indgår dette måske i standarden. Andre fabrikker vil kalde el-vægge for varianter.

Specielle el-installationer og døre, placeret efter et givet målsystem vil i reglen medføre, at væggen er et variatelement.

Specielle døre, bæreknaster, armering for længdeafstivende vægge, specielle tykkelser, længder og højder, isolerede partier etc. medfører, at de normale vægforme ikke kan benyttes, og elementet er et specialelement.

Helheden er afgørende

Som påvist i notatet "Huslejen" i afsnittet om priser og produktivitet er forskellen i total byggepris meget lille mellem et byggeri baseret på det størst mulige antal standardvægelementer og ganske få specialvægge og et byggeri med større variationer i plan og facade og dermed et relativt stort antal varianter og specialelementer. Man bør foretrække den løsning, der giver den bedste brugsværdi for pengene, ikke målt i udgifter til vægelementer, men målt som den totale anlægsudgift.

På den anden side, hvis ovenstående argument benyttes i alle beslutningsled, bliver byggeriet for dyrt. 10-20-30% pristillæg på en enkelt elementtype betyder lidt for helheden, men 2-3% på helheden er oftest det tillæg, der medfører, at prisen ikke kan godkendes.

Søg altid det
billigste først

Det må derfor fastslås, at man under hele projekteringen må søge den billigste løsning ud fra erfaringer, kalkulationer og kontakter med producenter, og at rådgivende (arkitekter, ingeniører) aldrig kan lave en god projektering uden intimt kendskab (personligt eller ved personer fast tilknyttet projekteringsteamet) til produktion og montage, hvad enten materialet er træ, stål, beton eller plast.

Projektdetaljer
lig
Produktionsmateriel

Projektdetaljer og produktionsmateriel er to sider af samme sag, og den projekterende må derfor enten knytte sin projektering til en eller flere kendte produktionsmåder, eller bevidst projektere for en ny teknologi. Det sidste kræver sin mand, eller rettere mange mænd.

Kompromis

Det rendyrkede produktivitetssynspunkt fører til mange, ens bygninger, få planløsninger, "Lineal-Børge-byggeri". Brugens behov skal tilgodeses på en optimal måde, et kompromis mellem økonomi, teknologi og behov.

Hvis man overalt har søgt minimumsløsningen, er man også i stand til at vurdere tillæggene for afvigelser fra det teknologiske optimale. Man kan da bevidst finde også den billigste og bedste udvej for at opfylde behovene: En variant bør foretrækkes for en specialitet. I sidste ende er det bygherren, der beslutter ud fra analyser af konsekvenserne for alternativer. Mange arkitekter og ingeniører giver op over for disse og andre produktionsafhængige problemer, specielt hvis fabrikkens egenart først afsløres efter en licitation.

Normalløsninger
BPS

En voksende del af detailprojekteringsprocessen glider derfor idag fra de rådgivende til entreprenørerne, som udarbejder "normalløsninger", der stilles til de projekterendes rådighed. Hertil kommer, at byggeriets parter har etableret samarbejde om udarbejdelse af "standardløsninger" under BPS (Byggeriets Planlægnings-System).

Alternative projekterings-organisationer

Bygherrens
muligheder

Bygherren kan, for at skabe sig gode beslutningsforudsætninger, lade sin projektering udføre på flere måder.

Skitse,
program

1. Bygherrens teknikere udfører kun et program med skitser og funktionskriterier. Det færdige projekt og pris-sætningen udføres af en eller flere producenter med alle de gætterier og usikkerheder, det kan medføre for alle parter. Hvad (hvor lidt) vil bygherren acceptere? Vil han betale ekstra for dit og dat? Er entreprenør A's forslag bedre end entreprenør B's dyrere, afvigende, på visse punkter bedre/dårligere forslag? o.s.v.

Kendt teknologi
(system)

2. Bygherrens teknikere kan projektere ud fra erfaringer fra et bestemt byggesystem. I så fald bør det pågældende byggesystem kunne give en favorabel pris. Projektet er unfair over for andre entreprenører, der kun kan give tilbud under forudsætning af ændringer af (mange) detaljer.

Ny teknologi
via projekterende

3. Bygherrens teknikere kan projektere ud fra en ide til en ny teknologi. Det kan føre til succes eller fiasko, afhængigt af ideernes bæredygtighed og af producenternes vilje og evne til at etablere et nyt produktionsapparat. Montagekvoten gav bl.a. stødet til en vidtdreven mekanisering af betonelementindustrien ud fra et projekt baseret på tre boligselskaber og rådgivende ingeniør P.E. Malmstrøms visioner.

Ny teknologi
via entreprenørerne

4. En ny teknologi kan også etableres ved en udviklingsindsats på entreprenørsiden (og det er det normale). Bygherren - eller hans teknikere - kan da beslutte at ville følge ideerne op. I praksis må bygherren da enten lade sine teknikere projektere både for normal teknologi og for den nye teknologi og lade den endelige pris afgøre valget, eller beslutte at satse på det nye.

Forudvalgt
byggesystem

5. Bygherren kan beslutte, at et bestemt system bør lægges til grund for hans teknikeres overvejelser (sammenlign 2 og 4 ovenfor) eller lade det pågældende systems egne teknikere udarbejde hele projektet, eventuelt ud fra en skitse, et program eller lignende (sammenlign 1 ovenfor).

Typehus

6. Bygherren kan beslutte at købe et færdigt projekt, et typehus, udarbejdet af et firma/konsortium med henblik på salg på byggemarkedet.

Forudvalgte
leverandører
eller
entreprenører

7. Andre varianter opstår, hvis bygherren f.eks. beslutter, at visse bygningsdele skal leveres fra bestemte producenter, mens f.eks. montage og færdiggørelse skal i licitation ud fra et udarbejdet projektmateriale. Bygherren kan også have udpeget hovedentreprenøren (f.eks. sig selv) først.

"Byggesystem"
kan ikke
defineres

Herefter kan det vist fastslås, at det ikke har noget formål at søge en entydig definition af ordene "standardelement", "variantelement", "specialelement" eller "byggesystem". De tre første ord afhænger i reglen af den aktuelle producents materiel. "Byggesystem" er et ord, der f.eks. hæftes på det princip, der benyttes til et bestemt byggeri. De enkelte entreprenører taler gerne om "deres" byggesystem, og det har sin virkning (?), når man vil sælge sin know-how på licens i udlandet.

Kun ét dansk
byggesystem ?

Inden for landets grænser ville jeg for etageboligbyggeriets vedkommende være tilbøjelig til at hævde, at vi næsten kun havde ét byggesystem, baseret på hule dækkomponenter, massive, uarmerede væg-elementer, tre kendte fuger (dæk-dæk, væg-væg og etagekrydset) og en generel viden om, hvordan dette råhus færdiggøres. Systemet anvendtes oftest med bærende tværvægge, jfr. figur 1 og 6. Hermed har jeg nok trådt enkelte producenter over tærne. Jeg har i øvrigt ikke talt om industri- og etplansbyggeri. Sidste kapitel viser, at vi er ved at få flere, nye systemer.

Systemvarianter

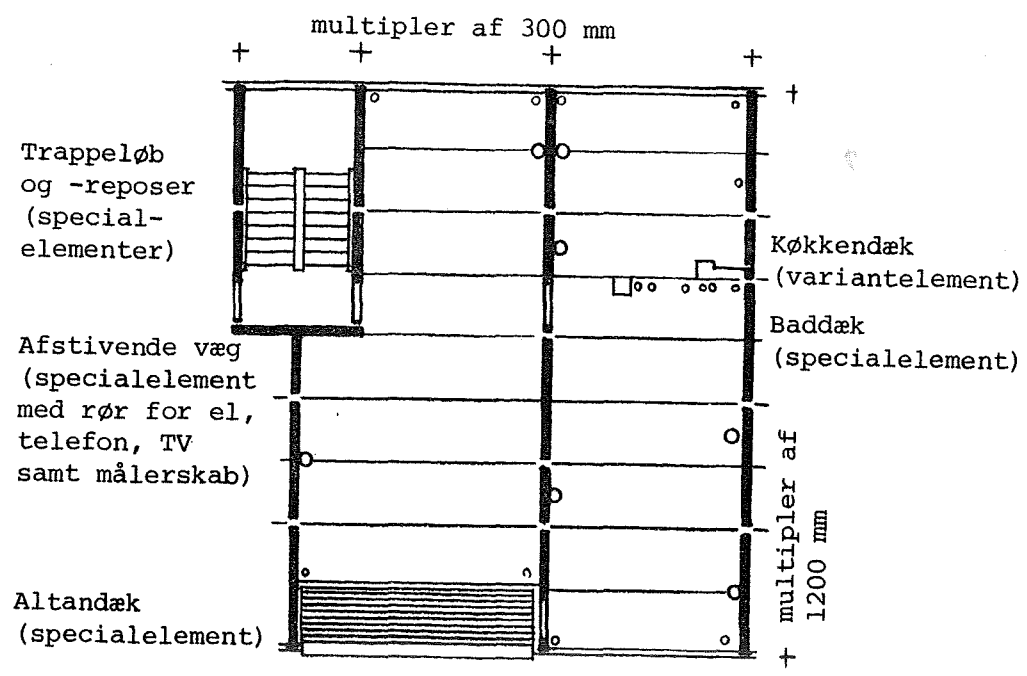
"Det danske system" optræder i en række varianter, der ikke kan henføres til bestemte entreprenører, selv om eksemplerne nedenfor kunne gives (har) navne.

Mange/få
planløsninger
i "systemet"

Et byggeri kan omfatte mange forskellige lejlighedstyper, hvor et begrænset antal elementer kombineres på adskillige måder, styret af modulnettet m.v., eller et begrænset antal lejlighedsplaner, hvor hvert enkelt element har sin givne plads i helheden.

Bærende systemer

Man kan også inddele byggerierne efter det bærende systems opbygning: Tværvægge, længdevægge, bærende skelet, bærende boxe, kombinationer af tvær- og længdevægge etc.. De forskellige principper får betydning for planløsningsmulighederne, se næste kapitel.



Figur 1

Det konstruktive princip i Ballerupplanen, et byggeri med mange planløsninger (25 forskellige lejlighedstyper, ialt 1700 lejligheder).

Etageboligbyggeri i 3 og 4 etager, i retlinede boligblokke med gennemsnitligt 5 opgange pr.blok.

- Planlægningsnet for dæk og vægge 300 x 1200 mm (3M x 12M)
- Etagehøjde (brutto) 2800 mm (28M).
- Vægmidte/vægmidte = dæklængde = n x 300 mm.
- Husdybde p x 1200 mm = p x dækbredden.
- Vægelementbredde 1200 og 2400 mm.
- Træskeletfacade med bredderne 1200, 1500, 1800 mm.
- Maksimal elementvægt 2,5 ton.

Dækelementerne (sammenlign figur 2) består af "standarddæk", "varianter" ved køkken og langs facade, samt "specialelementer" til altan, trappe og bad. Køkken- og badinstallationer (og tilhørende dæk) er adskilt, da man herved opnår, at køkkenvarianterne (ens i princip for alle køkkener) og badspecialelementerne (ens i princip for alle baderum) kan genanvendes i alle lejlighedsplaner, uanset køkken/bads relative placering.

Vægelementerne (sammenlign figur 3) består af "standardvægge" (inklusive varierende el-installationer), "varianter" med døre og "specialelementer" ved trappen.

Ballerupplanens filosofi, det åbne system

Eksempler på variant-/specialelement valgmuligheder

Bærende tværvægge (var) det normale i 60'erne

Konstruktive og lydmassige hensyn

Det simple element

Dækelementerne

Samlebåndet

Nedenfor skal omtales enkelte eksempler på valgsituationer mellem variant- og specialelementer, bl.a. i relation til byggeriets antal (mange/få) planløsninger.

Praktisk taget alt montagebyggeri var som sagt i 1960'erne baseret på bærende tværvægge, enkelte længdeafstivende vægge (ved trappen), simpelt understøttede dæk, og ikke-bærende facader (lette eller tunge, systemafhængige), se f.eks. figur 1 fra Ballerupplanen, der omfattede 1700 lejligheder med 25 forskellige lejlighedsplaner (altså et byggeri med mange planløsninger).

Princippet er naturligt: Det bærende system er simpelt. Elementerne kan let "standardiseres". Enhver facadetype kan hægtes på, da den ikke indgår i det bærende system. Lejlighedsskel og trappevægge opfylder lydisolationskravene, da de er tunge. (Disse vægge ville af pris-mæssige og lydisolationsmæssige hensyn være blevet udført af beton under alle omstændigheder. Hvorfor så ikke udnytte deres bæreevne ?)

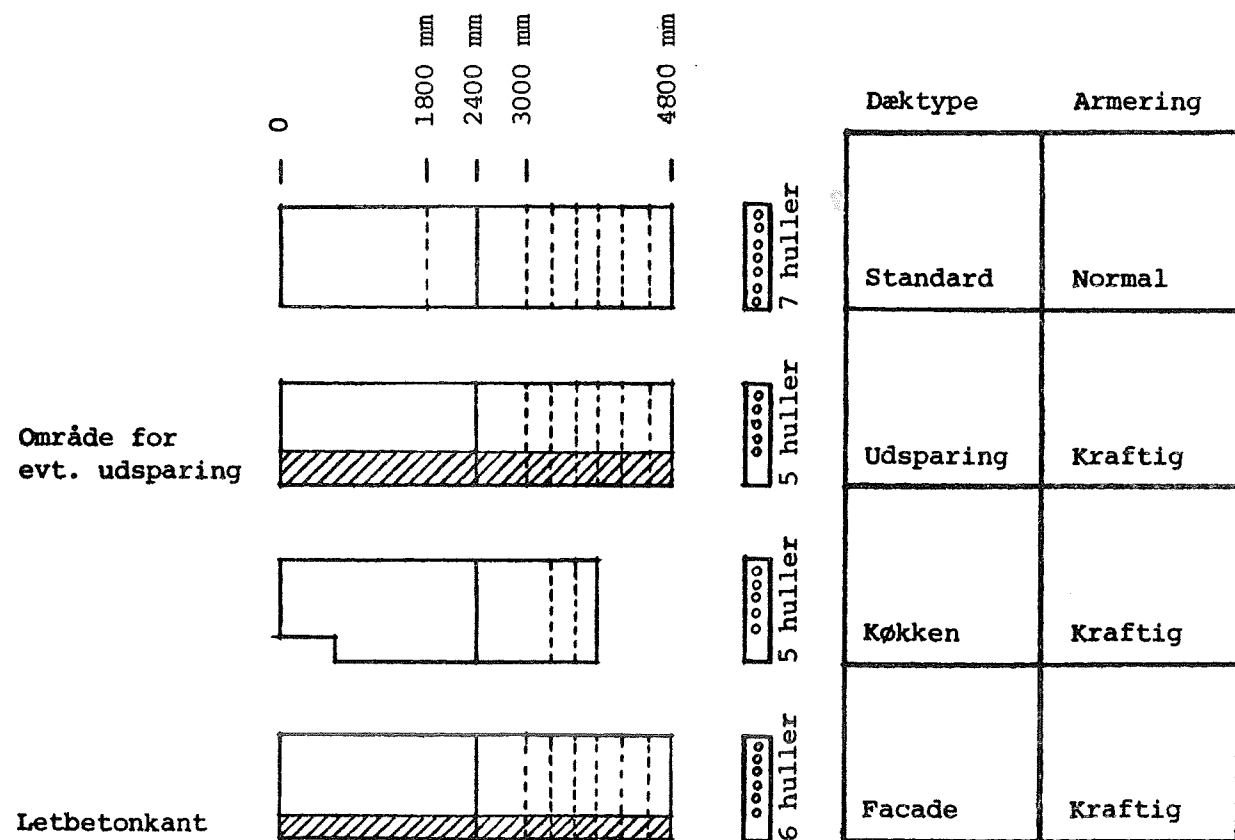
Figur 2 og 3 viser de til Ballerupplanen hørende standard- og variantelementer for dæk og vægge.

Figurerne 1, 2, 3, 4 og 5 viser eksempler på den produktionsforenkling, der er foretaget ved elementopdeling og -udformning. De til systemet hørende normale fuger mellem dæk, vægge og facader er beskrevet i notaterne "Dæk- og vægelementer" og "Facadeelementer".

Når man med et givet, højt mekaniseret produktionsapparat skal søge at producere elementer til et byggeri med mange, forskellige lejlighedsplaner, må man forsøge at få dækkene opdelt i så mange simple og ensartede elementer som muligt.

Dækelementerne skulle produceres i stålform, der passede dækfabrikens arbejdssteder på et lukket, stærkt mekaniseret, transportbånd, med følgende arbejdsoperationer, én for hvert stop på transportbåndet:

Formrensning, oliering af form, armeringsnet, isætning af eventuelle udspæringer,



Figur 2

Dækelementer til Ballerupplanen, ekskl. specialelementer til bad, altan og trappe.

"Standarddækelementet" har dimensionen $l, b, t: n \times 300$ ($6 \leq n \leq 16$), 1200, 185 mm og er forsynet med 7 langsgående, cirkulære udsparinger (7 huller). Armeringsnettet er et svejst net med 8 langsgående jern (et for hver bæreknastr) og tværarmring pr. 300 mm. Nettet findes i 4 udgaver med 4 forskellige diametre på de langsgående jern, afhængigt af spændvidden.

"Variantelementet" til udsparinger bruger et armeringsnet med 1 nummer kraftigere langsgående jern, da udsparinger af enhver rimelig form frit kan placeres i det skraverede område, hvorved indtil 2 jern overlappes ved udsparingskassens placering. Der mangler 2 huller, da de langsgående stålrør, der benyttes under støbningen, ikke kan føres frem gennem udsparingskasser.

"Køkkendækket" er en specialudgave af dette dæk, idet elementet kun findes i den viste og den spejlvendte udgave, jfr. figur 5.

udstøbning (d.v.s. cirkulære rør skydes ind, beton udstøbes, beton vibreres og afrettes, rør trækkes ud, alt på ca. 4 min.), kontrol (eventuelt småjusteringer) af overflade, stabling af forme (3 stk.), stablerne kørt i varmekammer (som passerer på 4 timer), stablerne kørt ud af varmekammer, nedstabling, afformning af dæk (som transporteres til lagerplads).

Alle stålforme var 1200 mm brede og 4800 mm lange.

Sideforme

Sideformene var forsynet med fastholdelsesbeslag, hængsler, og var profilerede så de enten gav den normale, fortandede, selvforskallende dækkant, eller så de kunne fastholde gasbetonsten til kantisolering af facade-variantdækkene (sammenlign figur 2 og figurerne til lette facader i Facadeelement-notatet).

Endeforme

Endeformene var profilerede til formning af bæreknastrer og var forsynet med huller til styring af de stålrør, der gav de 5/6/7 langsgående, cirkulære udsparinger.

