

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Forelæsningsnotat nr. **47**

JOHS.F. MUNCH-PETERSEN
**BYGGESYSTEMETS
ORGANISATION OG PLANLÆGNING**

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole
Lyngby 1976

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
Forord	1
Et byggeris faser og parter	2
Organisation og samarbejde	10
Byggesystemer	15
"Standardisering"?	15
Standard/variant/specialelementer	16
Alternative projekteringsorganisationer	18
Ballerupplanens filosofi, det åbne system	21
Små/store elementer	25
Bærende systemer, eksempler	30
Bærende tværvægge	30
Bærende facader	32
Varianter af bærende tværvægge	33
Søjle-plade	36
Variant af plade-søjle-systemet	39
Plade-bjælke-søjle eller plade-ramme	42
Box-systemer	42
Flexibilitet	44
Det næste spring	50

FORORD

Dette notat, til brug på grundkurset i Husbygning, indeholder en kort oversigt over mange af de forhold, en ingeniør må tage stilling til, når han skal deltage i påbegyndelsen af projekteringen (og den senere udførelse) af byggeri. I teksten tænkes normalt på et boligbyggeri, opført af præfabrikerede bygningsdele.

Hans eget firmas kvalitets- og kvantitetsmæssige problemer, løn- og honorarkrav m.v. omtales ikke. I forelæsningsnotatet Huslejen = f(Pris, Politik, Produktivitet, Prioritering) er enkelte andre problemer omtalt. Den detaljerede, tekniske procedure doceres på en lang række DTH-institutter.

De omtalte forhold vil blive fyldigere behandlet bl.a. på Laboratoriet for Anlægsteknik's kurser og på senere kurser ved Instituttet for Husbygning.

Selv om det er sagt flere steder i notatet, vil jeg gerne i forordet endnu en gang understrege, at ingeniørens rolle i projekteringsprocessen er baseret på hans tekniske viden, men at denne viden og de deraf følgende beregninger og beslutninger ikke har nogen større selvstændig betydning for brugeren af den færdige bolig. Ingeniøren er en del af et team, der omformer en behovsformulering til en bolig i psykisk og fysisk betydning.

Ingeniørens indsats er hans bidrag til en optimal løsning på en lang række modstridende ønsker, et kompromis mellem teknik, økonomi og livsværdier.

Jeg vil gerne takke adjunkt, arkitekt Frits Gravesen for hans assistance ved udvælgelse og optegning af notatets figurer.

Johs. F. Munch-Petersen

BRUGERENS
BEHOV/
ØNSKER

AREAL, ETAGEANTAL
ANTAL RUM ETC.
KVALITET
UDSTYR
UDSEENDE (SMAG)
OSV.

TEORETISK
MANGE MULIGE
LØSNINGER

YDRE
BINDINGER

GRUNDENS TOPOGRAFI
LOVGIVNING
BYGNINGSREGLEMENT
LOKALE VEDTÆGTER
LÅNEBETINGELSER
TEKNOLOGI OG
PRODUKTIONSAPPARAT

BEGRÆNSER
ANTALLET AF
(DEL-) LØSNINGER

ANALYSE OG
PLANLÆGNING

ARKITEKT
(INGENIØR)
(HÅNDVÆRKER)
ETC.

BEHOVSANALYSER
YDEEVNE, FUNKTION
PRISOVERSLAG
PLANLØSNING
UDSEENDE, MILJØ

- baseret på
planlæggerens
uddannelse, erfaring

PÅPEGER
MULIGE
DELLØSNINGER
MED STØRRE/MINDRE
BEHOVSOPFYLDELSE

OG MULIGE
KOMBINATIONER
I FÆRDIGT HUS

Figur 1. PROJEKTERINGSFASEN: Behov/Bindinger/Analyse/
Planlægning/Beslutning.

Brugerens behov og ønsker kan opfyldes på mange måder. Ydre bindinger begrænser mulighederne. Planlæggeren assisterer brugeren ved at analysere hans behov, og herudfra at fremsætte forslag til (del-)løsninger.

Planlæggerens opgave (og ansvar) er at sætte brugeren i stand til at vurdere og vælge mellem mulige delløsninger og den deraf følgende helhed (huset) således, at brugeren bevidst kan acceptere en større/mindre grad af behovsopfyldelse af de enkelte behov med et optimalt helhedsresultat til følge.