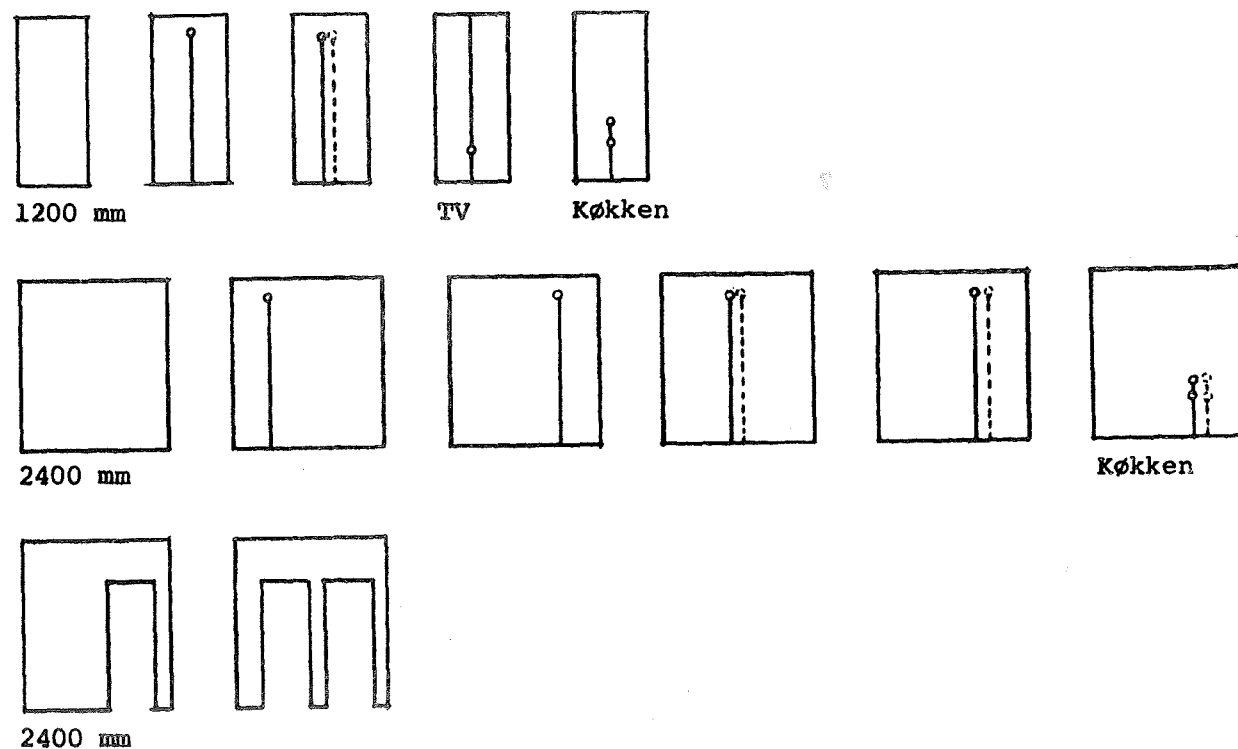
Endeformene fastlåses til sideformene ved de ståldele, der gav dækkets kant en for-tanding (jvnf. notatet Dæk- og Vægelementer).

Teksten til figur 2 omtaler armeringsnet, 5 eller 7 cirkulære udsparinger, udsparringszone m.v..

Køkkendæk

Bemærk, at køkkendækket nok optræder med 4 spændvidder, men kun med to typer hjørneudsparing, en højre- og en venstrevendt, jvnf. figur 2 og 5. Samlebåndet er "vant til" at håndtere enhver længde $n \times 300$ mm ($6 \leq n \leq 16$), og det er simpelt at skulle tilføje en af to mulige køkken-udsparingskasser i et hjørne af formen.

Bemærk også teksten til figur 1 om adskillelse af installationerne i bad og køkken. Baddækket, med fald og hulkehl, afløb o.s.v. fandtes også i 2 spejlvendte udgaver, placeret på en række spænd, men blev i øvrigt støbt i specialforme som et massivt dæk, med oversiden nedad for at skabe det rigtige, glatte fald mod afløb.



Figur 3

Vægelementer til Ballerupplanen eksklusive specialelementer ved trappen.

"Standardvæggen" er uarmeret med dimensionerne $l = 1200$ eller 2400 mm, $h = 2582$ mm, $t = 150$ mm.

"Varianter" med "normale" el-installationer er vist (punkteret) på elementbagsiden), for "loftsudtag", TV-antenne og køkkeninstallation ved komfur. (El-installationen fordeltes i hulrummet mellem trægulv og betondæk til afbrydere i dørindfatninger og fodpaneler og til rør i vægelementet).

"Varianter" med de to "normale" dørplaceringer er vist.

Ballerupplanen var et $2\frac{1}{2}$ ton "system". Et 5 ton system med tunge vægge, betonfacader og eventuelt bredere dæk (f.eks. altaner) kunne - med samme flexibilitet i tværvæggene - baseres på 2400 og 3600 mm brede vægge.

Vægelementerne

Lodret/vandret støbning

Vægelementerne støbtes lodret i stålforme, samlet i batterier á 10 stk. vægge, 1200 eller 2400 mm brede

Ved at støbe dækkene vandret og væggene lodret opnås: Elementerne støbes, transporteres og monteres uden at skulle vendes i deres endelige position. Dækelementundersiden bliver glat, egnet for sprøjtemaling. De andre sider er ikke væsentlige i denne forbindelse. Vægoverfladerne bliver rimeligt glatte - og ens! - for tapetsering.

For væggenes vedkommende er der dog den vanskelighed, at en række installationer, udsparringer, andre operationer lettere udføres ved en vandret støbt væg, f.eks. isætning af formdele for komplicerede huller, herunder døre eller vinduer (for ikke at nævne problemer med sandwichvægge i form af gavle eller facader med to lag beton, adskilt af isolering, med særlige krav til en eller flere overflader).

Lodret/vandret vægstøbning f.eks. afgørende for profiler af huller, elementorientering, overfladestruktur m.v.

Vægge støbes lodret eller vandret, afhængigt af fabrikkens teknologi, væggenes detaljer o.m.a.. Den projekterende må vide, om det element, han tegner, senere støbes lodret eller vandret, hvis han vil give udsparringer den udformning (smig), der tillader hurtig og fejlfri udformning. Ofte bliver der i øvrigt en strukturforskil mellem op- og nedsiden i vandret støbte vægelementer (stålformside henholdsvis maskinglitning). I så fald må elementerne muligvis vendes "korrekt" (ensartet) under montagen, og det giver måske en række nye varianter.

Specialelementer

Ballerupplanens standard- og variantelementer var egnede for mekaniseret produktion. Elementerne opfyldte normalt kun én eller nogle få funktioner, og de kunne kombineres på mange måder. Herudover produceredes komplekse specialelementer, der opfylder mange funktioner på en gang! Disse elementers produktion var måske ikke så rationel, men til gengæld kunne den tilrettelægges omhyggeligt, da alle lejligheder anvendte det samme specialelement (bad, trappe, facade, etc.).

Baddækket med alle rør

Bemærk, at baddækket vist på figur 1 indeholder samtlige rør- og afløbsinstallationer, koldt- og varmt vand, varmtvands-

Trappeendevæggen er afstivende og forsynet med el, TV, telefon etc.

cirkulation, gulvafløb, WC-tilslutning, faldstamme og ventilationsenheden. Badeværelset er udformet, så alle disse specialhuller falder indenfor ét og kun ét dæk.

Tilsvarende kan man se, at den afstivende væg også indeholder rørinstallationerne for el-hovedforsyningen, for telefon, TV og målerskab: Da væggen er afstivende, er den speciel på grund af sin kraftige armering, og man søger da at putte så mange andre funktioner som muligt ind i denne væg for at frigøre andre elementer for disse funktioner.

Man har altså enten standardelementer og variantelementer, som er simple at producere, eller specialelementer, hvor man samler så mange funktioner som overhovedet muligt indenfor et element. Samtidig søger man at anvende specialelementet så mange gange som muligt indenfor projektet. Der var eksempelvis kun to typer badeværelser, det viste og et spejlvendt, og der var kun to trappeløsninger, den viste to-løbstrappe og en tre-løbstrappe.

Vend badeværelset rigtigt

Hvis badeværelset i figur 1 var blevet vendt på den anden led, ville rørdsparringerne have grebet ind i mindst to dæk, og samtidig ville dækkene muligvis have haft så mange huller langs væggen, at den bærende funktion ikke kunne opfyldes.

Indstøbte installationer giver specialelementer

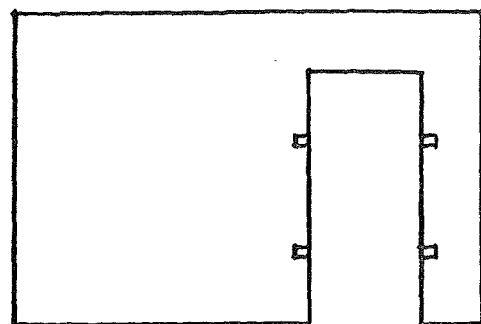
Tænkte man sig installationerne indstøbt i dæk- og vægge, ville disse dæk- og vægelementer blive specialelementer, besværlige at fremstille og kun egnede til brug i det pågældende projekt, måske kun i den pågældende lejlighed.

Installationer/ betonelementfuger giver problemer

Hvis sådanne rørinstallationer skulle forbindes mellem to vægelementer eller to dækelementer, ville der i øvrigt opstå toleranceproblemer og tætningsproblemer ved udførelsen af fuge og samling.

I typehuse er alle elementer ofte "specielle"

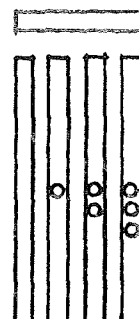
Typehusfabrikanter har knap så mange vanskeligheder. På grund af de få lejlighedsplaner opstår der også et begrænset antal kombinationer af funktioner, og man kan lade hvert enkelt dæk- og vægelement optage funktioner, som planløsningen måtte kræve. Samtidig må man så påregne, at samtlige dæk- og vægelementer er forudbestemt til én og kun én brug.



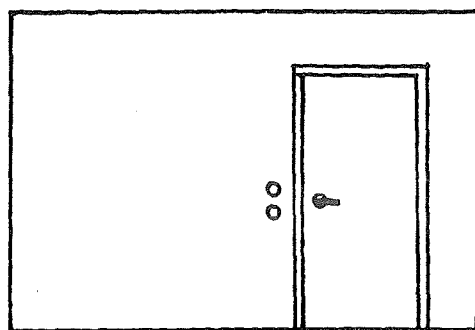
Vægelement
Ballerupplanløsning



Dørkarm
(højre- og
venstre)



Indfatninger
1 vandret
5-6 lodrette
(afhængige af
el-afbrydere)



Typehusløsning

Figur 4. VÆGELEMENT MED DØR OG EL-AFBRYDER

Øverst vises den på Ballerupplanen valgte løsning, hvor funktionerne er skilt, således at de enkelte fabrikanter af delkomponenter får et simpelt produktionsprogram.

Der er én variant vægelement, idet dørens placering indenfor vægelementets geometri er fastlagt, og idet døråbningen er forsynet med klodser, hvori dørkarmen altid kan fastskrues, uanset om den er højre- eller venstrevendt.

Der er to varianter af dørkarmen, en højre- og en venstrevendt variant, således at alle fire dørmuligheder kan opfyldes, eventuelt ved at vende karmen.

Indfatningen, der dækker fugen mellem dørkarm og vægelement, består af én vandret indfatning og af én lodret indfatning, der dog kan findes i en række varianter, afhængigt af antallet af afbrydere og stikkontakter.

Naturligvis anvendtes ikke alle 200 kombinationsmuligheder på Ballerupplanen, men fabrikken var oprettet med henblik på produktion i mange år, og det var umuligt at forudsige, hvilke af de 200 muligheder, der kunne blive aktuelle.

Nederst vises en "typehusløsning", hvor variantantallet er så lille, at delene indstøbes/samles på fabrik.

Forholdet kan illustreres ved det på figur 4 viste eksempel.

Når en dør placeres i et vægelement opstår der i praksis ca. 200 forskellige kombinationer af dørhængsler og el-afbrydere, selvom døren har én og kun én placering indenfor vægelementets geometri, idet døre kan være højre- og venstrehængslede, og indad- eller udadgående, og idet der i dørindfatningerne eller ved siden af døren kan sidde op til 3 forskellige el-afbrydere eller el-stikkontakter.

Øverst på figuren vises den på Ballerupplanen valgte løsning, hvor man ved at skille disse forskellige funktioner ad har opnået et simpelt konstruktionsprogram.

Nederst vises en typehusløsning. Når antallet af lejlighedsplaner er begrænset til nogle få, er antallet af forskellige kombinationer omkring dørene også begrænsede, og de fleste typehusfabrikanter vil derfor snarere vælge den nederste løsning, hvor elementet fra fabrikkens side på forhånd er fastlagt i forhold til hængsler og el-afbrydere. Her er el-afbryderne indstøbt.

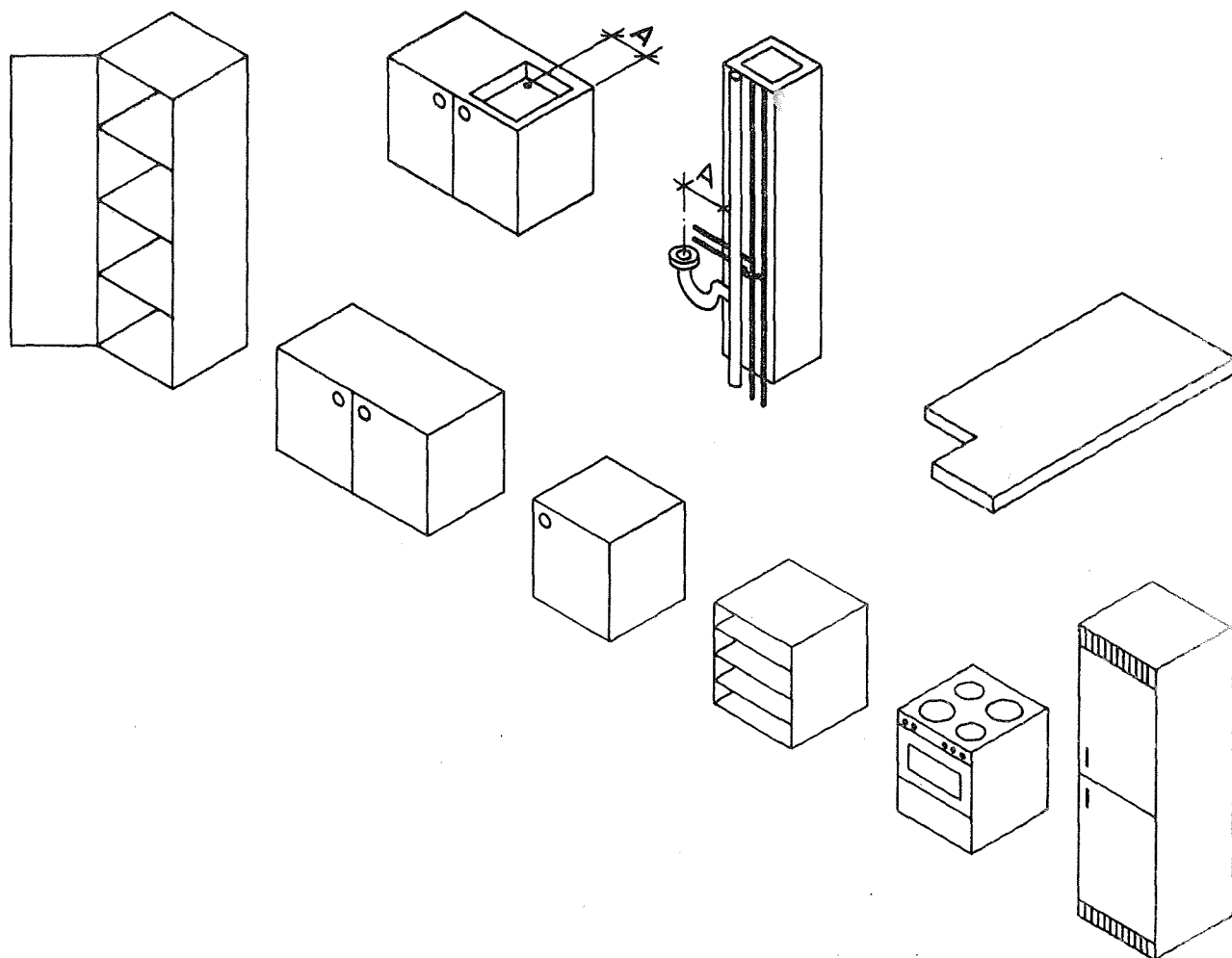
Små/store elementer

Små/store elementer

Små elementer,
fleksibelt anvendelige

Voksende
elementvægte

Ballerupplanens filosofi var bygget på anvendelsen af relativt begrænsede elementer med en største elementvægt på kun 2 å 3 t. Man regnede med, at fordyrelsen ved det relativt store antal kranoperationer kunne opvejes af den opnåede forenkling af produktionen af de enkelte komponenter. Det synes som om denne filosofi ikke er korrekt med det nuværende teknologiske og lønmæssige niveau i Danmark, og der er ingen tvivl om, at elementstørrelserne i Danmark idag overalt er voksende, elementvægte på 5-8 t er blevet normale. Derved forsvinder forskellen mellem typehusfabrikanter og fabrikanter til byggerier med mange forskellige lejlighedstyper. Alle elementer er idag relativt store og forsynede med så mange indstøbninger, specialløsninger af fuger, funktioner o.s.v., at de ofte kun har én anvendelse indenfor projektet.



Figur 5. KØKKENELEMENTER

Dette er det andet eksempel på adskillelse af funktioner med henblik på opnåelse af simple funktionskrav for komponenterne. I øverste linie er vist et dækelement med en standardiseret udsparring, der kun kan anbringes i et af dækelementets hjørner. Dækelementet findes således i højre- og venstrevendt udgave. Sammenlign teksten til figur 2.

Ventilations- og rørenheden findes i en højre- og en venstrevendt udgave, og begge kan anbringes i dækelementets udsparring. Derved opnås, at tilslutningen for køkkenvaskenheden i realiteten kan placeres på 4 forskellige måder for hver fuge mellem dækkene, idet et dæk indeholder 2 udsparringer, i hvilke ventilations- og rørenheden kan anbringes højre- og venstrevendt.

Til venstre i øverste række ses køkkenvaskenheden, der også findes i højre- og venstrevendt udgave. Målet A er det samme for de to sidstnævnte komponenter.

I nederste linie vises køkkenelementerne, køkkenskabe, køkkenborde, komfur og køleskab. Disse kan kombineres på mange måder, idet deres mål er koordineret i overensstemmelse med dansk standard, således at bredderne 400 eller 600 mm eller multipler heraf og højderne på komfur og køkkenskabe svarer til hinanden.

Store elementer er "specielle"

Generelt kan man sige, at jo større elementer, der anvendes, jo flere varianter og jo flere specialelementer vil der opstå. De variationer i planløsninger, der kan opnås ved kombination af de på figur 3 viste op til 2400 mm lange vægelementer kan naturligvis også opnås med vægelementer, der f.eks. er op til 7200 mm lange. Antallet af mulige kombinationer er imidlertid så stort, at de fleste store vægelementer er specialelementer.

Fordele og mangler ved små og store elementer

Fordele og mangler ved store og små elementer kan resumeres som følger: Små elementer er lettere at masseproducere. De må endvidere antages at have et større marked. Små elementer er multianvendelige og skulle derfor give adgang til mere åbent stabilt marked omfattende mange forskellige hustyper.

Markedsstørrelse

Fugers antal

Til gengæld har de små elementer, f.eks. mursten, en række vanskeligheder, der skal overvindes, der er mange fuger, der er meget håndarbejde, og der er nøjagtighedsproblemer.

Nøjagtighed

Montagetempo

Omvendt kan man sige om de store elementer, at nøjagtighedskravene er lette at opfylde, montagen enklere og hurtigere, og der er færre fuger. De store elementer er til gengæld normalt begrænset i anvendelighed, da de enkelte komponenter sigter mod en bestemt hustype, endog mod en bestemt lejlighedstype.

Lager- og transportproblemer

Meget store komponenter, f.eks. box-komponenter, der omfatter et helt rum, kan give lager- og transportproblemer.

Organisationstalent vigtigst

Hvor stor en del af markedet et givet element, et givet byggesystem kan få, afhænger i sidste instans imidlertid ikke af elementstørrelsen, men af den omhyggelighed hvormed planlægningen er udført, den pris der er opnået, og den analyse af markedet der er foretaget.