ET BYGGERIS FASER OG PARTER

En byggesag omfatter en række faser, der mere eller mindre overlapper, afhængigt af byggeriets art, bygherrens erfaring, organisationsplanen m.v..

Faser i byggesagen

Projektering
Prissætning
Udførelse

Normalt kan man skelne mellem projekteringsfasen (figur 1) fra idé til færdigt projekt på papir, tegninger og beskrivelser m.v., prissætnings- og kontraktfasen hvorunder entreprenøren(erne) kontraktligt forpligter sig, pris- og tidsmæssigt, til at udføre byggefase, hvorunder papirprojektet bliver en fysisk realitet. Her til kommer aflevering, indflytning - og endelig bygningens brug, i ti eller flere hundrede år.

Projekteringsforløbet

Projekteringsforløbet for en bolig vil naturligvis i praksis afhænge af, om det er en individuel bolig eller en del af et større boligbyggeri, om bygherren og boligtageren er samme person eller ej, om boligen udformes af bygherren og udføres af ét eller flere firmaer, eller boligen udformes af et firma og tilbydes bygherren/boligtageren som et færdigt produkt o.s.v., men i princippet er projekteringsforløbet:

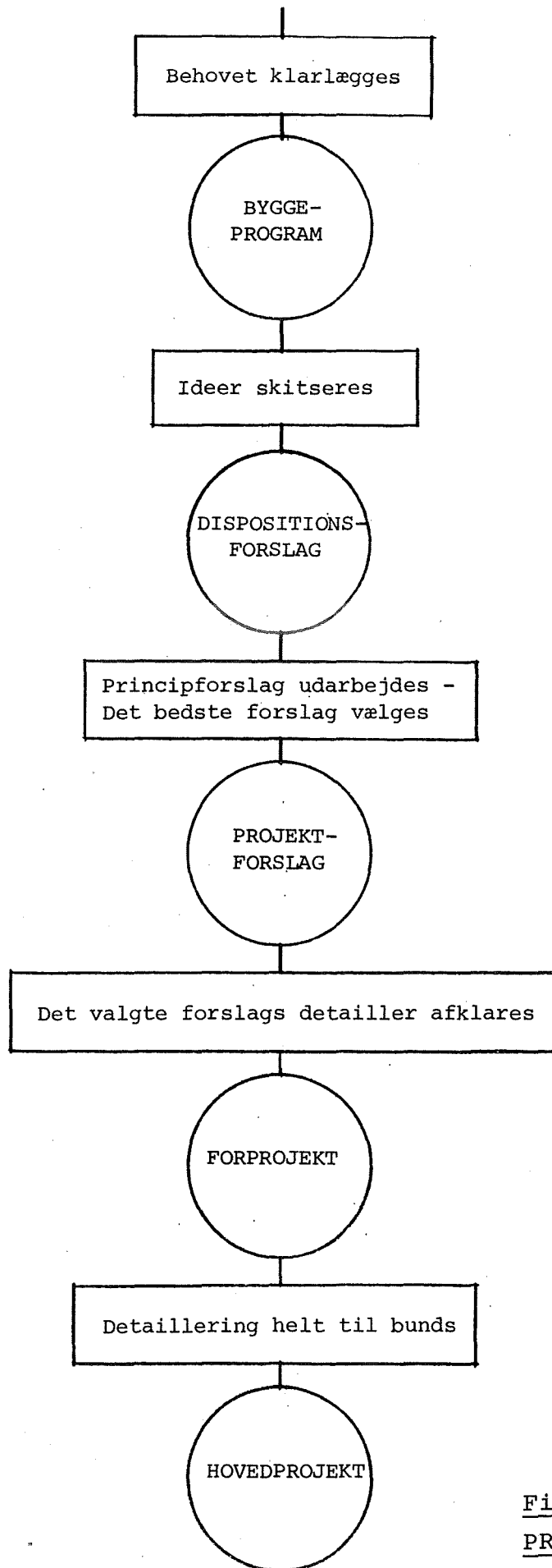
Behov
Analyse
Byggeprogram

Ud fra et behov, der analyseres og bearbejdes, opstilles et program, hvori indgår krav, organisation, økonomi, tidsramme m.v..