Udviklingen har medført, at de gamle produktivtetsvenlige Lineal-Børge-huse er blevet erstattet af tæt-lavt byggeri, byggeri med altaner, terrasser, skulpturelle facader o.s.v.. Montagebyggeriets teknisk-økonomiske succes er idag langt mere en funktion af organisationstalent end af betonteknologi og elementstørrelser.

Moderne,
skulpturelle
facader har
øget antallet
af varianter

Antallet af detaljer er blevet stærkt forøget i de seneste år. En retlinet, rektangulær boligblok har få facadeproblemer: En vandret og en lodret facadefuge, en hjørnefuge mellem gavl og facade, og eventuelt specialfuger ved kælderen, altaner og taget. De nye byggerier har herudover indadgående hjørner, fremspringende lejligheder og en række kombinationer af forskelligartede komponenter, elementstørrelser, fugetyper, f.eks. som følge af spring i facaden eller etageplan.

Hvor kan/skal/må
komponenten
anvendes
"Gyldighedsområdet"

Hvis man ønsker at udvikle en ny komponenttype, bør man derfor gøre sig klart på forhånd, hvor mange af de mulige anvendelsessituationer, man sigter på som sit marked. Ønsker man at dække hele markedet, må man være forberedt på mange dimensioner og udformninger af kantgeometrien o.s.v.. Det nytter ikke at igangsætte en produktion med en simpel elementtype, hvis man ikke enten på forhånd har gjort sig klart, at man derved har begrænset sit marked, eller på forhånd har sikret sig, at produktionsapparatet også kan omstilles til mere komplekse elementer. Komponentens "gyldighedsområde" må analyseres, og beslutningen træffes ud fra den sandsynlige realitet, at omstillinger senere bliver for dyre.

Relationen mellem hvor kompleks en bygning er, og hvor mange forskellige komponenter og varianter heraf, der skal fremstilles, kan illustreres ved nogle kendte byggesystemer.

Murstenen
Lille
Multianvendelig

En mursten fremstilles normalt i én størrelse, hvormed man kan bygge næsten enhver bygningstype, hvis man i øvrigt mener, at den dertil medgåede arbejds løn kan forsvare det. Omvendt kunne man forestille sig, at man havde udviklet et byggesystem, der kunne bygge næsten alle typer bygninger, boliger, kontorer, universiteter, kraftcentraler o.s.v.. Et sådant byggesystem "The Midway-System", er faktisk udviklet i England, men naturligvis er samtlige komponenter ikke i produktion, men de principielle muligheder og løsninger er fastlagt.

Det multianvendelige
stor-komponent system
har mange forskellige
detaljer og komponenter

Ballerupplanens
system er kun
egnet til enkle
boligtyper

Ballerupplanen repræsenterer et byggesystem, hvor man baserer sig på et begrænset antal relativt små elementer, med hvilke man kan bygge mange forskellige

slags boliger. Hvis bygningens kompleksitet øges, må systemet ofte give op og supplere sig selv med en lang række specialelementer, hvilket vil medføre, at produktionen ikke er konkurrencedygtig i forhold til byggesystemer, hvis grundelementer måske er knap så rationelle, men hvis hele produktionssystem er lagt an på at lave mange forskellige elementer med de samme maskiner.

Den "variable" produktionsteknik. Multianvendeligt produktionsapparat.

Eksempelvis kan det nævnes, at vægelementer idag sjældent støbes i batterier med standardbredder f.eks. 1200, 2400 og 3600 mm, men at de fleste fabrikker nu støber vægelementer i meget lange forme, der inddeles ad hoc til støbning af 2-3 vægelementer med de ønskede mål, eller i forme tilpasset det konkrete projekt. Alle elementfabrikker har idag også taget det 2400 mm brede dæk ind som en normal del af produktionen.

Komplekse bygninger vil endnu idag ofte blive udført "støbt på stedet", hvor de individuelle variationer lettere - for en højere pris - kan indpasses i produktionen.

Generel metodik i kompendium i Husbygning

"Kompendium i Husbygning", pag. 7-34, indeholder en række generelle synspunkter om modulprojektering, almen metodik og detaljer, som bør læses i relation til det ovenfor sagte, der især har handlet om præfabrikerede betonelementer. Præfabrikerede komponenter omfatter udover dæk og vægge også gavle, skakte, køkken-skabe, lette vægge, radiatorer, badeværelser, døre, fodpaneler, garderober, o.s.v..

3M x 3M net for bærende konstruktion

En kort kommentar til de i kompendiet pag. 7-34 gennemgåede principper: Man skal være forsigtig med at lægge for meget vægt på at få linierne i det overordnede 3M x 3M planlægningsnet til at falde sammen med linierne i et eventuelt 1M x 1M net for lette vægge, skabe m.v.. Køkkenskabe placeres nu engang klods op ad bagvæggen. Lette vægge er ofte baseret på, at de stilles tæt sammen med tæt fuge, eventuelt med en limfuge. Det er da ikke muligt udelukkende at bruge standardkomponenter af lette vægge mellem to bærende tværvægge. Målafvigelse på det bærende system er så store, at de ikke kan optages i en limfuge. Det er klogest at erkende, at afstanden mellem to bærende vægge va-

1M x 1M net for de lette komponenter

rierer med ca. ± 10 mm, mens summen af en række lette vægkomponenter giver et bidrag til unøjagtighederne på $1 \text{ \AA } 2 \text{ mm} \times$ antallet af lette elementer. Den sidste fuge ved opstillingen af en række lette elementer må derfor udføres specielt, f.eks. ved en dækliste eller ved tildannelse på stedet.

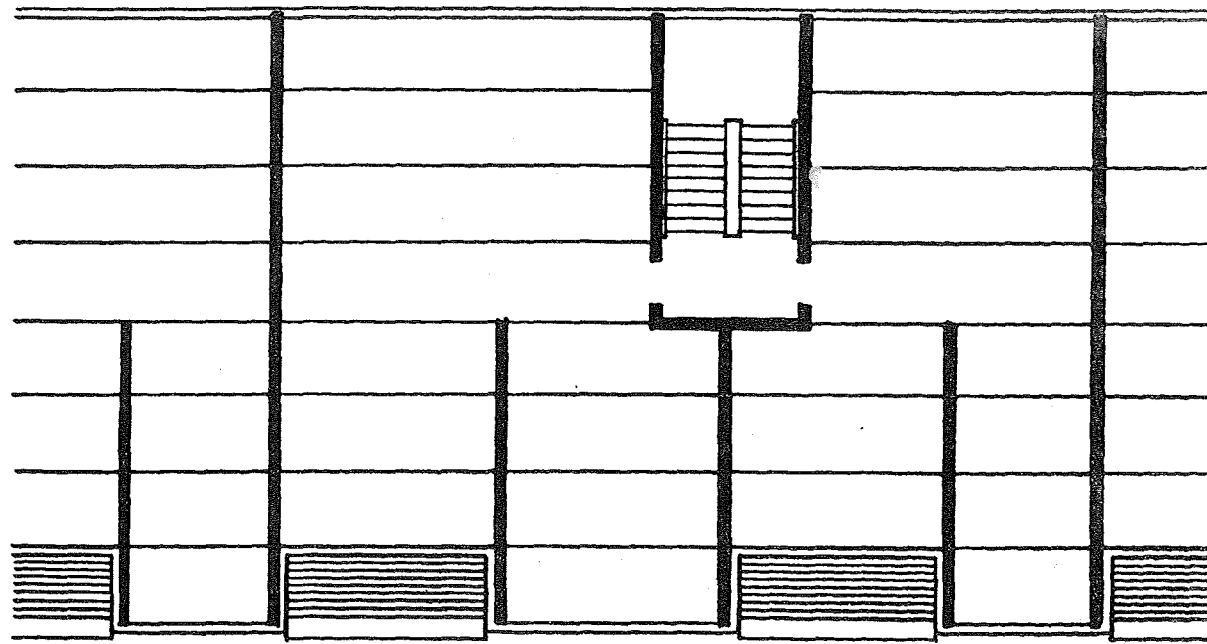
Nøjagtighedsforskellen råhus/lette komponenter

Generelt er forskellen mellem de acceptable unøjagtigheder i det bærende system og de naturlige unøjagtigheder for senere arbejder, lette vægge, rørinstallationer o.s.v. så stor, at en række udligningsløsninger må etableres.

Modulære rummål er oftest uden mening

Forsøg på at opnå modulære rummål i fleretagers byggeri er derfor oftest uden mening. Derimod er der mening i på forhånd at analysere og afgøre, hvilke relationer de to nets linier har, for hver let komponenttype for sig, bestemt af tekniske, brugsmæssige krav m.v. Relationen kan ofte udtrykkes i et mål. Eksempler på sådanne relationer kan findes overalt i kompendiet og f.eks. i forelæsningsnotaterne "Dæk- og vægelementer" og "Facadeelementer".

Teknisk bestemte relationer mellem $3M \times 3M$ nettet og $1M \times 1M$ nettet

BÆRENDE SYSTEMER, Eksempler

Figur 6. BÆRENDE TVÆRVÆGGE, som anvendt i f.eks. "Ballerupplanen" og i øvrigt i de fleste montagebyggerier i 60'erne. (Del af etageplan i en oftest (3-)4 etager høj blok med i reglen 4-10 opgange med 2 lejligheder pr. etage pr. opgang.)

Bærende tværvægge

Valg af byggesystem bør ske meget tidligt under projekteringsfasen, idet dette valg er afgørende for økonomi og planløsningsmuligheder.

Systemet med bærende tværvægge er generelt det billigste system, forudsat at systemet udnyttes efter sin hensigt. Hvilket system, der er det billigste, afhænger af de ønsker, bygherre og arkitekt i samarbejde med ingeniøren formulerer med henblik på planløsninger, fleksibilitet (såvel under planlægning som under senere ombygninger), ønsker om ekstraordinære kvaliteter eller ønsker om en skulpturel, terrasseret facade. Et forkert valg kan medføre, at byggeriet bliver så dyrt, at projektet må kasseres.

Bærende tværvægge med simpelt understøttede dækelementer er et almindeligt vesteuropæisk system. Figur 6 viser princippet. Sammenlign figur 1 fra Ballerupplanen. Begge figurerne viser 12M brede dæk. I dag er det 24M brede dæk meget anvendt, men systemet som sådan er i øvrigt uforandret og stadig almindeligt anvendt.

Systemet er hurtigt og let at montere. Det løser problemerne med lydisolering mellem lejlighederne. Det giver arkitekten relativ frihed til at udforme facaden let eller tung o.s.v., da denne ikke er en del af det bærende system. Systemet er generelt billigt på grund af de enkle, relativt ensartede elementer, som det bærende system dannes af. Altaner er lette at tilføje, enten indbyggede, som vist her, eller som kontinuerte altaner langs med facaden. Altaners og facaders konstruktion og fuger er omtalt i notatet "Facadeelementer".

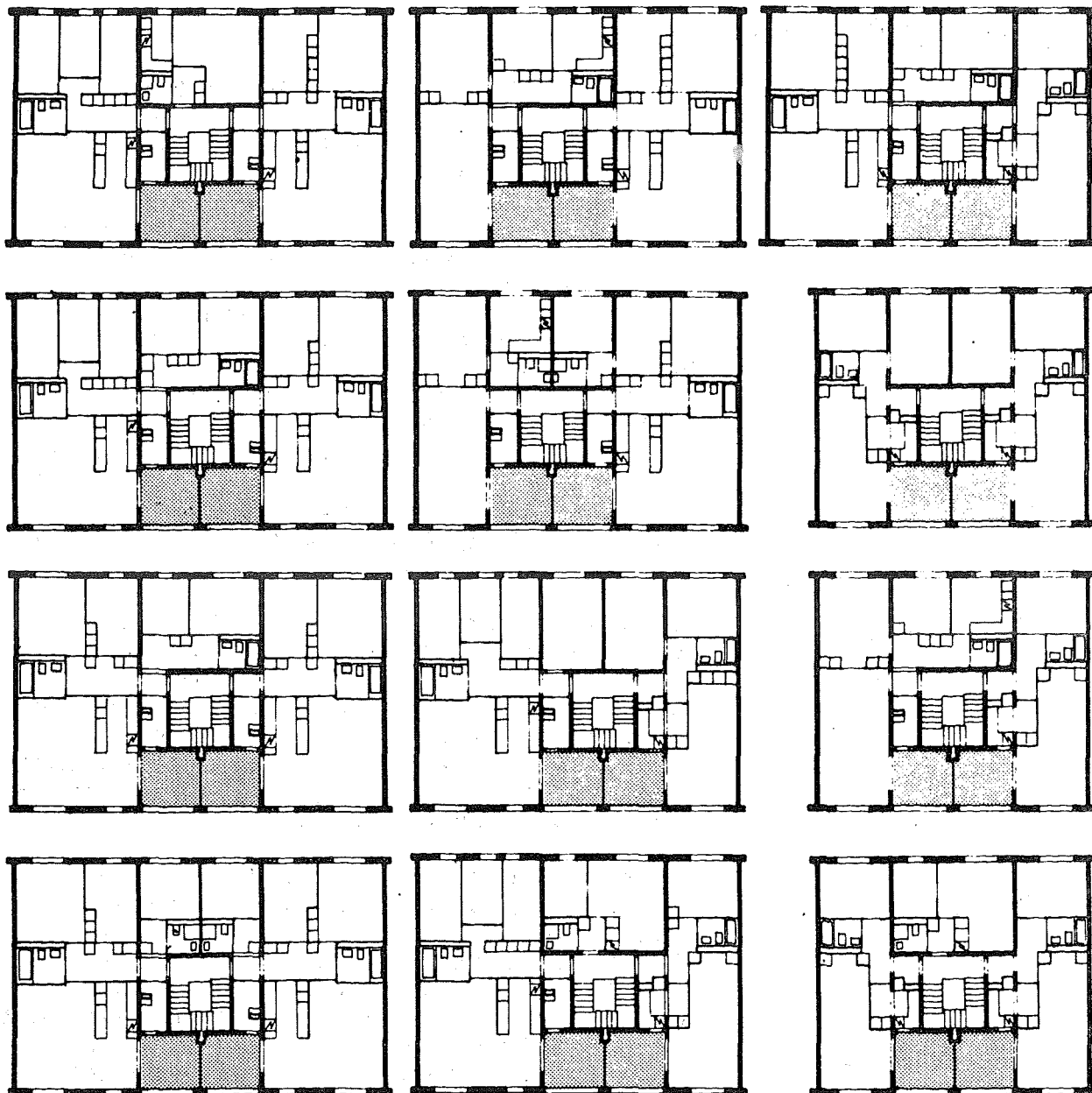
3M x 12M
planlægningsnet

Planlægningsnettet er et 300 x 1200 mm net, med 300 mm spring i afstanden mellem midte-midte af bærende tværvægge, og med 1200 mm som spring i mulige husdybder.

Der er store begrænsninger på den fleksibilitet, som systemet kan give, hvis man senere ønsker at modernisere bygningen, selvom facaderne kan fornys.

Lange spændvidder

En mulighed er at benytte dæk med meget lange spændvidder, så antallet af bærende tværvægge reduceres. Det kræver imidlertid relativt tykke dæk, idet der ellers



Figur 7: BÆRENDE TVÆRVÆGGE

Mulige planløsningsvarianter inden for et givet bærende system. Få varianter af vægkomponenterne (dørplacering og enkelte fuger). Lejlighedsstørrelsen varierer mellem 1-rum (42 m²) og 6 rum (130 m²). (LN-Nybo).

"Ekstra"
dørhuller

Variabel dørplacering
i given væggeometri

"Tillægsrum"

Trappen

er en risiko for langtidsnedbøjninger. Fugerne mellem dæk og lette vægge/lette facader skal udformes, så de tager hensyn til disse eventuelle bevægelser.

En ombygningsmulighed, der kan indbygges fra begyndelsen, er at forsyne et vist antal bærende tværvægge med døråbninger, der udmures, eller på anden måde lukkes lydtæt, således at man senere kan slå rum eller lejligheder sammen.

Princippet kan benyttes til - inden for en given vægopstillingsgeometri - at etablere f.eks. to 3-rums boliger i en etage, og en 4-rums plus en 2-rums bolig i etagen over/under, således at udbuddet af forskellige lejlighedstyper øges, trods (næsten) identiske elementløsninger.

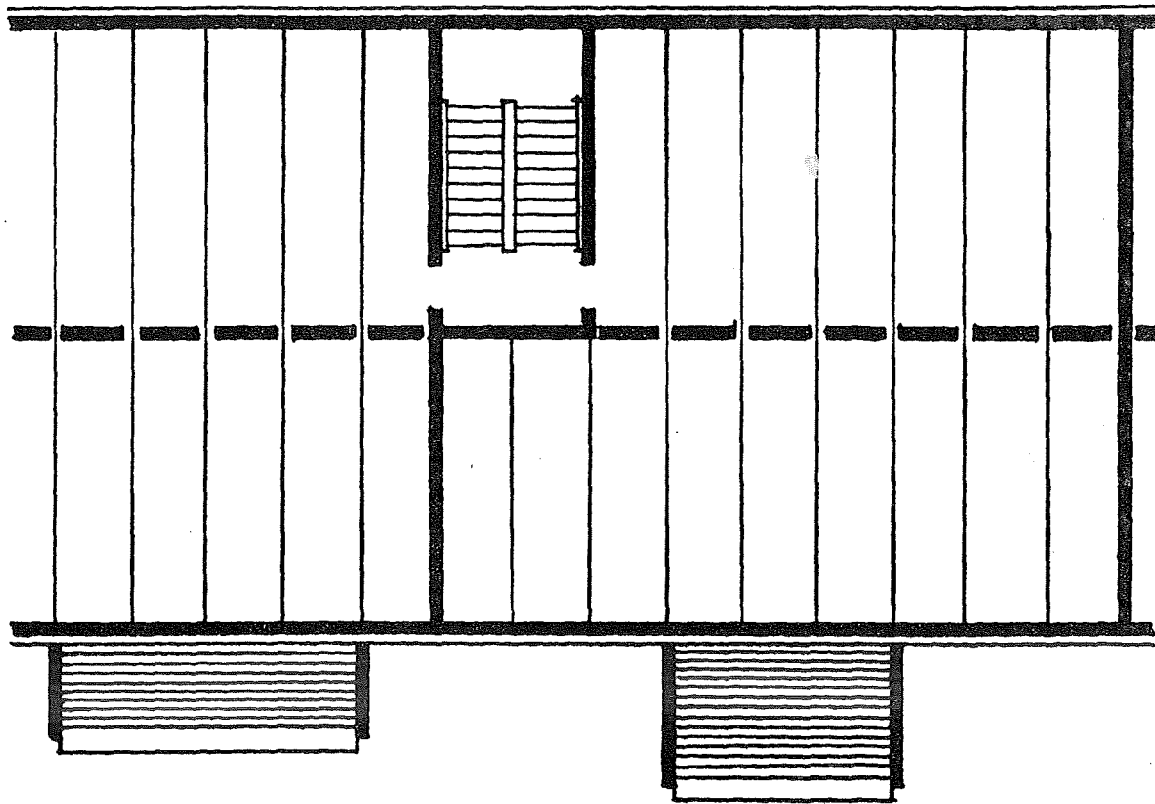
L & N's typeboliger er et eksempel herpå. Her er fleksibiliteten dog kun til stede under planlægningen, idet der kun udføres de dørhuller, der besluttet før produktionen (figur 7).

En anden mulighed er, mellem to "normale" lejligheder, at anbringe en 1-rums bolig med toilet og eventuelt kogeniche. Der er således 2 store og 1 lille bolig pr. trapperum pr. etage. 1-rums boligen kan lejes ud separat eller i forbindelse med en større bolig (i samme eller et nærliggende trapperum) som supplement til familieboligen f.eks. til en (næsten) voksen datter/søn.