Skitser
Forslag

Herudfra skitseres ét eller flere forslag, som bygherren/den besluttende godkender. Forslagene indeholder i begyndelsen principper og overslag, men efterhånden som beslutningsprocessen skrider frem, detaljeres såvel forslag som beslutninger, indtil der kan udarbejdes et detaljeret projekt, som kan endeligt prissættes, et projekt, omfattende tegninger, beskrivelser o.s.v. af byggeriet og alle dets enkeltdele, mængder, arbejds- og tidsplan etc..

Principforslag
Endeligt projekt



Figur 2.

PROJEKTERINGSFASEN

Figur 2 viser en normal opdeling af forløbet.

Prissætning

Projektet sendes nu til én eller flere entreprenører for prissætning. Der er mange mellemformer mellem nedennævnte to grænser:

Projektering,
Prissætning,
udførelse som
adskilte
eller
overlappende
aktiviteter

1. Projektet færdiggøres 100% af rådgivende (projekterende) teknikere, hvorefter det prissættes (ved udbud i licitation) af udførende firmaer (entreprenører), der konkurrerer på prisen.
2. Projektering, prissætning og udførelse er overlappende aktiviteter i en kontinuert proces, hvori såvel projekterende som udførende (tekniske, praktiske og økonomiske) specialister medvirker.

Pris og tid
som grundlag
for kontrakt
og udførelse

Den endelige pris (og tidsplan) skal godkendes (af bygherre og långivere), hvorefter udførelsen, inklusive kontrol og godkendelse igangsættes.

På grund af det store antal specialister, der medvirker, er denne proces ofte fuld af analyser, diskussioner, kompromisbeslutninger, revisioner - og enkelte fejltagelser.

Parterne

"Person"aktivitet
ofte juridisk
defineret

De medvirkende specialister bør alle føle sig som parter i et teamwork. Disse parter omfatter nedennævnte "personer", hvor ordet person nærmest betegner en funktion inden for gruppearbejdet, idet en del af nedennævnte "personer" er firmaer med mange medarbejdere, og idet en del af "personerne" i praksis kan være et og samme menneske. De nævnte "personer" har ofte en juridisk defineret opgave og omtales derfor principielt i han- eller intetkøn.

Bygherren

Bygherren har et ønske om opfyldelse af et behov og kan betale for dets opfyldelse.

En bygherre kan være en offentlig myndighed, et privat firma, et boligselskab (privat eller socialt) eller en enkeltperson, og han kan have erfaringer fra tidligere byggeri eller være engangsbygherre.

Behovet skal formuleres og analyseres. Der skal vælges mellem alternative muligheder. Pris, tid og kvalitet skal bedømmes, under projekteringsfasens valgsituat-

tioner og under opførelsens kontrolaktiviteter. Lån skal optages. Regninger godkendes og betales. Alt dette kræver mange menneskers medvirken og megen erfaring. Enhver bygherre må derfor støtte sig til specialister i alle byggesagens faser, såvel for at få arbejdet udført, som for at få vejledning i valg- og godkendelsessituationer.

De rådgivende og udførende aktiviteter kan, afhængigt af hvilken slags bygherre, der er tale om, udøves helt eller delvis af bygherren selv eller hans personale, eller udelukkende af ad hoc ansatte, kontraktligt forpligtede firmaer o.s.v..

Nedenfor omtales først bygherrens hjælpere og andre "personer", der deltager i byggeriet, senere de kombinationer af "personer", f.eks. med bygherren, arkitekten eller entreprenøren som den, der koordinerer aktiviteterne, se oversigtsdiagrammet figur 3.

Lad os begynde med de oftest passive deltagere:

Ejer, lejer

Bygherren behøver ikke at være den endelige ejer af boligen (f.eks. ved opførelse af et ejerlejlighedskompleks). Lejeren er sjældent bygherre. Boligtageren er derfor ofte uden indflydelse på udformningen af sin bolig, men må vælge mellem de behovsløsninger, der tilbydes. Enkelte boligselskaber søger idag at inddrage kommende lejere i projekteringsprocessen, og i mange nyere lejligheder er der om- og tilbygningsmuligheder til opfyldelse af lejerens individuelle behov inden for visse grænser.

Långivere

De færreste bygherrer har kapital til fuldt ud at betale for byggeriet, og der skal derfor etableres byggelån i byggefassen og optages endelige lån i det færdige byggeri. Banker, sparekasser, realkreditinstitutioner medvirker hertil. Herudover kan kapitalen være fremkommet ved statslån, private lån eller opsparing etc..

Banker
Sparekasser
Realkreditinstitutioner o.m.a.