Det er ligegyldigt for systemet, om der benyttes en to- eller treløbstrappe, og om denne placeres ved facaden eller centralt i bygningen. Hvis systemet benyttes i jordskælvsområder, bør trappen dog placeres i midten af huset, således at dæskiven svækkes mindst muligt, og således at gennemgående armering langs facaderne kan gennemføres på simpel vis.

Systemet giver visse vanskeligheder, hvis altaner placeres op ad trapper eller i hjørnet ved gavlen, som beskrevet i facadeelement-notatet.

Figur 9 og 12 viser varianter af systemet med bærende tværvægge, varianter der også kan benyttes med moderne krav til facadeudformning.



Figur 8. BÆRENDE FACADER (EVENTUELT SUPPLERET MED BÆRENDE LANGSGÅENDE MIDTERVÆG).

Et eksempel i Københavns omegn er Ishøjplanen.
(Kooperativ Byggeindustri A/S)

Bærende facader

Lejlighedsskel
tunge/lette ?

Altaner
specielle

Bindinger i
facaden

Nogen
flexibilitet

Flytbare
lejlighedsskel
øger
flexibiliteten

Systemets begrænsning kommer også til udtryk derved, at det kan være vanskeligt at indbygge forskellige lejlighedstyper i de forskellige etager. Man må generelt fastholde, at de bærende vægge skal forløbe ensartet gennem samtlige etager, medmindre kostbare søjle-bjælkeløsninger skal indbygges. Figur 9 - 15 viser, hvorledes variation kan opnås. Ovenfor omtales muligheden for flexibilitet ved varierende dørhulplacering.

Bærende facader, eventuelt suppleret med en langsgående midtervæg giver fordele i relation til flexibel planløsning, se figur 3. Set fra betonelementfabrikantens synspunkt er dette system ikke meget forskelligt fra systemet med bærende tværvægge.

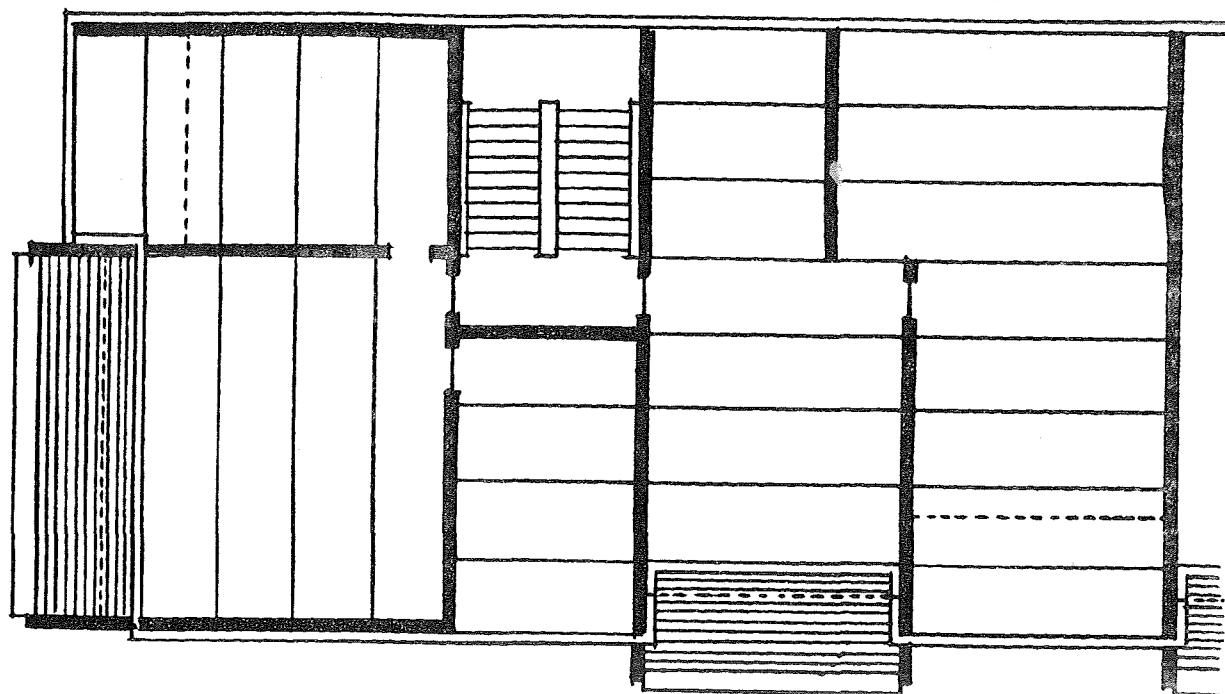
Blandt systemets begrænsninger kan nævnes, at lejlighedsskellene antagelig billigst løses ved tunge tværvægge, idet lejlighedsskel etableret ved dobbelte lette vægge er relativt kostbare, og at altanerne ikke uden videre kan indgå i det bærende system, idet man ikke kan tillade et dæk at være udkraget, jfr. kondensproblematikken beskrevet i facadeelement-notatet. Altanerne kræver derfor en speciel løsning.

Der er endvidere lagt væsentlige bånd på facaden. Da den er bærende, er der grænser for, hvor store spring i facaden man kan tillade, hvor skulpturel facaden kan udformes, og hvor vinduerne kan placeres. Facaden må i fleretagers byggeri opføres med tunge komponenter.

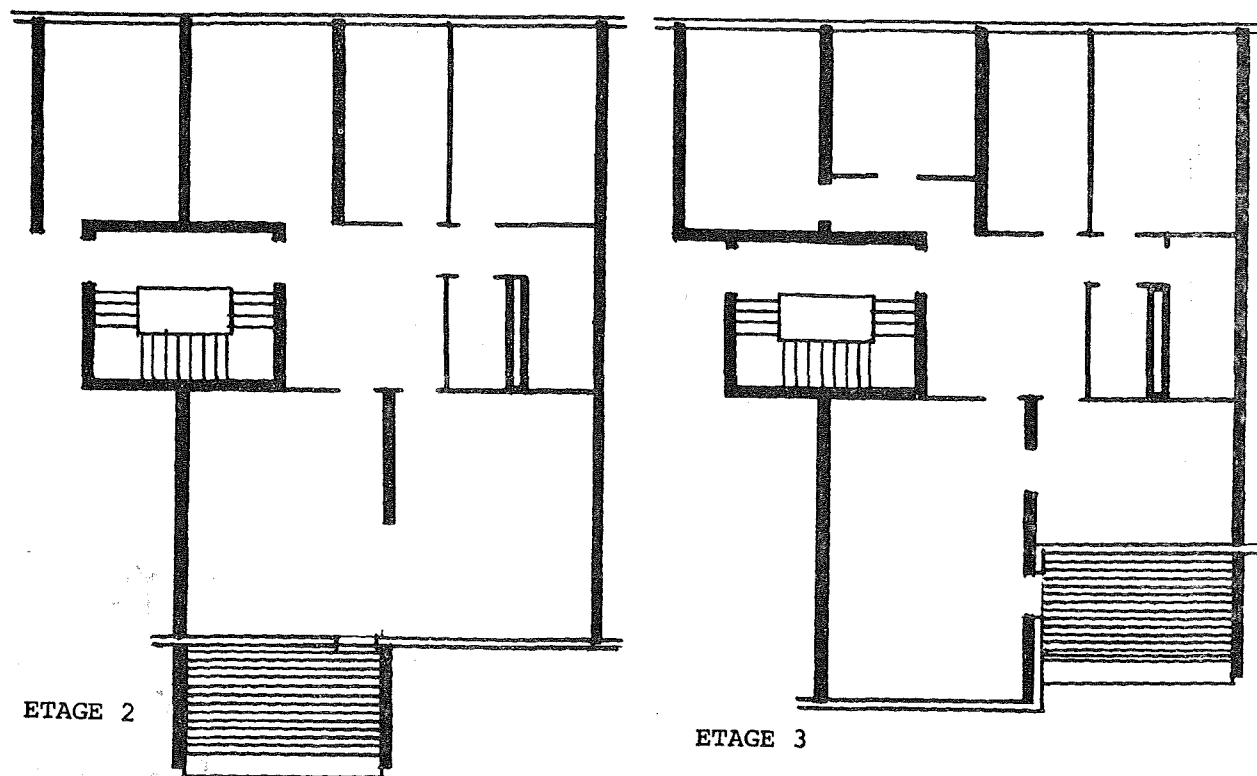
Systemets fordele er, at man i bygningens længderetning kan placere skillevægge relativt frit med den ovennævnte begrænsning for lejlighedsskel.

Hvis man ofrer dobbelte, lette og dermed flytbare lejlighedsskel, kan systemet i vidt omfang tillade, at små lejligheder senere sammenbygges til større lejligheder, at lejligheder indrettet til kollektiver senere kan indrettes til mindre kernefamilieboliger o.s.v., o.s.v..

Det bør måske tilføjes, at hvis systemet benyttes i lande med et varmt klima, vil det blive anset for en fordel, at altanerne simpelt kan udformes som udkragede



Figur 9. VARIANT AF BÆRENDE TVÆRVÆGGE. Jfr. figur 10.



Figur 10. BÆRENDE TVÆRVÆGGE, variant som anvendt på Brøndby Strand.

Bemærk, at løsningerne omkring bad-trappe-entre-soveværelse er ensartede. Her er vist to mulige løsninger, hvor de to (ikke viste) lejligheder til venstre for trappen har 2 eller 3 soveværelser, mens de to viste lejligheder til højre for trappen har 4 eller 3 soveværelser. Forskellen opnås ved enkle omstillinger i vægarrangementet.

Altan-opholdsstue-løsningerne varierer derimod væsentligt fra etage til etage.

dele af dækelementerne (der dog i så fald er specialelementer, da de nu skal have armering i oversiden).

Skivebygninger

Systemerne med bærende tværvægge og bærende længdevægge har en relativt simpel statik. Da begge systemer omfatter et vist antal bærende tværvægge og længdevægge, kan bygningerne altid beregnes som skivebygninger.

Bærende midtervæg ?

Det kan tilføjes, at hvis bygningen udformes, så den langsgående midtervæg kan undværes, bliver planlægningsflexibiliteten væsentligt større. En bærende længdevæg må (som bærende facader) forløbe relativt retlinet og kan ikke have ubegrænset store åbninger. Uden en midtervæg har bygningen kun de bærende facader og enkelte afstivende tværvægge (lejlighedsskel ?) som konstruktive bindinger. Dækelementerne spænder fra facade til facade. Hvis dækelementernes spændvidde ikke skal være for stor, bliver bygningens husdybde lille. Dette betyder, at huset pr.m² bliver relativt dyrt, da de dyre facadeelementer nu giver et unormalt stort bidrag til m²-prisen.

Variant af bærende tværvægge

Figur 9 viser en variant af princippet med bærende tværvægge. I gavlene er huset opbygget af bærende facader og bærende længdevæg, således at altanerne kan placeres i gavlen. En sådan bygning ser betydelig mere spændende ud end en bygning udført med bærende tværvægge, som vist i figur 6, hvor gavlen oftest optræder som en stor, plan flade, eventuelt forsynet med enkelte, mindre vinduer.

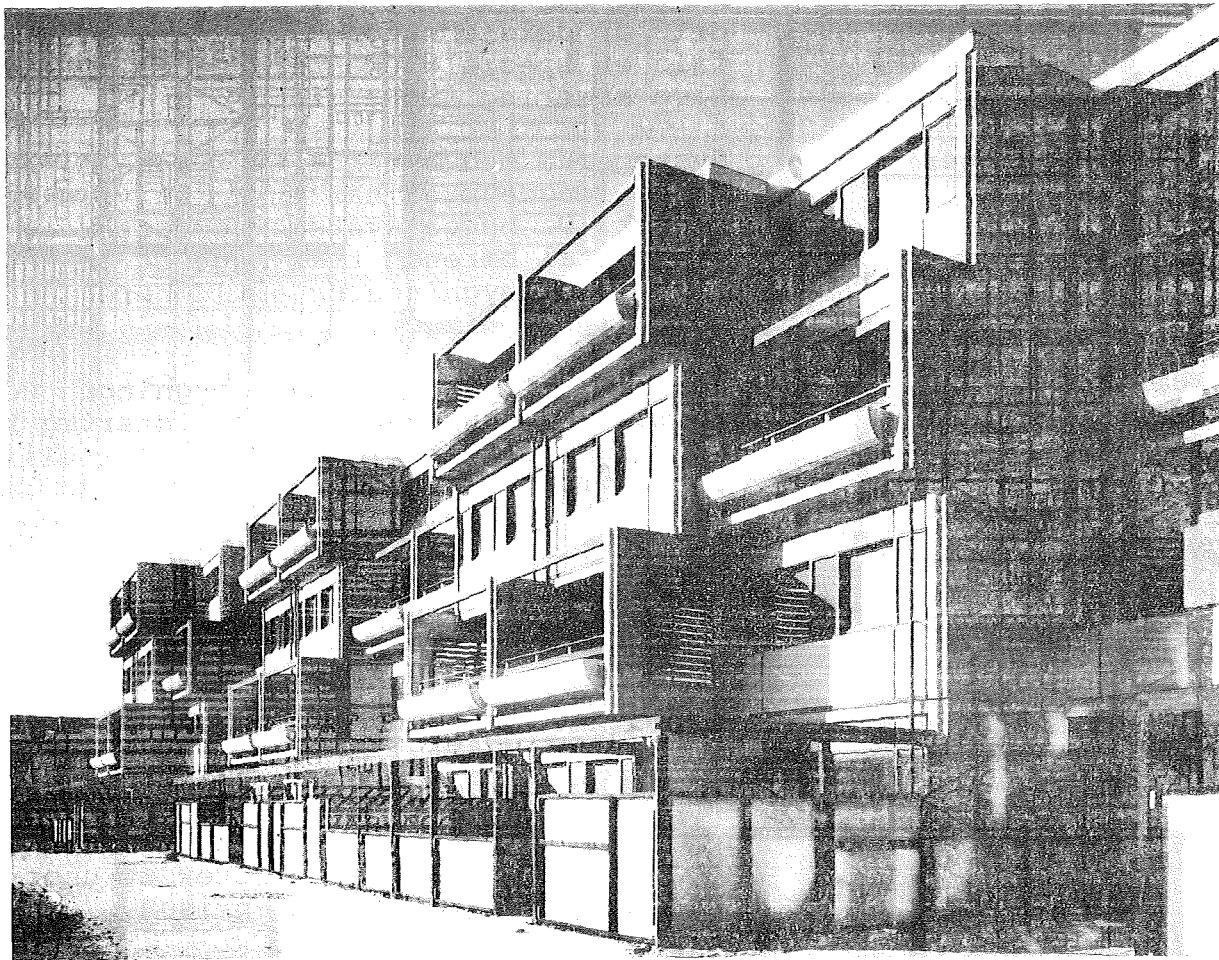
Brøndby Strand

Systemet er f.eks. anvendt på Brøndby Strand, hvor det er den stærkt terrasse-rede facade, der giver den stærke visuelle effekt, figur 11.

Altanernes gensidige placering

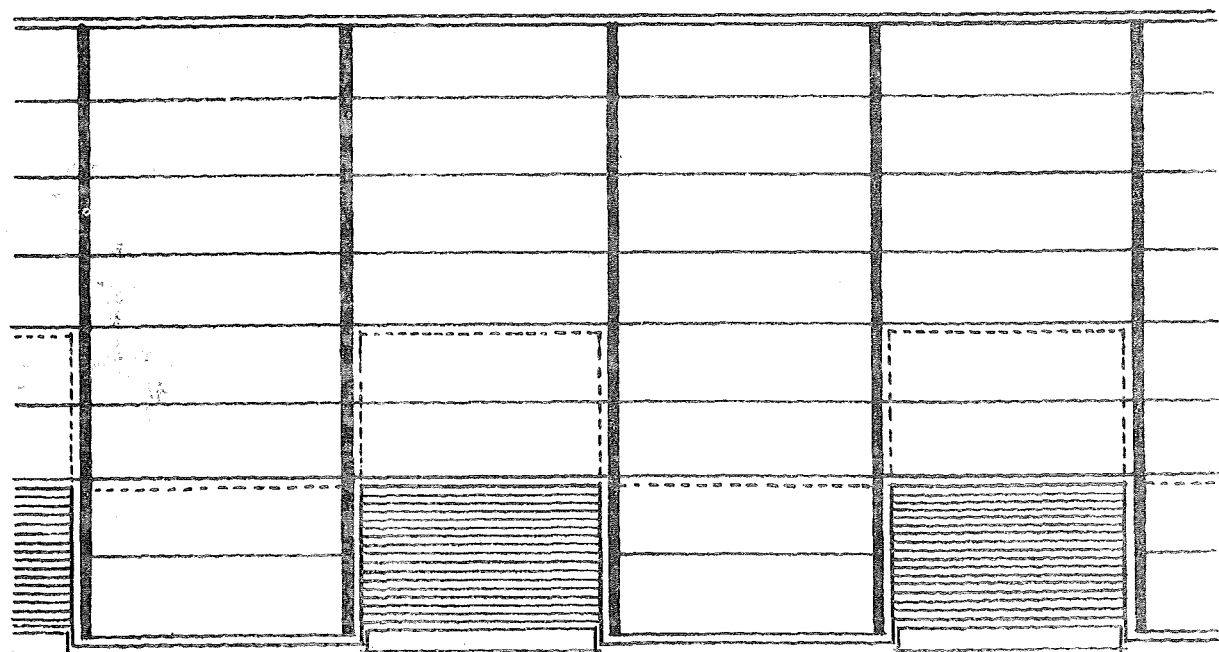
Figur 9 viser en principiel mulighed for altanernes placering, figur 10 den på Brøndby Strand faktisk anvendte.

I Ballerupplanen var altanerne anbragt lodret over hinanden, adskilt af lodrette bånd af almindelige facader. På figur 9, 10 og 11 veksler altaner og almindelige facader såvel lodret som vandret. I begge figurer varierer facadeplanet. Altanforsider og facader forskydes ud og ind i de forskellige etager.



Figur 11. BRØNDBY STRAND. Se tekst og figur 9-10.

Arkitekt, m.a.a. Svend Høgsbro, A/S Dominia, Larsen & Nielsen A/S.



Variationerne i facadeplanet styres af et 600 mm modul på tværs af huset, således at enkelte dækelementer har en fra det "helt normale" afvigende bredde (der dog er i overensstemmelse med dansk standards krav om en 300 mm planlægningsmodul).

Ballerupplanens altaner var helt overdækkede, og det var umuligt at se fra den ene altan til den anden, medmindre man lænede sig meget langt ud. På Brøndby Strand er altanerne delvis overdækkede, og en del af altanarealet er derfor beskyttet mod indblik, mens en anden del af altanarealet er knap så beskyttet, omend sidevæggene og de meget brede blomsterkasser langs altanforsiden begrænser udsynet til andre altaner. Det har været hensigten at lade denne del af altanarealet virke som en åben terrasse med udsigt også til himmelrummet. I praksis har det vist sig, at en del beboere overdækker dette areal mere eller mindre og forsyner det med elektrisk strålevarme og lignende.

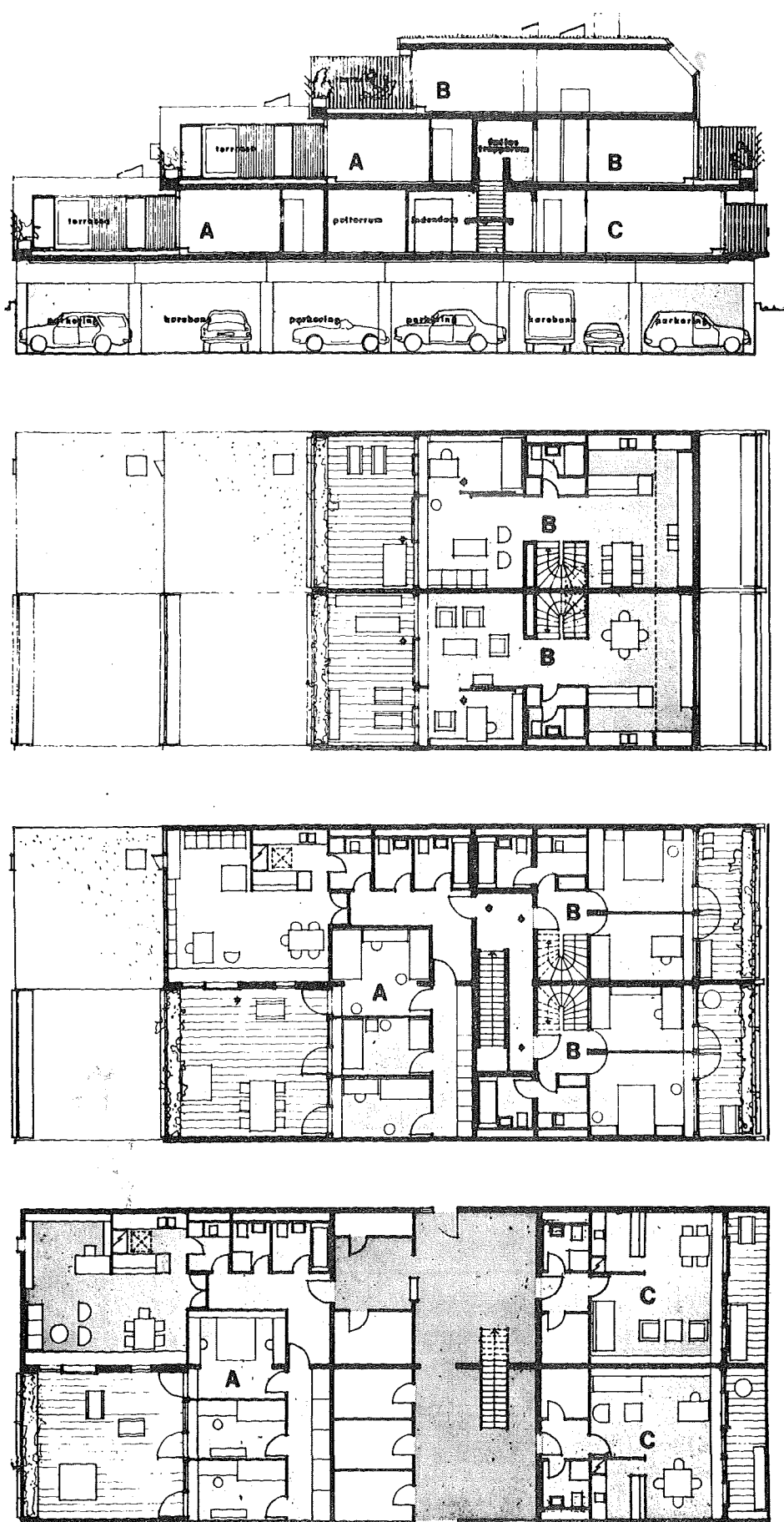
I det danske klima kan en helt åben altan, en terrasse, næppe udnyttes mere end en måneds tid af året, mens den overdækkede og især den opvarmede terrasse kan udnyttes i mange måneder. Vore energipriser vil næppe opfordre til at arbejde videre med ideen om opvarmning af terrasser. Det kan nævnes, at enkelte byggerier har overvejet at indføre en bevægelig glasinddækning af altanerne, således at der skulle skabes et subtropisk klima, der gjorde udnyttelsen af altanen til en næsten helårs foreteelse.

I notatet "Facadeelementer" er detaljer fra Brøndby Strands facader vist. Endvidere er de generelle facadeproblemer m.v. i forbindelse med skulpturelle facader, terrasser m.v. omtalt.

Figur 12. EN ANDEN VARIANT AF BÆRENDE TVÆRVÆGGE. Jfr. figur 13

Figur 12 viser en anden variant af systemet med bærende tværvægge. Altanerne ligger over hinanden, men rykker tilbage i de øverste etager. Huset får derved karakter af et terrassehus.

Farum Midtpunkt



Figur 13.

BÆRENDE
TVÆRVÆGGE,

variant som
anvendt på
Farum Midt-
punkt.

Et eksempel fra praksis er Farum Midtpunkt, som vist i snit og planer på figur 13. (Fællestegnestuen og Dominia A/S)

Bygningen har bærende tværvægge, der dog i underetagen, parkeringsetagen, er erstattet af bjælker på en række søjler. Beboelsestagerens tværvægge består af vægelementer med mange åbninger, tilpasset hver etages behov. Som sædvanlig er trappevæggene længdeafstivende. Installationerne til køkken-bad-vaskerum er anbragt i en aflang niche mellem disse rum og tværvæggen. De enkelte etagers nicher er relativt forskudt, men overlapper dog så meget, at den lodrette rørføring er mulig. Rørnicherne, trapperummet og de praktiske/statiske muligheder for døråbningers placering er bindinger for planløsningerne.

Bygningen er langstrakt nord-syd orienteret med facader, der, især mod vest (venstre), er tydeligt inspireret af sydeuropæiske terrassehuse.

Rimelige planløsninger er opnået ved en række usædvanlige forhold: Adgangsvejen, to-etagers lejligheder, små, østvendte lejligheder.

Den indre, gennemgående adgangsvej har forbindelse til parkeringsetagen under huset; (trappe) til sti- og havearealerne i stueplan (døre i gavle) og til de enkelte boliger (døre, forrum, trappe til 1. sal). Langs adgangsvejen er endvidere placeret pulterrum.

For hver to tværvægge er der i de 3 etager følgende lejligheder:

To identiske vestvendte 4-rums lejligheder, vinkelformede omkring en terrasse, placeret i stue og på 1.sal. 1. sals lejligheden er rykket 7,2 m ind i forhold til stueetagen.

To spejlvendte, østvendte 1-rums lejligheder i stueetagen med almindelige altaner.

To spejlvendte, to-etagers 5-rums lejligheder med terrasse mod vest og altan mod øst, på 1. og 2. sal.

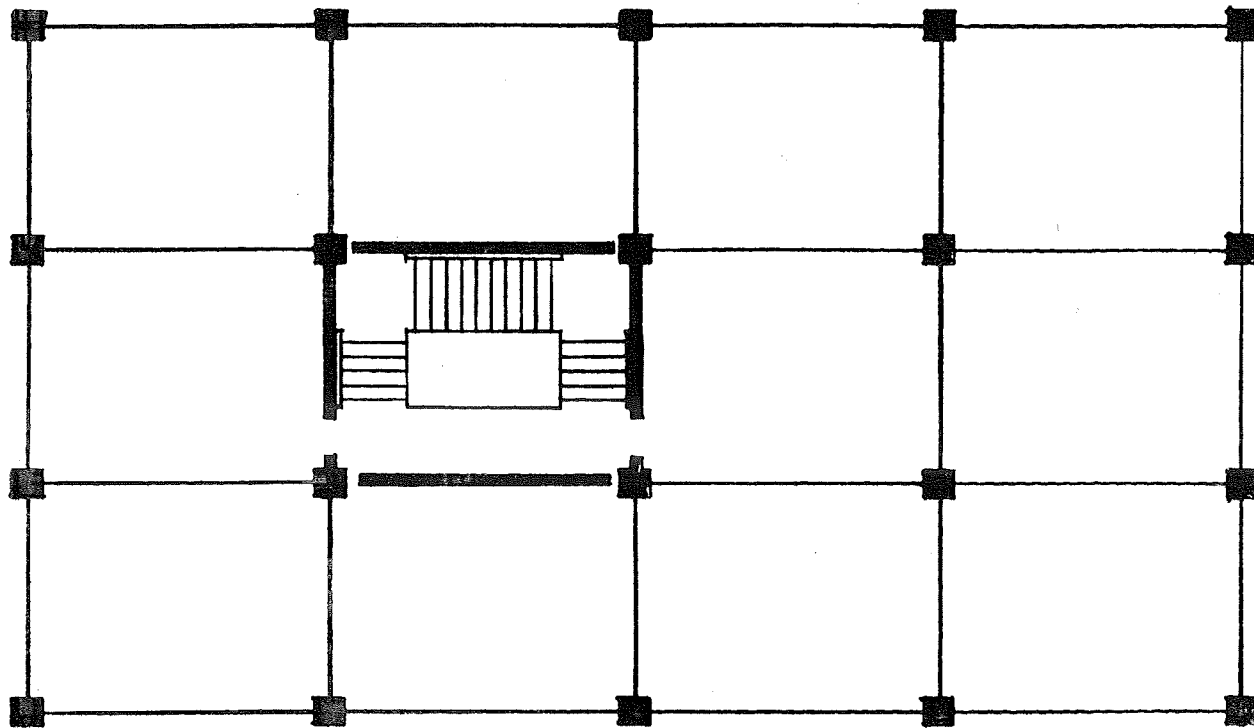
Søjle-plade

På figur 14 ses et bærende system, opbygget af søjler og dækelementer. Systemet kan kun optage vandrette kræfter og må suppleres med afstivende elementer (på figur 14 i form af trappehuset med beton-elementvægge).

Et sådant system giver ganske stor planlægningsflexibilitet og ombygningsflexibilitet og er derfor velegnet til f.eks. kontorbyggeri, hvor ombygning er en almindelig foreteelse.

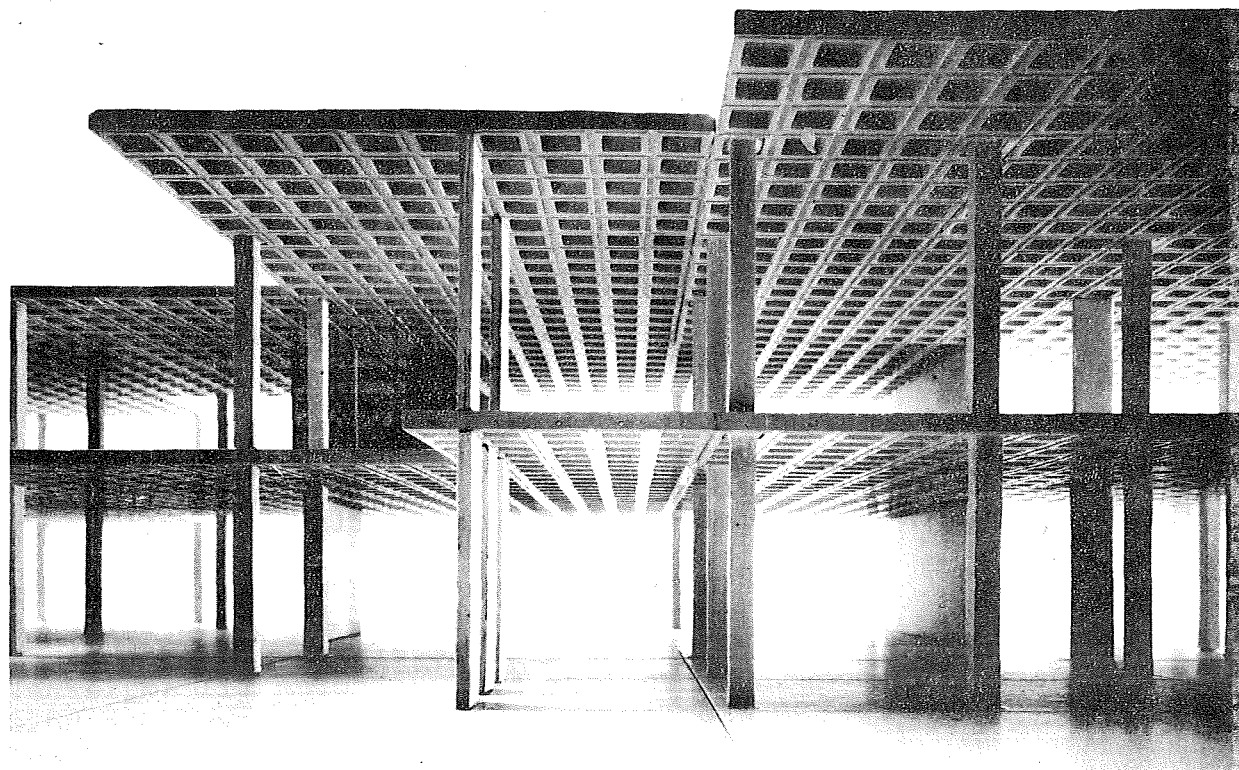
Systemets planlægningsmodul medfører en vis stivhed i bygningsudformningen, og den nedenfor omtalte løsning er derfor en mere ønskelig variant af dette system.

Dækelementerne er understøttet i de fire hjørner på søjlerne, og de må derfor være armerede i to retninger, således at dækkenes last kan overføres til søjlerne. Det er da rimeligt at overveje at udføre dækkene som krydsribbedæk (sammenlign figur 15-16).



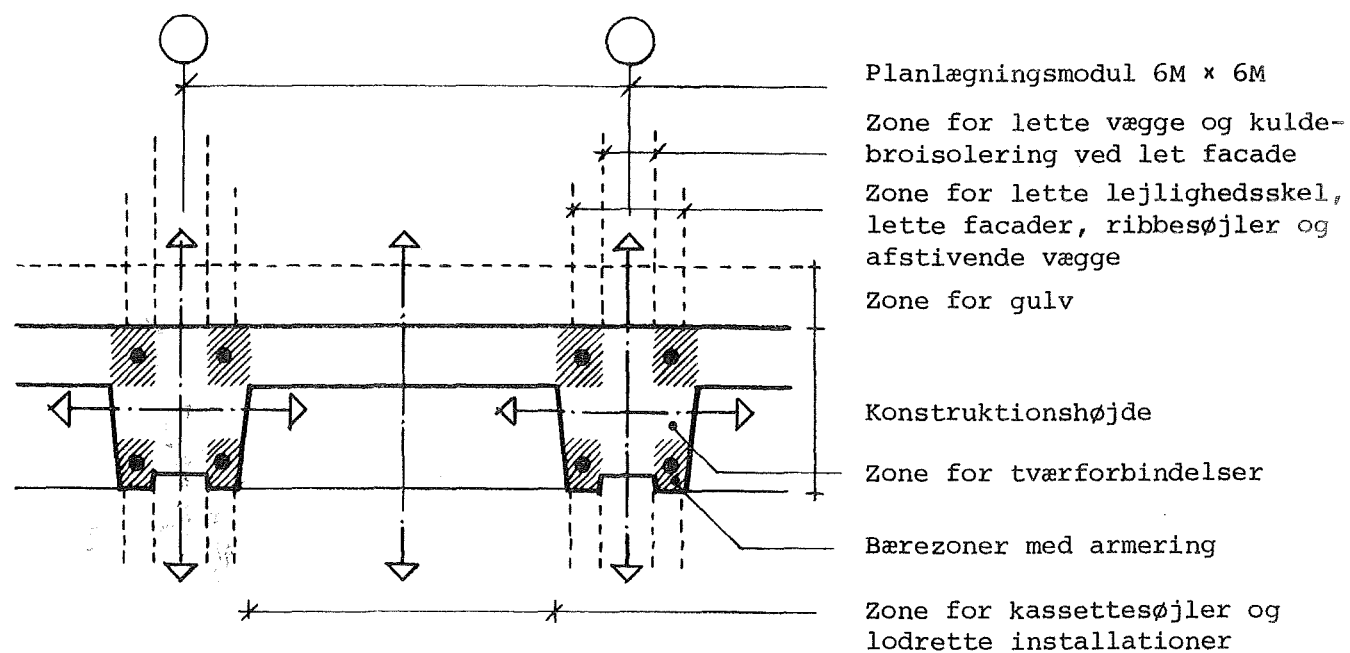
Figur 14. SØJLE-PLADE-SYSTEM

Krydsribbedæksystemet



Figur 15. KRYDSRIBBEDÆKSYSTEMET

(Rådgivende Ingeniørfirma Lemming & Eriksson A/S)



Figur 16. FUNKTIONSKRAV TIL KRYDSRIBBEDÆK (Lemming & Erikssons analyse) smlgn. figur 15.

Pilene angiver zoner, hvori installationer kan føres. Den lodrette zone kan etableres senere ved borthugning af dækelementets beton.

Firmaet Lemming & Eriksson har analyseret kravene til et sådant krydsribbedæk i forbindelse med udviklingen af det nedenfor omtalte krydsribbedæksystem (figur 15 og 16).

Figur 16 viser, hvorledes et krydsribbedæksystem logisk løser en række almindelige funktionskrav.

Dækelementerne er indtil 30M x 60M store med ribber pr. 6M i begge retninger. Dækkene kan understøttes på flere måder, se figur 15:

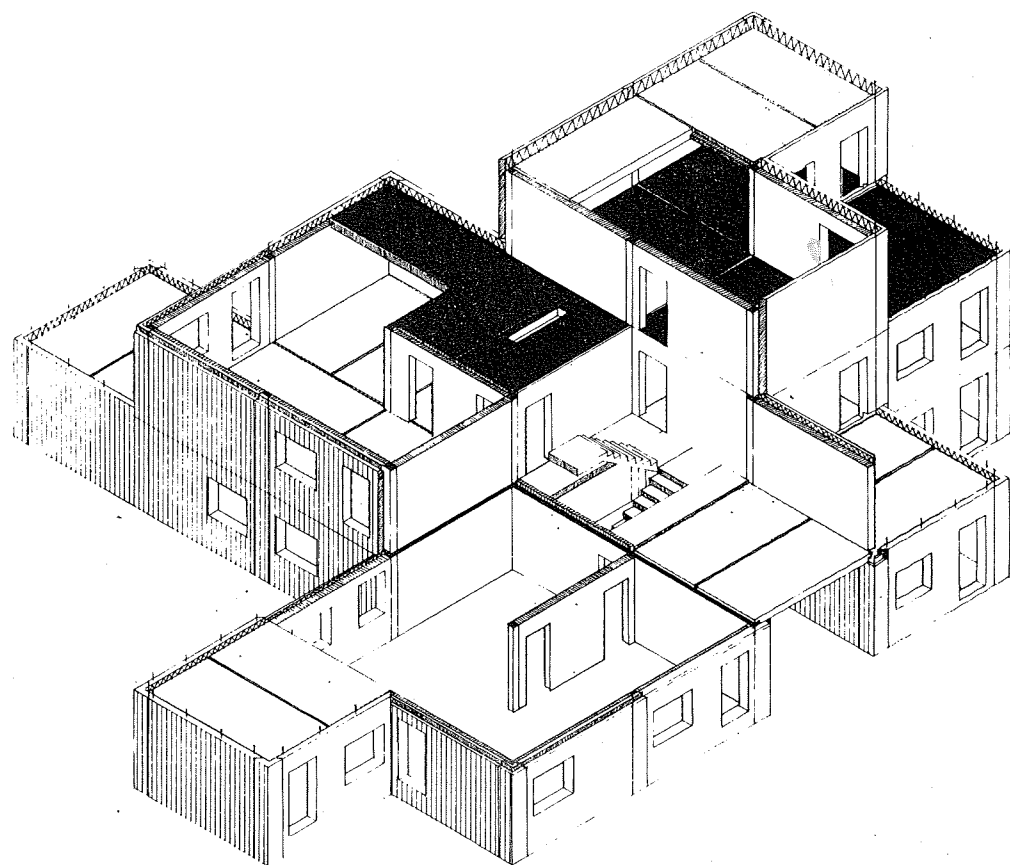
På vægge eller søjler ("ribbe-søjler") under ribberne.

På søjler ("kassette-søjler") hvis top er udformet, så lasten overføres fra 4 ribber til søjlehovedet.