Lovgivere

Såvel byggeprocessen som det færdige byggeri er underkastet en række love og bestemmelser, hvis hensigt er at sikre bygningsarbejdernes helbred, boligens kvalitet og sikkerhed, boligens relationer til omgivelserne o.s.v., o.s.v..

Bygningslovgivningen, bygningsreglementet m.v. er sammen med finansieringsproblemerne omtalt i notatet om Huslejen.

Arbejdstilsyn
Bygningsinspektør
Bygningsreglement
Byplanvedtægt
DIF-normer
Standardblade
o.s.v.

Projekteringen og udførelsen må derfor ske inden for visse af samfundets afstukne rammer, der dels kontrolleres - i et vist omfang - af repræsentanter for arbejdstilsyn og bygningsinspektoratet etc., dels kræves overholdt af de aktive parter, projekterende og udførende.

Ansvar for bestemmelsernes overholdelse påhviler de aktive, som i et vist omfang kan (og skal) tegne ansvarsforsikringer. Bygningsattest m.v. er ikke en garanti, men er dog et bidrag til opnåelse af lån og til vurderingen af, om boligen kan bebos af mennesker.

Uddannelse
Udvikling
Forskning
Service
ATV
AUC
BM
DIA
DIEU
DIF
DS
DTH
JTI SBI TI

Et andet bidrag til projekterings- og udførelsesfasernes heldige forløb ydes af arbejderes, entreprenørers, ingeniørers og arkitekters erhvervs- og brancheorganisationer, af uddannelsesorganisationer og den hertil knyttede forskning, udvikling og service. Lignende bidrag til byggeriets udvikling og kvalitet ydes af offentlige, af helt eller delvis offentligt støttede, og af private institutioner. Som ingeniør tænker man f.eks. på de i marginen angivne bogstaver, og mange andre, f.eks. alle teknikas forkortelser.

Projekterende
Arkitekt
Ingeniør
Landinspektør
Koordinator
Administration
Specialister
(Entreprenørviden)
(Prisoverslag)
(Byggeledelse)

De projekterende hjælper bygherren at formulere og analysere sig behov, og afslutter processen med et hovedprojekt, der i form af tegninger, beskrivelser o.s.v. definerer byggeriet. Behovet er blevet til noget entydigt på mange ark papir.

De projekterende omfatter arkitekter, ingeniører og landinspektører, og kaldes rådgivende, hvis de er selvstændige og uafhængige af (andre) kommercielle interesser.

Projekteringsteamet omfatter også en koordinator og en administrator, eventuelt én og samme person, eventuelt bygherren, en arkitekt eller en person(er) ansat hertil. Ofte inddrages specialister til enkeltproblemer, specialister fra forskning, andre rådgivende firmaer, leverandører, m.v.. Det er især helt nødvendigt, at teamet har omfattende entreprenørviden, f.eks. detailviden om betonelementproduktion og prissætning.

Ofte inddrages entreprenører derfor i (dele af) projekteringen. Endvidere er planlægningen af byggeriet (byggeledelsens forudsætning) en del af projekteringen, som udføres af de projekterende, af specielle byggeleder(firmaer) eller af entreprenøren.

Det sker, at dele af projekteringen, f.eks. montageplanlægningen eller ventilationsanlægges kun defineres løst, mens detaljeringen overlades til det udførende firma.

Prisberegnere

I Danmark er det normalt, at det er entreprenørfirmaerne, der foretager de endelige mængde- og prisberegninger, omend en del projekterende eller specialfirmaer udarbejder mængde- og prisoverslag.

Entreprenøren skal jo netop i sin kontrakt garantere pris (og endelig tidsplan ud fra de projekterendes foreløbige tidsplan).

Quantity Surveyors

I enkelte lande, f.eks. Storbritannien, udarbejder særlige personer, Quantity Surveyors, mængdefortegnelser og prisberegninger. Uanset at såvel projekterende som udførende i Danmark de facto har lignende specialister mere eller mindre bevidst ansat, er jeg ikke tilhænger af denne variant, idet de britiske Quantity Surveyors fritager de, der planlægger byggeriet, fra et ansvar.