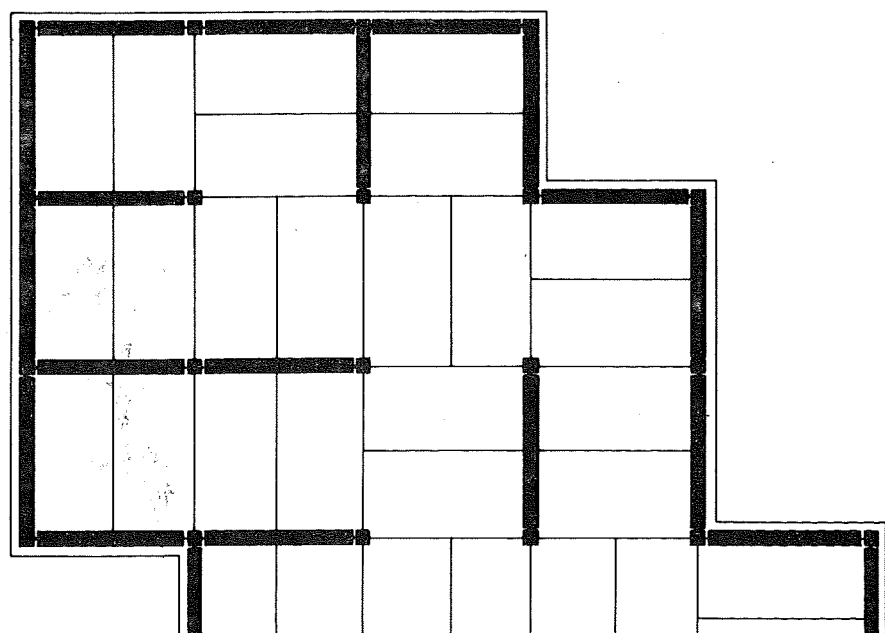
På et nabo-dækelement gennem en armeret forbindelse.

Der er altså ikke noget krav om, at dækket skal understøttes langs fuger mellem dækkene. Udkragede dæk, varierede søjleafstande o.s.v. er derfor en mulighed i dette byggesystem. Det vil være naturligt, at de lette, ikke-bærende vægge placeres langs ribberne i dækket, d.v.s. at lette vægge kan opstilles i begge retninger efter et 600 mm modul. I systemet må indgå et vist antal bærende, afstivende vægge, da søjlerne ikke kan optage de vandrette kræfter.

Dækelementerne er udformet så de tynde felter mellem ribberne kan udelades under støbningen eller senere fjernes ved udhugning, således at en lang række installationsveje og lignende kan etableres. Ribberne er endvidere udformet således, at også vandrette trækninger af rør og kanaler m.v. kan ske indenfor dækelementets højde.



Figur 17. ISOMETRI AF "TERRAFORM"-SYSTEMET
(Rådgivende Ingeniørfirma I-68)



Figur 18. "TERRAFORM"-SYSTEMETS PRINCIP

Variant af plade-søjle-systemet

med afstivende, men ikke-bærende (!) vægge

Det på figur 17-22 viste system, Terraform, er udviklet af Svend Høgsbro's tegnestue, det rådgivende ingeniørfirma I-68 K/S, og entreprenørfirmaet Rasmussen & Schiøtz A/S. Det er en variant af plade-søjle-systemet, her med variabel udnyttelse af vægge og facader som afstivende elementer.

Terraform systemet

Søjlerne er placeret i et kvadratisk net f.eks. 4800 x 4800 mm. Hvert af disse felter er opbygget af to dækelementer (4800 x 2400 mm). Vægelementerne placeres mellem to søjler, hvor planløsningen og/eller statiske og/eller akustiske og/eller brandmæssige hensyn medfører, at der kan/skal anbringes betonvægelementer (smlgn. figurerne 18 og 19).

Dækelementer

Dækelementerne er simpelt understøttede i begge ender, enten på en væg eller på kanten af et andet dækelement, der spænder vinkelret på det første. (Understøtning langs kant af dækelement, se figur 20).

Vægelementer

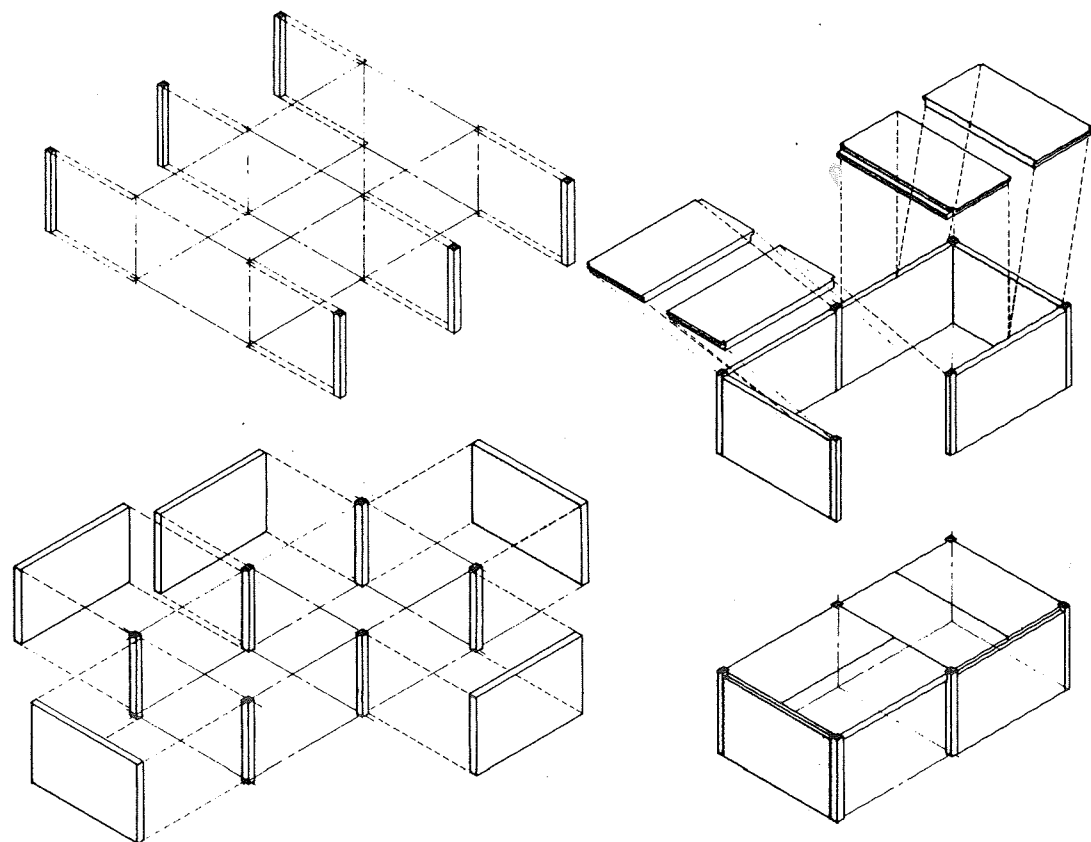
Belastningen fra dækelementerne overføres til vægelementerne. Væggene hænger på søjlerne (se figur 22) og overfører således deres belastning til søjlerne, ikke til en nedenunder stående væg (der er måske - ofte - slet ikke nogen væg nedenunder).

Plade-søjle-system
"væggene" er faktisk kun
- bjælker for dækkene
- afstivende for systemet

Systemet er følgelig et plade-søjle-system med enkelte tilføjede bjælker: Væggene er nemlig bjælker, ikke bærende vægge i ordinær forstand. Væggene fungerer endvidere som afstivende bygningsdel.

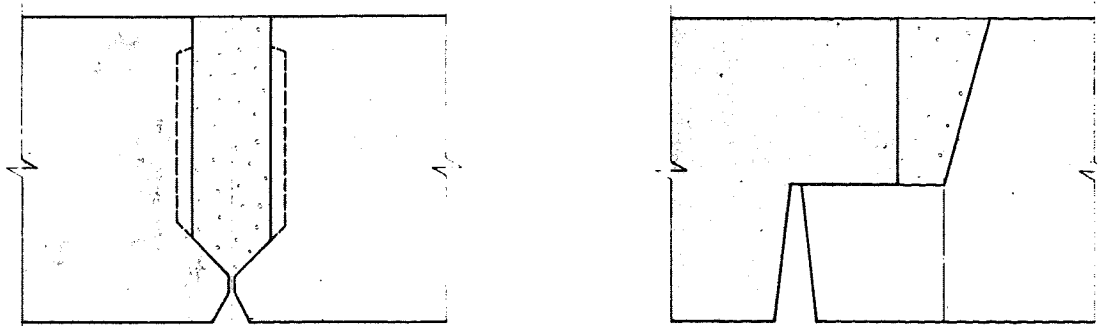
Ved dette system opnås, at de bærende vægge i de enkelte etager ikke behøver at være placeret lodret over hinanden og følgelig, at planløsningen i de enkelte etager ikke behøver at være ens. Etagearealet er naturligvis oftest aftagende fra etage 1 til etage 3 eller 4.

I praksis vil planlægningen af lejlighedsudformningen foregå på den måde, at arkitekten arbejder indenfor det kvadratnet, som søjlerne bestemmer, og udformer sine planløsninger etage for etage.



Figur 19. MONTAGERÆKKEFØLGE I "TERRAFORM"-SYSTEMET

- A. Søjler opstilles i modulliniernes skæringspunkter.
- B. Tunge vægge (og facader) ophænges mellem søjler, hvor sådanne komponenter behøves. Vægge (og facader) virker afstivende og som bjælker for dæk over etagen. De lodrette kræfter føres (kun) ned gennem søjlerne.
- C. Dæk lægges op, understøttet på vægge eller langs kant af nabodæk.
- D. Færdig (del af) bygning.



Figur 20. DÆK-DÆK-FUGER I "TERRAFORM"-SYSTEMET, 1:5.

Da det er naturligt at lade en del vægge forløbe fra søjle til søjle, vil der også være en række naturlige muligheder for at lade en væg være en tung væg, der kan medvirke i det afstivende system. Det har vist sig, at det næppe er muligt at udforme normale planløsninger, hvor der ikke er et tilstrækkeligt antal afstivende vægge placeret naturligt indenfor dette byggesystem.

En analyse af mulige planløsninger har endvidere vist, at systemet ikke nødvendigvis behøver at omfatte tunge facader. Selv om facaderne skulle være lette, vil der oftest være tilstrækkeligt med afstivende vægge, placeret "tilfældigt" i hver etage, til at systemet er stabilt.

Systemet giver stor fleksibilitet i planløsningen og ved den skulpturelle udformning af facaden. Det giver kun en meget begrænset fleksibilitet ved senere ombygninger, medmindre en del af de afstivende vægge forsynes med døråbninger, der i begyndelsesstadiet er udmuret, døråbninger der ikke svækker væggenes afstivende evne.

Terraformsystemets elementer

Søjler

Systemet har, i hvert fald i dag, betonsandwichfacader. Facadeelementernes indre betonskive har de samme dimensioner som vægelementerne, ophænges som disse på søjlerne via de samme fuger med fortanding og U-bøjlesamlinger.

Søjlerne findes derfor i nogle få varianter, afhængigt af det antal vægge, der skal ophænges på den pågældende søjle, sammenlign figur 21, venstre del, og figur 22.

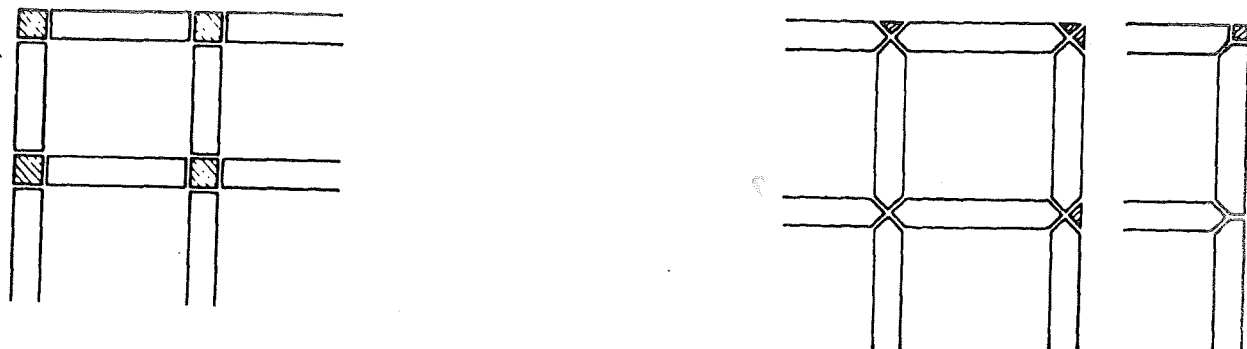
Dæk

Dækkene findes som "normale" enkeltspændende dæk eller som dæk med belastning langs kanter fra andre dæk. Figur 20 viser de to principielle dæk-dæk fuger.

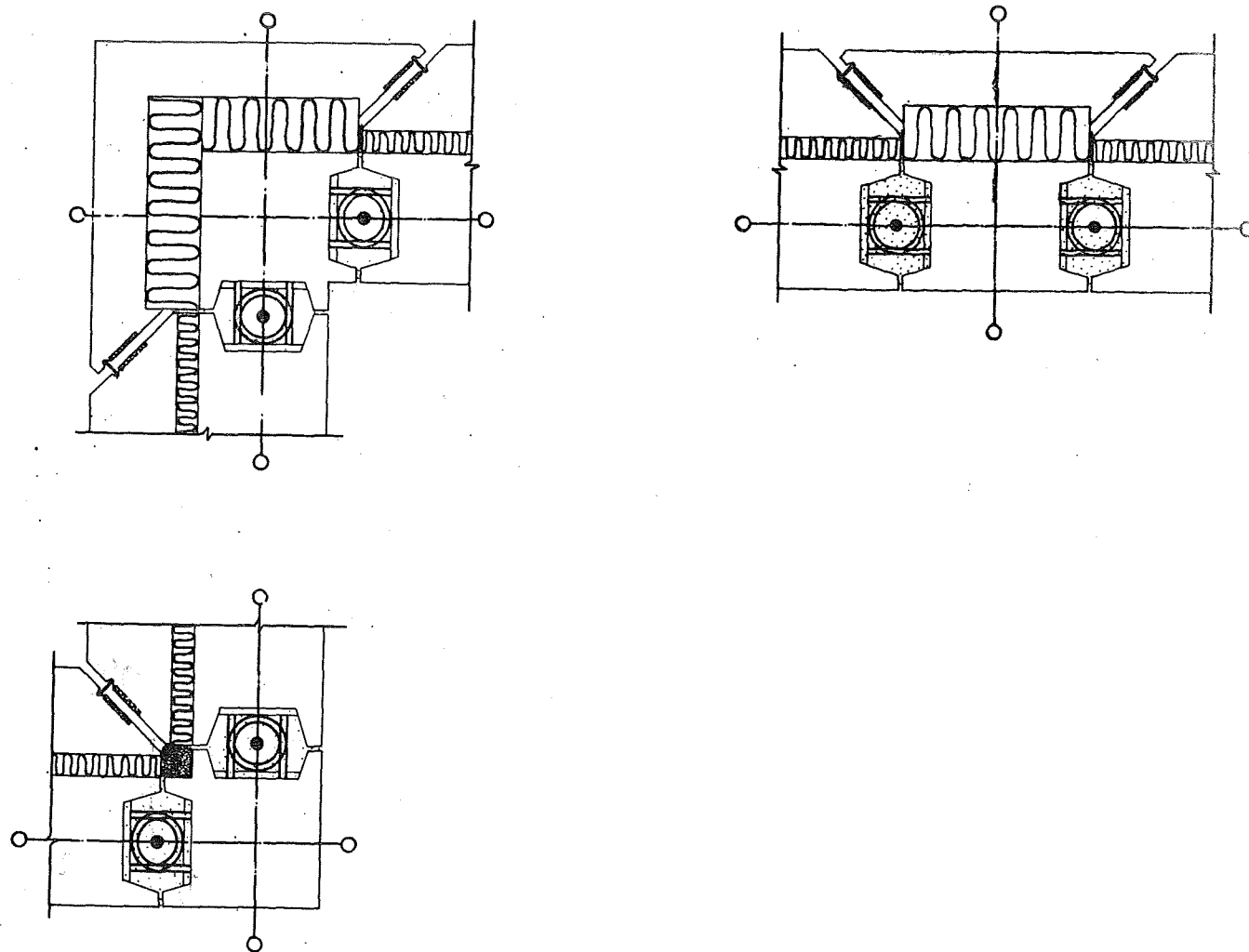
Vægge

Væggene varierer kun som følge af eventuelle døråbninger og el-installationer, men er i øvrigt ens, idet søjlerne opstilles i et kvadratnet, og idet fugerne mellem væg og søjle ser ud som de på figur 22 viste fuger (når bortses fra isolering og ydre betonskiver).

Hvis væggene opstilledes i et ikke-kvadratisk, rektangulært modulnet som figur 21, venstre figur, ville der være to bredder.



Figur 21. Se teksten, smlgn. teksten i Kompendium i Husbygning, pag. 31.



Figur 22. FACADE-SØJLE-FUGER I "TERRAFORM"-SYSTEMET, 1:10.

Facader

Når facadeelementets indvendige betonskive som nævnt er identisk med et vægelement (d.v.s. et element med given ydre geometri og variationer kun som følge af indre forhold som åbninger og installationer) er det ønskeligt, at også isoleringens og den ydvendige betonskives ydre mål er identiske.

De geometriske problemer opstår, når facadeelementets lodrette kantgeometri skal udformes, så et facadeelement kan møde et andet såvel i en plan facade som ved et indad- eller udadgående hjørne.

Figur 21 - og de øvrige figurer i "Kompendium i Husbygning", pag. 31 - illustrerer nogle af vanskelighederne.

Selv om man ville lade den plane løsning og de to hjørneløsninger give sig udtryk i varianter, 6-7 forskellige, af facadeelementet, er problemet ikke let at løse rationelt, når den ene af sandwichelementets skiver forløber omkring en modullinie. Alle byggesystemer har løst det plane tilfælde og det udadgående hjørne, få det indadgående hjørne på rationel vis.

I øvrigt skal de omtalte varianter, opstået som følge af forholdene omkring den lodrette fuge, kombineres med varianter langs den vandrette fuge, som følge af altaner, terrasser, fundamenter og tag.