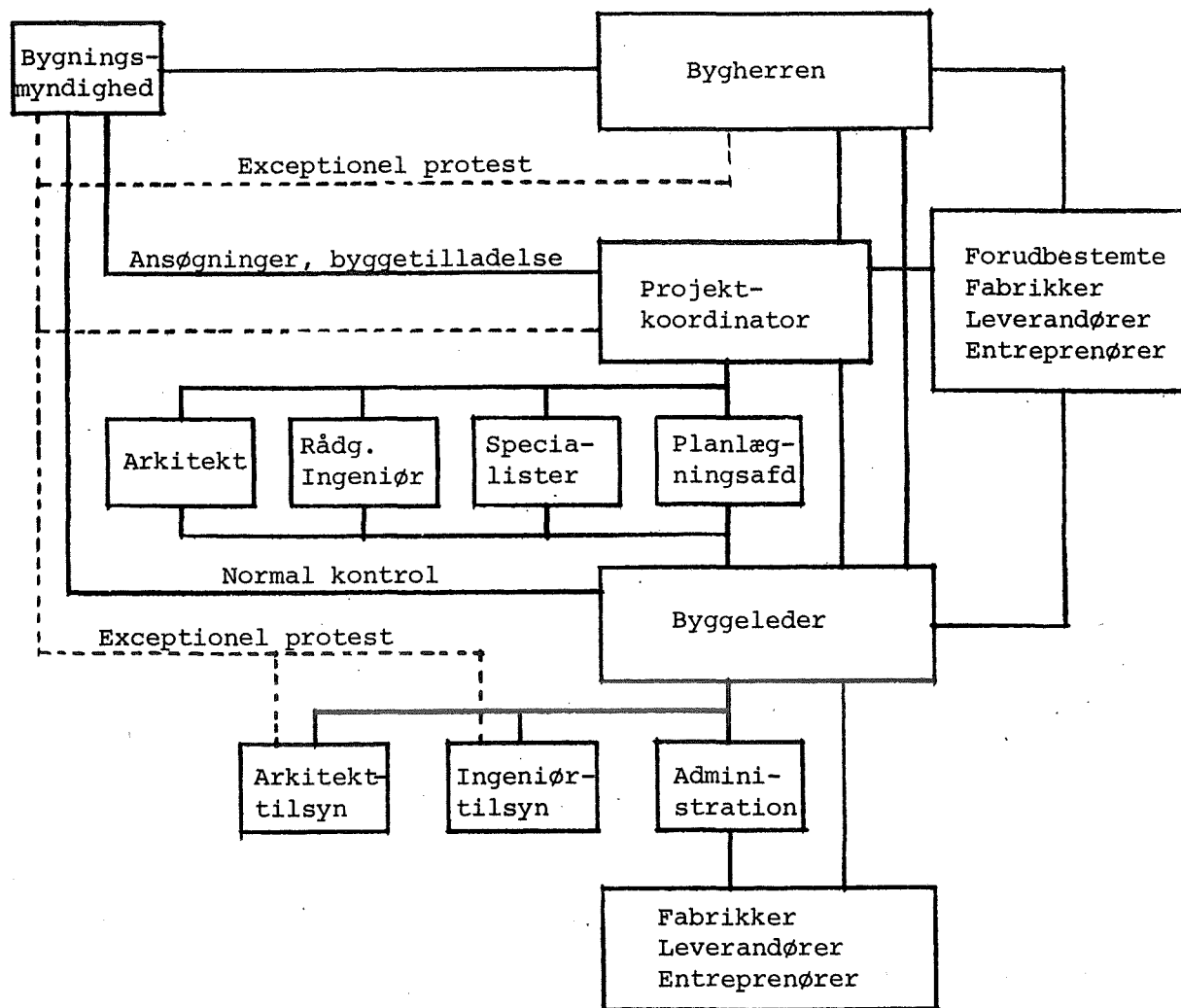
Vort system indebærer, at mængde- og prisfunktionen udøves af personer, der er professionelt trænet i praktiske problemer. Det giver en forbedret kommunikation mellem de teoretiske, de tekniske og de økonomiske problemløsere.

Udførende Fabrik Leverandør Entreprenør Byggeleder Administration Tilsyn (Myndigheder)

Papirprojektet omfatter definitioner af ydelser, materialer og bygningsdele fra leverandører og fabrikker, arbejdsoperationer på byggepladsen, udført af faglærte og ufaglærte håndværkere og arbejdere, formeret i sjak, under juridisk-økonomisk ledelse af entreprenører, i reglen efter fagforeningsmæssigt definerede arbejdsområder, alt koordineret og ledet af en byggeledelse med tilhørende administration, arbejdsplanlægning og kontrol/tilsyn.