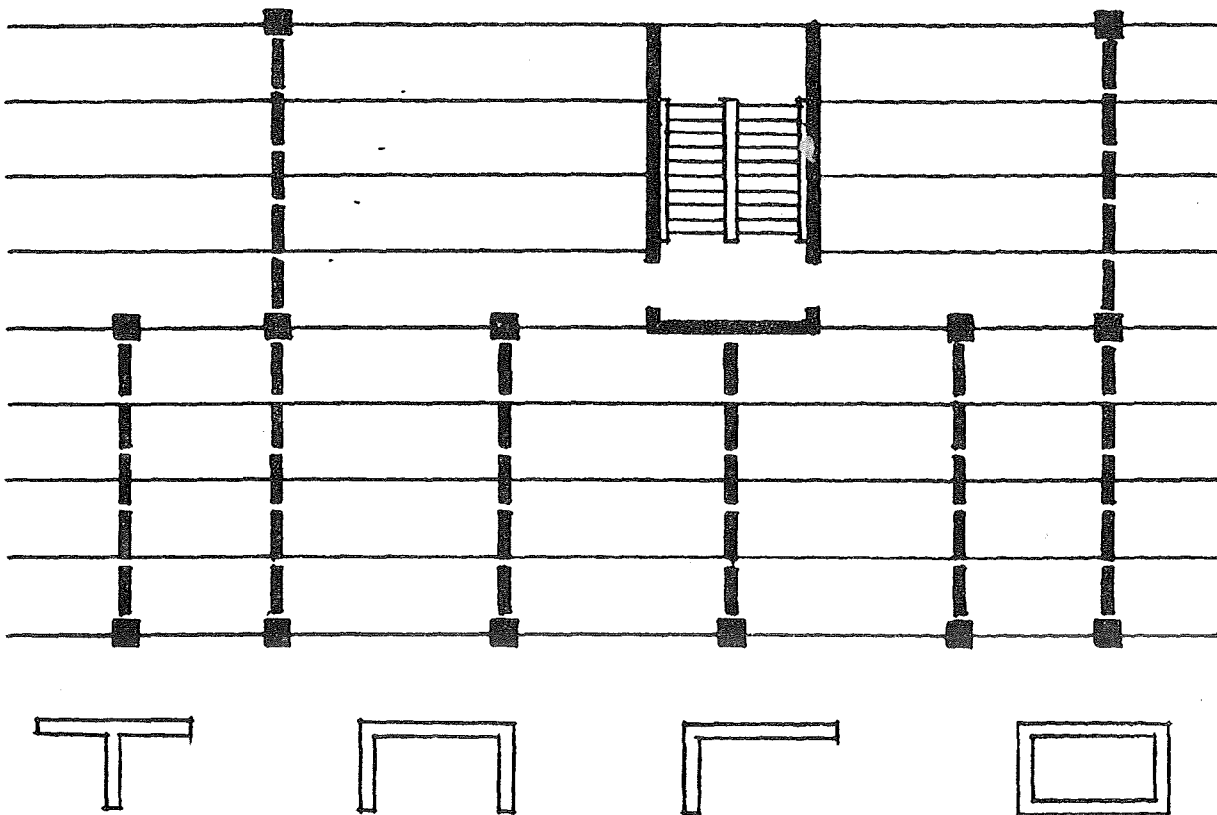
Terraformsystemet viser en interessant geometri, der løser de to hjørner og det plane tilfælde elegant. Der opstår også i dette system varianter ved facadernes møde langs de vandrette kanter med tag og terrasse.

Facadefuger

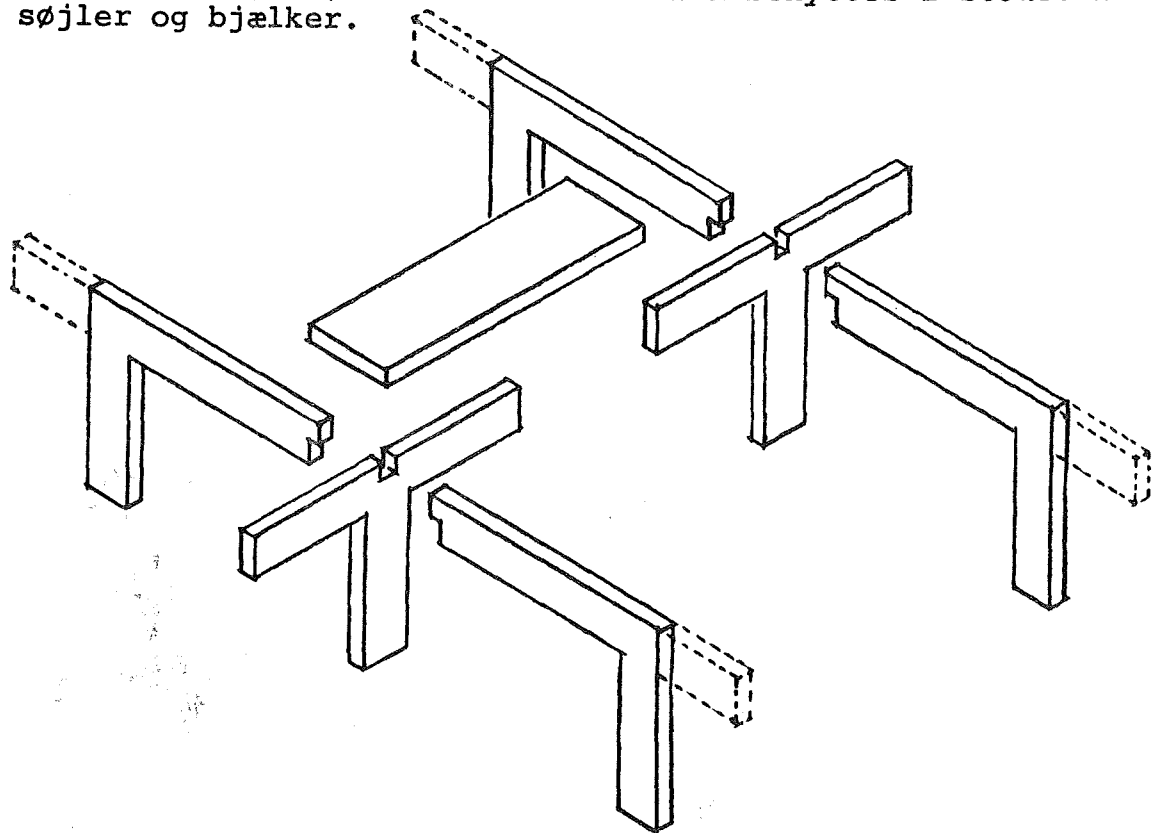
Figur 22 viser, at alle facaders geometri langs den lodrette facadefuge er den samme, idet den ydre betonskal er holdt tilbage under 45° , og idet denne lodrette, skråtliggende betonflade er forsynet med sædvanligt vaskebrædt og neoprenerille. I det indadgående hjørne (nederst til venstre) "går fugen op". I de to andre tilfælde "mangler der noget", som er hængt på søjlerne. Søjlerne får altså endnu et par varianter, hvor de anvendes i facaderne.

"Specialiteter" klares alene af søjlerne

Søjlerne har således mange varianter, mens dæk, vægge og facader har en simpel kantgeometri og ensartede ydre mål.



Figur 23. SØJLE-BJÆLKE-PLADESYSTEM med enkeltspændte dæk. Rammer af T-, L-, U- eller O-form kan benyttes i stedet for søjler og bjælker.



Figur 24. TVP-SYSTEMET, opbygget af plader (P) og T- eller L-(V-)formede rammer.
(J.K. Schmidt, Kaj Schmidt, H. Nygaard-Andersen og Poul Bigum & Hans Steenfos A/S.)

Plade-bjælke-søjle eller plade-ramme

På figur 23 er vist en udvikling af det bærende tværvægssystem, hvor de bærende vægge er erstattet af søjler og bjælker eller af rammer.

Et sådant system giver naturligvis større planlægningsflexibilitet og større ombygningsflexibilitet, men bjælker eller rammer vil vise sig i loftet, som nu ikke mere er plant, og det vil give en vis binding af, hvor man af rent synsmæssige årsager kan placere vægge.

Systemet er altså relativt fleksibelt, men bundet af traditionelle opfattelser af, hvordan et loft skal se ud. Systemet indebærer endvidere, at lejlighedsskel ikke udføres på billigste vis, nemlig ved betonvægge, men ved dobbelte, lette vægge, der koster 50-80% mere end en betonvæg med samme lydisolierende egenskaber.

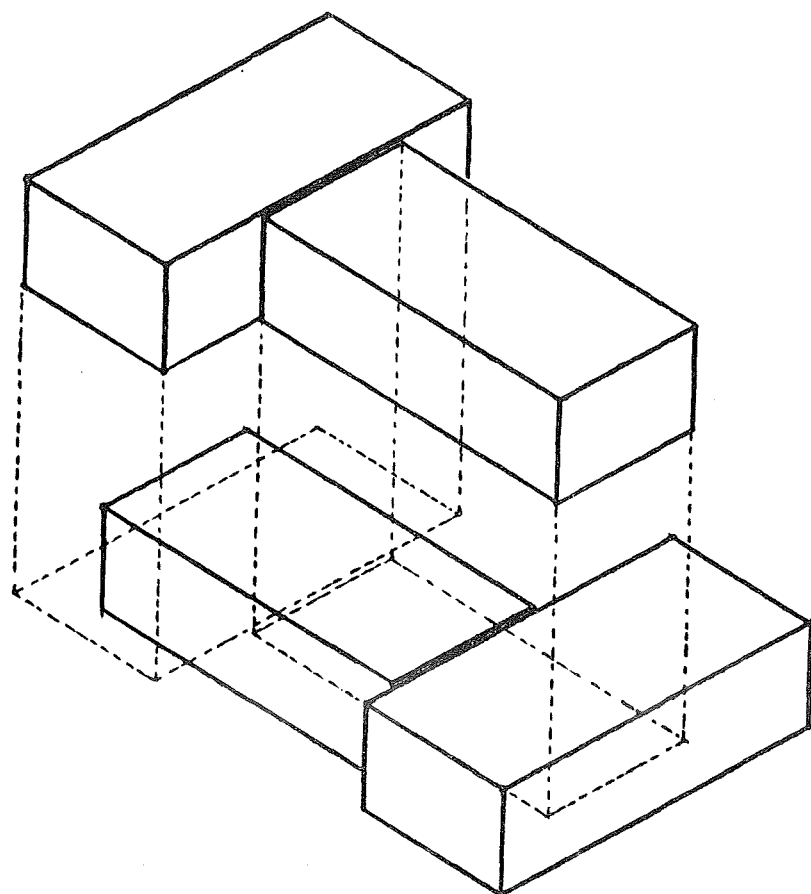
Systemet er kendt i Danmark, f.eks. i form af TVP-systemet, hvor den bærende ramme består af T-formede og vinkelformede rammelementer, samt dækelementer, d.v.s. plader (TVP), se figur 24.

Box-systemer

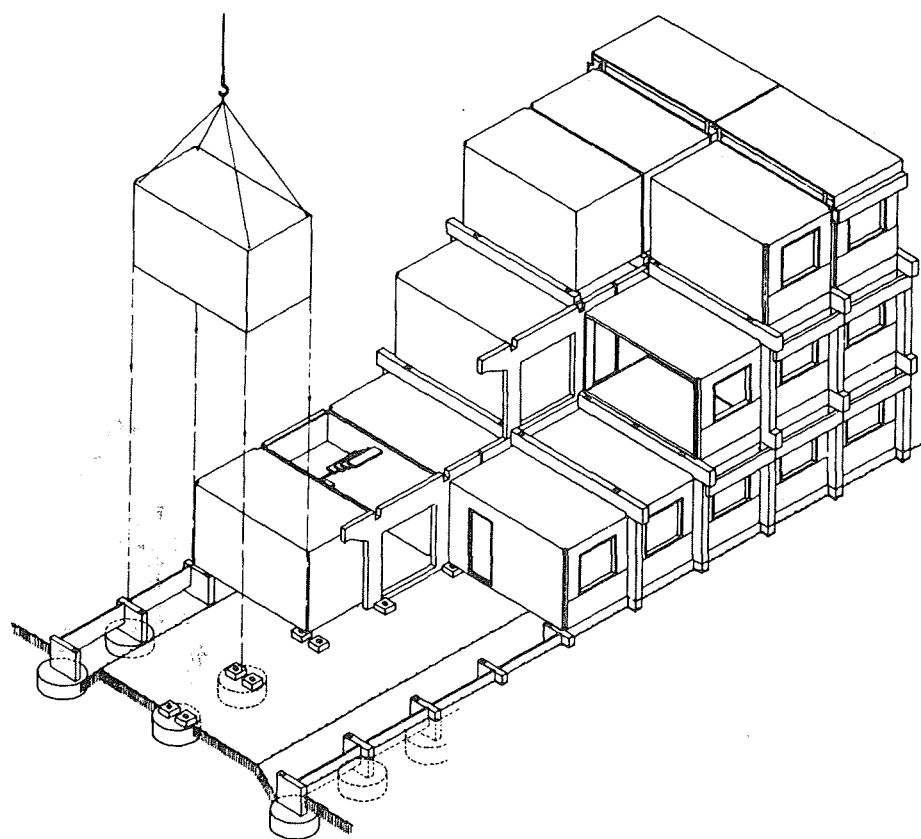
En naturlig konsekvens af ønsket om at flytte arbejdskraften fra byggepladsen til fabrikker er at udforme byggesystemet med boxe, der omfatter et helt rum. Der ved opnås, at hvert enkelt rum i lejligheden kan færdiggøres totalt fra fabrik, inklusive tapet og alt.

I praksis viser det sig naturligvis, at en box af rimelig størrelse i nogle tilfælde kommer til at indeholde flere rum og i andre tilfælde er for lille til at omfatte et helt rum. Et badeværelse er f.eks. højst halvdelen af en box-størrelse, et opholdsrum bør måske omfatte 2 å 3 boxe. Som følge heraf bliver boxene ikke regulære boxe, men boxe med flere tværvægge eller boxe, der er åbne på en eller flere sider.

Et konsekvent eksempel på boxsystemets anvendelse har man i opførelsen af et fængsel i Tyskland med 800 identiske fængselsceller, der alle blev udført med identiske boxe. Entreprenørfirmaet erklærede, at de for så vidt kunne levere boxene præfabrikerede, færdige med fangen indsat på fabrik.



Figur 25. BOXSYSTEM MED SELVBÆRENDE BOXE



Figur 26. BOXSYSTEM MED BOXE BÅRET PÅ RAMMER (Conbox-systemet)

Boxstørrelsen
bliver et
"rum-modul"

Box-produktion

Conbox

I praksis giver boxsystemet anledning til en række samlingsproblemer, hvor målafvigelserne bliver ganske væsentlige.

Boxsystemet er endvidere meget ufleksibelt. Alle rum bør planlægges på basis af, at de skal være $1/2 - 1/1 - 1\ 1/2$ - eller 2 boxe stort, facader kan ikke udformes særligt frit, og ombygningsmulighederne er stærkt begrænsede.

På produktionssiden er boxsystemet heller ikke særligt attraktivt. De enkelte elementer har en stor volumen og kræver derfor en overordentlig stor fabrikshal, hvori de enkelte elementer opholder sig en uforholdsmæssig lang tid. Transporten er også et problem, i hvert tilfælde under normale forhold, idet færdselsloven kun tillader transport af elementer af max. bredde 2500 mm, med visse undtagelser for elementer op til 3600 mm. Større elementer, som ville være rimeligere, hvis boxsystemet skulle udnyttes, kan kun transporteres med speciel tilladelse og under politiskorte og kan således ikke danne basis for et generelt anvendeligt system.

Et boxsystem kan være baseret på, at hver enkelt box er en del af det bærende system (se notatet Facadeelementer) eller det kan udformes, så boxene er lette komponenter, der indsættes (understøttes) på et dertil udviklet rammesystem.

Det danske Conbox-system (figur 26) er baseret på betonelementboxe med relativt tynde vægge, båret af et svært betonskelet. Dette system har en meget væsentlig fordel: Mellem alle rum i bygningen er der to betonvægge, således at lydisoleringen er langt over det af bygningsreglementet krævede. Hulrummet mellem de enkelte boxe vertikalt og horisontalt kan udnyttes til installationer og tillader f.eks. senere udvidelse og ombygning af installationerne. Til gengæld kan selve planløsningen ikke ændres.

FLEXIBILITET

I gennemgangen af byggesystemerne har ordet flexibilitet været anvendt flere gange. Dette ord er en integrerende del af diskussionen om byggeriets fremtid og bør derfor behandles særskilt, uanset at afsnittet vil indeholde gentagelser af argumenter m.v. fra omtalen af de forskellige byggesystemer.

En lang række af de ændringer, der foreslås, kan teknologisk samles under kravet om flexibilitet, der imidlertid dækker mange ting.

Ydre flexibilitet,
visuelt miljø

Kravene om et mere afvekslende og venligt miljø fører bl.a. til krav om ydre flexibilitet i udformningen af bebyggelsesplanen, i de enkelte bygningers etagehøjde og i facadeelementernes form og udseende, et krav som kun kan opfyldes ved videreudvikling af og/eller kombination af kendte byggesystemer. Dette vil antagelig føre til nye systemer og vil stille stærkt øgede krav til produktion og planlægning. Det er tilsyneladende i direkte modstrid med den teknisk ideelle montagebyggeform, der monterer ensartede komponenter efter en snæver tidsplan under effektiv udnyttelse af gentagelsesmomentet. Ordvalget ovenfor den teknisk ideelle montagebyggeform kan imidlertid udmærket bringes til at dække et yderst flexibelt byggeri, hvis leverancerne organiseres omhyggeligt - eller hvis de enkelte processer skilles noget mere i tid.

Flexibilitet i
(kombination af)
planløsninger
under projekteringen

Kravene om flexibel lejlighedsplanindretning kan deles i tre krav: For det første et krav til byggesystemets ydre rammer om lejligheden, således at en række forskellige udformninger og størrelser let kan indpasses under projekteringen.

Beboerindflydelse
ved indflytning

For det andet et krav om, at den enkelte lejlighed smidigt kan tilpasses den enkelte beboers ønsker - eller bygherrens ønsker om variation inden for hver types areal. Kravet kan eventuelt i et vist omfang også tilgodeses det første krav, hvis flexibiliteten ikke blot omfatter flexible muligheder for ruminddeling (opstilling af lette skillevægge), men også muliggør, at visse lejlighedsskel kan anbringes flere steder.

Arealændringer/
flytbare lejligheds-
skel

En variant af mulighederne er vægge (eventuelt lejlighedsskel) med flere døråbninger end nødvendigt, således at rum (eller

to lejligheder) kan forbindes/skilles på flere måder ved opsætning af dør, henholdsvis lukning af åbning.

Noget lignende gælder planer, hvor der i forbindelse med (ved siden af) større lejligheder indrettes små 1-rums lejligheder, der kan udlejes til studerende, pensionister o.s.v. - og som eventuelt også kan udlejes sammen med, eventuelt direkte forbindes til, en større lejlighed, og således give det store barn en "selvstændig tilknytning" til familiens lejlighed.

For det tredje kan kravet om flexibel lejlighedsplanindretning udvides til også at omfatte fremtidig fleksibilitet, hvor jeg især tænker på muligheden for, at en lejligheds beboere selv - eller med assistance - kan flytte lette skillevægge efter behov, i takt med familiens udvikling.

Et så flexibelt system kan indebære, at beboerne principielt blot lejer et areal, som de indretter og ændrer efter ønske.

Jo højere grad af "beboerfleksibilitet" jo vigtigere er det, dels at økonomi og administration, inklusive overvejelser om "værdi" af forbedringer, er løst, dels at de tekniske konsekvenser er overvejen- de. Kan beboerne opstille vægge helt frit - eller efter visse "modul"regler? Er der krav om benyttelse af bestemte væg- og gulvmaterialer? Er samlingsmetoderne planlagte?

Fremtidig
fleksibilitet
inden for boligen

VVS-installationers
fleksibilitet

Som et væsentligt, teknisk problem i forbindelse med flexible planer må nævnes installationer. Varmesystemet må tillade, at lette vægge flyttes. VVS-installationerne vil endvidere ofte give væsentlige begrænsninger. Flexibilitet i VVS-installationerne vil i reglen give en kostbar anlægsøkonomi, men et vist hensyn hertil kan kombineres med f.eks. muligheden for komplet udskiftning, f.eks. af en badunit (demontérbar facade?), således at bygningens fremtidige standard kan øges i takt med udviklingen.

El-systemers
fleksibilitet

El-installationerne giver, med den traditionelle udformning, store vanskeligheder for flytbare, lette skillevægge. Klem- liste- og fodpanelsystemer m.v. er kun en halv løsning, da enhver vægflytning medfører, at faglærte elektrikere alligevel

skal medvirke. Teoretisk kan man tænke sig et elforsyningssystem, der er uafhængigt af de lette vægge, f.eks. bundet til loft eller gulv. Man kunne også tænke sig, at 220V/380V installationen var bundet til faste vægge m.v., og at belysningsstrømforsyningen inden for visse rammer, herunder et veludviklet sikringssystem, kunne overlades til beboerne selv, når de flyttede vægge og installerede el. Heller ikke dette er tilladt idag, men det kunne vel tænkes, at brugervejledninger kunne udarbejdes, baseret på idiotsikrede komponenter. El-folk er traditionelt helt fremmede for brugerønsker, men alligevel ?

Lydproblem

I forbindelse med de lette, flytbare vægge opstår der, i hvert fald i fleretagers buse, et lydproblem. Lejlighederne skal have få, tunge lejlighedsskel, d.v.s. lange spændvidder. De lange spænd vil give slappe dæk, risiko for nedbøjning (der tilmed ændres, når de "lette" vægge flyttes), således at de lette vægges tilslutninger også lydmæssigt vil være vanskelige at løse.

Et egentligt søjle-bjælkesystem (eller rammesystem) med kortere spænd - eller meget tykkere dækelementer, kan bidrage til en løsning.

Gulvkonstruktionens relation til de lette vægge er et andet, og nok alvorligere problem. En rimelig lydisolering i lodret retning kræver svømmende gulve eller lignende, f.eks. det idag normalt anvendte bølgeparket på strøer på bløde brikker. Et sådant svømmende gulv er ikke altid i stand til at optage vægten af lette vægge langs enhver mulig opstillingslinie. Selv om vægtproblemet er løst, er lydproblemet ikke løst, da der ved opstilling af lette vægge ovenpå et svømmende gulv antagelig dannes lydbroer under den lette væg. Kravet om flytbare, lette vægge er i modstrid med kravet om øget lydisolering mellem lejlighedernes enkelte rum - og i hvert fald et stort problem, hvis man ønsker flytbare lejlighedsskel.

En vis "modulkoordinering" af de lette vægges opstillingsmuligheder kan medføre, at man udvikler en gulvkonstruktion, der på æstetisk acceptabel vis tillader opstilling af lette vægge med rimelig rumisolation, i et rimeligt flexibelt "modulsystem".

Facadeflexibilitet

Problemet er analogt til det fra kontorhuse med flytbare skillevægge kendte problem: Rumisolationen mellem de enkelte kontorer bestemmes af de (besværlige) konstruktioner, man etablerer over vægge, i hulrummet mellem dæk og nedhængt loft.

En vidtdreven flexibilitet i facadeløsningen - større tilbygningsmuligheder - kan normalt kun bruges i lavere byggeri. Facadernes vind- og vandtætningsproblemer vil gøre "selvbyggeri" vanskeligt.

Flexibilitet skal planlægges og produktudvikles

Flexibilitet er et naturligt krav af mange grunde: Bygningen sikres en fremtidig moderniseringsmulighed. Beboernes ønske om medindflydelse og mulighed for tilpasning til varierende familiestørrelse tilgodeses. Nye familiemønstre kan indpasses, o.s.v.. Flexibilitet vil koste penge, men af hensyn til nye - og ukendte - behov, er det måske en god investering.

Flexibilitet for beboerne kræver en avanceret planlægning af råhuset, men ikke nødvendigvis en prohibitiv fordyrelse, om ikke andet så fordi (en del af investeringen og) hele arbejds lønnen til f.eks. de lette skillevægge bæres af beboerne. Hvis fritiden øges væsentligt, og hvis beboerne har lyst (og evner) til selv at "ommøblere" lejligheden, kan der næppe indvendes noget økonomisk mod den helt flexible lejlighedsplan, fordelene i øvrigt taget i betragtning. Man kan forestille sig en hel "tømmerhandlerindustri" opstå med tilbud om små byggekomponenter efter do-it-yourself princippet. I kollektive bebyggelser, hvor mange slags "eksperter" må antages at medvirke, kan princippet i hvert fald fungere.

Flexibelt byggeri er også industrialiserbart. Produkterne, metoderne, organisationen og planlægningen (samt eventuelt distributionen af de ikke-bærende dele) vil være ændrede, men dog analoge til de kendte principper.

Kravet om flexibilitet i byggesystemerne er ikke blot en følge af krav til bebyggelsesplan og planløsning, det er også en følge af ønskerne om "integrerede" bebyggelser, hvor institutioner, butikker, o.s.v. indgår naturligt. For etagebyggeriet giver disse ønsker visse vanskeligheder for de traditionelle systemer.

Tæt-lavt byggeri

I parcelhusbyggeriet ses en tydelig udvikling mod større flexibilitet, selv inden for "typehusene". Hertil kommer udviklingen mod nye, lave boligformer, det "tæt-lave" byggeri. Uden de bånd, de bærende konstruktioner og lydisoleringskravene giver i højt byggeri, er der langt større muligheder for flexibilitet og medbygger/selvbyggervirksomhed, forudsat at installationssystemerne er egnede.

Bad- og køkkenunits

Konstruktionerne kan baseres på lette komponenter, der er simple at samle, udvide og bygge videre på. Stål, træ, plast får store muligheder. Der må i denne forbindelse peges på, at det lave byggeri i høj grad kan udnytte bad- og køkkenunits i et i øvrigt fleksibelt hus. Sådanne units er i kraftig udvikling og vil kunne udnyttes i alle former for boligbyggeri, samtidig med at de på grund af deres høje pris vil være en eksportvare for industrien.

Mobile homes,
en variation af
tæt-lav

Jeg tror derimod ikke meget på mobile homes tanken, som den realiseres i U.S.A.. I U.S.A. repræsenterer den en hurtig og billig "byggeform", men ofte på bekostning af kvaliteten, af miljø, sociale faciliteter og installationer. Løsningen imødekommer imidlertid en række individuelle og kollektive ønsker og behov. "Huset" selv er et udpræget industriprodukt, med omhyggelig og rationel detailudformning, ofte med en høj finish, og den angiveligt lave pris skyldes bl.a., at industriarbejderes lønniveau i U.S.A. er langt lavere end bygningsarbejderes. I Danmark er lønforskellene, og dermed en eventuel økonomisk gevinst, langt mindre. I U.S.A. skyldes den billige pris også, at "mobile homes" ikke omfattes af en række bygnings- og byplanbestemmelser, og ikke beskattes som boliger.

Vore veje er ikke så egnede som de amerikanske til transport af brede genstande. Da vore krav (vaner) til rumstørrelser tilmed er større end de amerikanske, vil et "mobile home"-system enten kræve, at mange rum omfatter to vogne, eller at vor boligstandard sænkes. Løsningen vil endvidere kræve væsentlige ændringer i byplanlovgivningen, bygningsreglementet og brandlovgivningen.

Alligevel må ideens principielle indhold overvejes. Set fra et industrialiserings-synspunkt er det vigtigt, at boligen færdiggøres helt på fabrik. Masseproduktionen

tillader, at detaljerne gennemarbejdes, og "mobile homes" indeholder mange praktiske forbedringer, der er værd at kopiere. Køberen kan, som med typehuse, på forhånd se og vurdere sit hus, og han kan tilmed eventuelt flytte det senere. Han er til gengæld bundet til de løsninger, der udbydes, og han kan i reglen ikke ændre på huset, omend han eventuelt vil kunne købe/sælge flere enheder i takt med familiens ændrede behov. Som med box-systemerne er de planløsninger, der kan opnås, stærkt bundne af forudsætningerne.

Tæt-lav

Man fremhæver, at det tæt-lave byggeri i modsætning til etageboligbyggeriet vil kunne give et bedre (mere menneskeligt) miljø, med opfyldelse af kontaktbehov og mulighed for flexibel tilpasning til forskellige livsformer, og at der i tæt-lavt i højere grad vil kunne etableres beboer-medindflydelse, beboer-medbyggeri og fleksibilitet i planløsningerne.

Byggeteknisk er tæt-lavt måske baseret på industrielt fremstillede dele, samlet af beboerne, eller på "beboermedbestemt" andelsbyggeri opført på normal vis - eller på blandinger heraf. Tæt-lavt er uden tvivl et positivt alternativ til parcelhusbyggeriets sovebyer.

Højere, varieret byggeri

Men som det tæt-lave's dyder romantisk er blevet sammenlignet med den gamle landsbys, kunne den ligeså kollektive og miljørige middelalderby måske sammenlignes med de nyeste etageboligbebyggelser, der er udviklet efter de første forsøg med "kollektiv" bebyggelse (f.eks. Værebros Park) og med såkaldte "terrassehuse".

Naturligvis kan 3-4 etagers boligbebyggelser ikke opføres som "selvbyggeri" i ordets normale betydning for så vidt angår husets bærende konstruktion. Bortset herfra rummer de nyeste varianter af terrassehusene en lang række af de samme kvaliteter og muligheder som det tæt-lave byggeri.

Såvel tæt-lav som højere byggeri med varieret facade og intern fleksibilitet vil stille nye- og store - krav til industrien: Man kunne masseproducere varianter eller måske snarere masseproducere variationsrige samlinger af komponenter.

DET NÆSTE SPRING

Det næste teknologiske spring, 80'ernes gennembrud for det menneskevenlige byggeri, vil kun kunne foretages, hvis man skaffer ret så væsentlige midler til at prøve at lade (nogen ?) bygge (og finansiere ?) på en anden måde. Hvis man udnytter de allerede givne systemer og de allerede opnåede resultater konsekvent til mange "normale" projekter, og til gengæld koncentrerer eksperimenterne om nogle få, men til gengæld "frie" byggerier, er det muligt endnu engang at forny vort byggeri.

Der er behov for en række "typehuse" - med nye modeller en gang imellem. Der er også behov for, at de herved opnåede besparelser udnyttes til virkeligt eksperimentbyggeri på avanceret plan. Hidtil har eksperimenterne i et vist omfang i for høj grad haft karakter af variation for variationens egen skyld, som kontrast til typehusene. De mere ansvarsbevidste eksperimenter har til gengæld ofte ikke fået en ærlig chance: Finansieret på normale vilkår bliver eksperimenter oftest for dyre, hvorefter det er godt stof at hænge eksperimentet ud for dets høje pris.

Hvis vi skal forsøge at muliggøre realisationen af de tanker, som især yngre byggeeksperimentatorer fremsætter, vil det være nødvendigt at revidere finansiering, planlægning, produktion, elementtyper, byggemetoder o.s.v.. Det nyetablerede BUR, Byggeriets Udviklingsråd, har her en mulighed for at tage et skelsættende initiativ ved at få etableret eksperimentbyggerier uden om det etablerede økonomiske kontrolsystem.

Hidtil har springene været baseret på byggeri under normale lånevilkår, med normal m²-pris kontrol, forudsættende at alle relevante kvaliteter kunne bedømmes efter en økonomisk skala.

Det næste spring skulle nødtigt føre til dyrere byggeri. Det har vi ikke råd til, set fra et globalt, økologisk synspunkt. Det næste spring skulle gerne vise, at vort byggeri igen var blevet endnu bedre. Idag er der mulighed for i højere grad at lade tekniske, målelige kvaliteter afveje mod knap så kontante, menneskelige hensyn. Der er også råd til det, for industrialiseret byggeri.

seringen har medført en betydelig reel nedgang i den relative byggepris, hvad enten denne udtrykkes i kroner/m², ekskl. kurstab eller i mandtimer/m².

De tekniske ændringer, antydnet i det foregående, som sandsynligvis vil blive indført i de kommende års byggerier, kan resumeres i følgende (spådomme):

Byggesystemer, sammenknyttende 1, 2, 3-4 og fler-etagers blokke.

Integration af boliger, institutioner o.s.v. med relativt større fællesareal.

Betydelig facadevariation i materiale, farve, med spring i facadeplan, påhæftede altaner, terrasser o.s.v..

Bærende tværvægssystemer vil indføre længere spænd og mange, alternative (og større) døre.

Bærende facadesystemer vil give indvendig flexibilitet (men facadeflexibiliteten kombineret med de statiske krav er et problem).

Søjle-pladesystemer, rammesystemer og lignende i beton vil vinde frem, uanset deres højere pris for det bærende system, på grund af deres store flexibilitet. Stålsystemers brandsikring vil blive færdigeksperimenteret til praktisk anvendelighed. Træsyste-mer vil blive populære til 1 og 2 plans (medbygger-)huse.

Facadekomponenter, altankomponenter og de tilhørende montage- og fugesystemer vil gennemgå en rivende udvikling for at leve op til de principielt vanskelige, komplicerede krav, en "flexibel" facadeudformning stiller.

Lette skillevægge, egnede til at beboerne selv kan opstille og nedtage dem, vil opstå. El-systemer, gulvsystemer og lejlighedsskelproblemet løses i forbindelse hermed. Skabs- og dørkomponenter vil gennemgå en tilsvarende udvikling mod afklarede, enkle komponenter til salg i supermarkedet.

Badunits vil løse et pris- og montageproblem. Forhåbentlig bliver det en eksportindustri. En badeværelseunit koster, vejer og fylder som en folkevogn. Hvorfor bliver Danmark ikke Europas badeværelsefabrikant? Fordi vore lokale, små, meget dygtige eksperter ikke ønsker at samarbejde og investere (?).

El-systemer vil blive udviklet, dels til brug for beboerne, dels som listesystemer, uafhængige af råhuset. En tredje tænkelig løsning er, at samtlige vægge udstyres med el-udtag for hver x meter, hvor x er mindre end 1. I så fald er el-systemet helt "indstøbt" i væggen, ikke trukket i rør.

Saneringen løses næppe, uanset at der er vilje, behov og kapacitet, men betydelige dele af det gamle byggeri vil blive ombygget og fornyet.

Eksporten og importen af lette og/eller dyre bygningskomponenter vil blive øget. Måske i dansk favør, hvis beslutningen tages i tide.

Endelig må det forudses, at arbejdskraften i nybyggeriet vil være 100% i hænderne på specialarbejdere, bortset fra formelt, myndighedsbestemt kontrolarbejde med f.eks. el- og VVS-installationer. Den ikke-omskolede faglærte arbejdskraft vil til gengæld få rige muligheder i ombygnings- og udvidelsesarbejder i den eksisterende boligmasse.

Selvbyggeri, medbyggeri og medindflydelse vil vinde frem. Der er allerede idag mange, der benytter væsentlige dele af fritiden til at forbedre boligen, og såvel teknik som fritid og personlig motivering synes at pege mod en stærk ekspansion indenfor denne del af "byggesektoren".

Myndighedsproblemer (brandforhold for møbler (!) og selvgjorte lette vægge, nedhængte lofter o.s.v.) samt finansiering af medbyggeri vil give administratorerne hovedpine.

For skoler, kontorer, plejehjem og hospitaler vil der blive lanceret en række byggesystemer, som antagelig vil kunne rationalisere disse byggerier væsentligt, især på projekterings- og kontrolsiden, ligesom en væsentlig nedskæring af antallet af (ligegyldige) valgmuligheder vil effektivisere bygherrens (byggeudvalgets) beslutningsproces. De nyeste hospitaler synes at dementere denne profeti. Til gengæld har vi fået en række standards for institutionsbyggeri.

Danske rådgivende arkitekter og ingeniører, entreprenører og fabrikanter vil få en stadig større aktivitet i udviklingslandene, hvis det nuværende udviklingsmønster fortsætter. Dette vil kun i begrænset omfang få

direkte betydning for de danske byggesystemers detailudformning, men vil give økonomisk og teknologisk basis for den videre udvikling, der skal finde sted i Danmark. (Det vil også sikre danske B-studerendes fremtid, især for de kreative teknikere med sprogsans.)

Energisparehensyn vil ligeledes medføre en række ændringer, som især vil få betydning for facaders udformning, men som også vil påvirke byggesystemerne og husenes udformning, i hvert fald i det omfang der foreskrives i bygningsreglementet.

Det er tvivlsomt, i hvilket omfang officielle hensigtserklæringer om øget isolering af nye bygninger og efterisolering af ældre huse vil blive fulgt op frivilligt. Det må på den anden side forudses, at lovindgreb med krav om isolering kan blive gennemført, da de danske (ca. 15-års) planer om energibesparelser til opvarmning ellers vil være illusoriske.

Der er mange årsager til bygherrerens manglende entusiasme. Som et kuriosum kan nævnes, at f.eks. Danmarks tekniske Højskole ikke kan iværksætte energisparende investeringer, selv om disse kunne være tilbagebetalt på få år, da investeringerne skal gå fra investeringsårets bevilling og således medføre afskedigelser, men dog samtidig, at de følgende års besparelser kunne give plads for genbesættelser! Offentlige budgetter kan ikke afskrive, forrente og opstille driftsbudgetter for energispareforanstaltninger som private bygherrer.

Private bygherrer er ligeledes tilbageholdende af økonomiske hensyn. Lån til isoleringsudgifter skal forrentes og medfører øget lejeværdi og beskatning (på grund af husets værdistigning som følge af isoleringen) hvilket, kombineret med tvivl om rentefradragsreglens bevarelse, ofte medfører, at kun helt elementære isoleringsforanstaltninger (som etablering af 2 lag glas) kan anses for en, privatøkonomisk set, rimelig investering.

Energipriserne stiger, men materialer og arbejds lønnen er hidtil fulgt delvis med, således at fremtidens økonomiske balance måske ikke ændres overbevisende i forhold til dagens.

Hertil kommer, for de ældre huse, at efterisolering i vidt omfang koster langt mere end en "rationel" analyse viser.

Udvendig efterisolering i større omfang medfører en så afgørende ændring af bybilledet, at miljøhensyn, æstetik, o.s.v., o.s.v. må medføre kraftige begrænsninger af mulighederne og/eller fordyrelser. I mange villakvarterer medfører de tinglyste servitutter ligeledes, at materialevalget er begrænset, at solfangere og vindmøller kan forbydes, hvis een husejer kræver det, o.s.v., o.s.v. (sådanne servitutter findes også på mange grunde, hvorpå nye huse kan opføres).

Indvendig efterisolering medfører måske, at lejligheden/huset får ny (bedre) planløsning, at køkken, bad må bygges helt om, at arealreduktionen må kompenseres ved ændring af dør- og vægplaceringer o.s.v., o.s.v., hvilket igen medfører, at udgifterne til indvendig efterisolering nødvendigvis bliver væsentligt højere, end et umiddelbart skøn viser.

Mange husejere vil yderligere, i forbindelse med et så omfattende håndværksarbejde, frivilligt forbedre, modernisere, ombygge boligen.

Alt i alt må det forudses, at en gennemførelse af en øget isoleringsstandard for ældre huse bliver meget dyrere end skønnet. En sag er, om pengene kan skaffes og rimeligt blive forrentede, privatøkonomisk såvel som nationaløkonomisk, en anden sag er, om der er den fornødne arbejdskraft til stede til gennemførelse af det omfattende renoveringsprogram inden for den planlagte periode, 10-20 år. Programmets gennemførelse vil ikke blot medføre fuld beskæftigelse, men også kræve en væsentlig udvidelse af "gør-det-selv"-aktiviteterne, medmindre nybyggeriet sættes næsten i stå.

Ud fra energisparehensyn kan man derfor gætte, at nogle af nedenstående forhold vil komme til at gælde:

- Selvbyggeri og medbyggeri (jfr. pag. 3.a) vil blive en nødvendighed, bakket op af let tilgængelige anvisninger.
- Facadekonstruktioner vil ændre karakter og blive dyrere.

- Hustyperne vil blive mere kompakte (reduceret overflade for at spare energi og anlægsudgift), med mindst 2 etager, stor husdybde, sammenbyggede til større enheder etc. Om tæt-lav vil bidrage til denne udvikling eller forsvinde som 70-80'ernes modelune, er ikke et teknisk spørgsmål.
- Zoneinddelte huse vil vinde frem i nybyggeriet med en velisoleret kerne af minimumsareal til vinterbrug, suppleret med forårs- og sommerarealer, der modtager energi fra solen og fungerer som "isolering" af kernen.
- Ombygningen af ældre huse vil lægge beslag på de faglærte håndværkere med en øget "industrialisering" af nybyggeriet til følge.

te
ier
s. V. i
by
afang
iser.
at ef-
tjant
se, i
41