Tilsyn

Kontrol og tilsyn udføres dels af entreprenørens tilsyn - entreprenøren har jo i sidste instans ansvaret for kontraktens



Figur 3. PROJEKTERINGS- OG BYGGEPROCESSEN

Funktioner ("aktiviteter") under projekterings- og byggeprocessen. Hver enkelt betegnelse refererer til en funktion, idet de enkelte funktioner eventuelt dækkes af én eller flere personer (firmaer), eller idet en person (firma) eventuelt dækker flere funktioner.

opfyldelse - dels af bygherrens tilsyn, primært for at sikre (i tide) at fejltagelser rettes, således at bygherren får den kvalitet og mængde, han skal have. Bygherrens tilsyn udføres normalt af arkitekter og ingeniører, ansat af bygherren direkte eller via bygherrens rådgivende arkitekter og ingeniører. Endelig fører myndighederne som omtalt en prøvekontrol.

Byggepladsen er fuld af ledere og kontrollanter

På byggepladsen optræder således ledere og kontrollanter repræsenterende bygherren, arkitektfirmaet, de rådgivende firmaer (konstruktioner, installationer, vej- og kloak), landinspektøren, leverandørerne (op til 20 forskellige), entreprenøren (op til 30 forskellige), arbejdstilsyn, bygningsinspektorat og byggeledelsens tilsynsførende og administratorer.

Den centrale byggeledelse

Det er klart, at der må være en central instans, der koordinerer og træffer de endelige (kompromis-)løsninger:

Det er byggeledelsen, som juridisk-administrativt er en person, hvorigennem al kommunikation mellem på den ene side bygherren og hans rådgivere (d.v.s. fædrene til kontraktgrundlaget) og på den anden side de udførende (der skal opfylde kontrakterne) nødvendigvis skal foregå.

Diagrammets princip

Diagrammet, figur 3, viser de ovenfor nævnte parter relationer, idet de optrukne linier angiver kommunikationsveje. Forudbestemte fabrikker o.s.v. i diagrammets højre side er en mulig, men ikke nødvendig funktion, hvis de projekterende har den nødvendige erfaring.

Diagrammet tager ikke stilling til, hvilke af disse parter der er ansat hos hvem, eller hvilke funktioner der eventuelt er samlet hos en person (firma), ej heller til personers faktiske uddannelse og/eller erfaring.

Diagrammet angiver en række funktioner (aktiviteter).

Exceptionel protest

De punkterede linier angiver de kommunikationsveje, der kan benyttes i exceptionelle tilfælde, f.eks. hvor tilsynet er overbevist om, at en udførende nægter at overholde kontrakten, mens byggeledelsen ser passivt til, altså noget der

forekommer højst en gang i en ingeniørs liv.

Den centrale ledelses nødvendighed

Det er helt afgørende for processens forløb, at al kontrol, tilsyn, fejlpåvisning o.s.v. koordineres af byggeledelsen. Medmindre byggelederen ad hoc har tillagt f.eks. ingeniørtilsynet særlige beføjelser, må ingeniørtilsynets diskussioner med entreprenøren om mulige fejl officielt sendes fra den ingeniørtilsynsførende til dennes firma til uddybning via byggelederen eller i hvert fald med kopi af indstillingen til byggelederen.

Tilsynets dilemma

Uanset hvor godt et projekt er defineret, er der nemlig løbende mange småting, der skal undersøges og forkastes/tillades, uanset om de helt opfylder kontrakten. Ting kan udføres på mange måder. Kvaliteter bedømmes forskelligt. Fejl bør naturligvis rettes, men hvis en mindre fejls korrekte udbedring uundgåeligt må medføre, at resten af byggeriet sinkes i lang tid, er en anden classes kvalitet af detaljen måske trods alt acceptabel. Den nye, uerfarne ingeniør kommer ofte i klemme i dette spil. Hvor retlinet er en hovedlinealstregs praktiske konsekvens? Hvordan bevarer han sin myndighed og en smidig, menneskelig tilpasning til de uundgåelige småafvigelser fra kontrakten?

Eksempel fra praksis

For en del år siden ville et rådgivende firmas nybagte ingeniør som tilsynsførende stoppe et stort, velrenommeret montagefirmas 50 mill.kr.-byggeplads, idet han syntes, at nogle fine revner i bæreknasterne for 4 tons facadeelementer så mistænkelige ud.

Montagefirmaets byggepladsleder nægtede at stoppe, idet han hævdede, at jernbeton ofte har fine revner (korrekt), og at facaderne jo blev hængende (den sædvanlige, uvidenskabelige begrundelse alle forsvarer sig med).

Lederen - og den unge ingeniør - vidste begge, at en standsning ville blive kostbar. Montagegrejet, arbejderne, de efterfølgende entreprenører skulle alle betales, uanset om de arbejdede eller ej. Bygherrens lejeindtægter ville blive forsinket i takt med den forsinkede færdiggørelse o.s.v..

Hvis der var en fejl, måtte entreprenøren betale. Hvis der nu ikke var noget galt, hvem skulle så betale ? etc..

Den unge ingeniør var stædig og viste revnerne til bygningsinspektøren, der også blev usikker. Byggepladsen blev beordret stoppet, indtil nærmere undersøgelse var foretaget.

Næste morgen afholdtes ekstraordinært byggemøde med de fleste af byggeriets parter, der næsten alle havde udkast til erstatningskrav og knive i ærmet.

Montagefirmaets chef indledte med at meddele, at man havde foretaget en ekspresundersøgelse med røntgen af de mistænkelige bæreknafter. Knap halvdelen manglede armering. Årsagen var fundet. Konsekvensen ville blive max. 2 dages forsinkelse, idet stueetagens facader kunne bæres af kældervæggene, mens 1. sals elementer med bæreknafter straks ville blive udskiftet med elementer, der havde røntgenbilleder af korrekt armering.

Alle var glade, også montagefirmaet, der var sluppet for en muligvis dødelig, men i hvert fald ubehagelig katastrofe under 1. sals montagen.

Den unge ingeniør var nu en slags helt, der havde haft sine øjne åbne og vurderet, at de fine revner i dette tilfælde indicerede en fejl, ikke en normal svindrevne. Hans erfaring var næppe stor. Intuition ? Han blev i hvert fald ikke trukket tilbage fra den byggeplads.

Helt ?
Heldig ?
Kværulant ?

ORGANISATION OG SAMARBEJDE

Den klassiske organisation, fagentrepriser

Den klassiske organisation af udbud og udførelse var baseret på en række, uafhængige fagentreprenører med hver sin fagentreprise (delentreprise). Den forsvandt i de fleste europæiske lande i 1920'erne - i U.S.A. var og er den næsten ukendt - men i Danmark kan den, af uransagelige årsager, forekomme endnu i dag.

Traditionel teknologi, kendte løsninger

Baggrunden var, at alt det praktiske byggearbejde var baseret på tradition med få variationsmuligheder. Murede vægge, træbjælkelag eller jernbeton, kendte vinduesløsninger o.s.v..

Arkitekten var da naturligt projektkoordinator, planlægger, byggeleder, administrator og de facto tilsyn. Fagentreprisesystemet var også naturligt: Murer, snedker, tømrer, blikkenslager o.s.v. vidste, hvad der skulle laves i en kendt teknologi. De skulle hver for sig skaffe materialer og folk til at lave huset på stedet, med lokal måltagning for hvert enkelt vindue, afhængigt af murerens præcision. Hver enkelt havde sin kontrakt med bygherren: Delentreprise.

Arkitekten som suveræn projektleder

Projekteringsfasen indledtes da med et samarbejde mellem bygherren og den af ham ansatte arkitekt. De udarbejdede et ofte ret detaljeret skitseprojekt, inklusive tegninger i stor målestok, der (næsten) fastlåste bygningens udformning.

Ingeniøren som tilkaldt specialist

Den rådgivende ingeniørs opgave var kun at udforme konstruktioner og installationer, der kunne bruges (og godkendes) på det givne projekt. Han fungerede som en tilkaldt specialist.

Ingeniøren foreslog sjældent alternativer, uanset om dette kunne forenkles, forbedres eller billiggøre byggeriet, dels fordi han ikke blev spurgt, dels fordi han vidste, at han ved at foreslå ændringer kunne risikere, at arkitekten ville blive tvunget til at begynde forfra og bruge tid på tegningsrevisioner. En så usædvanlig handling kunne dels skabe misstemning mellem arkitekt og ingeniør, dels ville den give bygherren øgede udgifter til arkitekthonorar.

Arkitektens dominerende rolle (som den alfaderlige "orkester"dirigent) var derfor naturlig i en tid, hvor ingeniørens

rolle normalt bestod i beregning af armering i et givet betondæk og af centralvarmeanlægget. Selv el- og VVS-installationer var ofte arkitektens område.

Ny teknologi,
valgmuligheder

Efter anden verdenskrig var der så mange tekniske alternativer i materialer og produktion, at bygherre, arkitekt og ingeniør måtte erkende, at et snævert samarbejde om muligheder og beslutninger blev nødvendigt.

Organisations-
problemer i
overgangsperioden

I en overgangsperiode skabte det psykologiske vanskeligheder, f.eks. fordi ingeniørens forslag inden for hans fagområde (den nye betonteknologi) var baseret på dokumenterbar teknisk viden, prisanalyser o.s.v., mens arkitektens modforslag var baseret på kunstnerisk sans, følelser, menneskelige (brugs-)synspunkter o.s.v. parret med "erfaring fra tidligere byggerier".

Bygherrens endelige afgørelse var da vanskelig, idet han ofte hverken havde teknisk eller kunstnerisk indsigt. Så skelede han til pengene, hvor arkitektens "erfaringer" skulle afvejes mod ingeniørens "analyser". Økonomiske hensyn blev da oftest udslagsgivende, især måske fordi boligministeriets cirkulærer dyrkede troen på den lavest mulige m^2 -pris, anlægsudgiften pr. etage- m^2 uden hensyn til kvaliteter, målelige såvel som ikke-målelige.

Endnu i dag ses reminiscenser af dette overgangsfænomen. Som eksempel kan anføres, at et meget stort antal af efterkrigstidens kontorhuse har helt uacceptable klimaforhold, idet der, især i forårs- og efterårsmånederne med kraftig, men dog ikke højtstående sol, forekommer så høje temperaturer, at kontorarbejdets effektivitet væsentligt reduceres. (Dth er et klart eksempel.)

Alt efter sin indstilling kan man da kritisere "arkitektens store vinduer" eller "ingeniørernes kendte mangel på viden om ventilationsteknik".

Disse sørgelige bygninger er oftest resultatet af dårligt samarbejde mellem bygherre, arkitekt og rådgivende ingeniør, afsluttet med en hastværksbeslutning ud fra forenklede økonomibetragtninger. I projekterings indledende faser tror alle på drømmeprojektet med store

vinduer (æstetisk, kontakt med omgivelserne, god rumbelysning) og et godt ventilationsanlæg (frisk, befugtet, tempereret, eventuelt endog afkølet luft med de til god rumbelysning af nutidig superstandard nødvendige armaturer kølet via den udsugede luft).

Den nemme løsning,
pengene/m²-prisen

Da man ikke vil eller kan analysere alle de økonomiske konsekvenser, viser prissætningen ofte, at projektet bliver for dyrt. Det er let at udelade ventilationsanlægget. Det er håbløst inden for tids- og honorarrammerne at reducere facadens vinduesarealer (dog mindst 10% af gulvarealet). Ingeniørens protester vil blive affejret med "teori", "det går nok", "mine erfaringer", "økonomisk nødvendighed" og lignende. Ingen af de tre parter er psykisk beredt til at tage konsekvensen. Bygherren og hans långivere, eventuelt boligministeriet, træffer den hårde, ensidigt økonomisk begrundede beslutning.

Den økonomisk begrundede byggekriser har fjernet samarbejdsvanskelighederne, hvis de forskellige, nye organisationsformer da ikke allerede har gjort arbejdet. Energikrisen har i øvrigt gjort ovennævnte vindues-/ventilationsproblem til fortid. Projekteringen styres nu helt af teknisk-økonomiske overvejelser og brugerhensyn.

Samarbejdsgrupper
idag

Der er ingen af byggeriets parter, der idag ikke er klar over, at et byggeri er et kompromis mellem hensynene til økonomi, teknik og brugerbehov, og at de enkelte detaljer kun har værdi som et led i processen. Indsatsen bliver i øvrigt ofte ikke vurderet efter fortjeneste af menigmand, der kan erkende tapetet på væggen, men ikke husets konstruktion medmindre han vil slå søm i), og som i øvrigt ofte giver teknologiens faktiske forbedringer skylden for den høje husleje, ikke renteniveauet.

Reel billiggørelse
camoufleret af
renteniveauets
stigning

<u>Organisationseksempler</u>	Det har da vist sig nødvendigt og praktisk i projekterings- og byggefasen at etablere et nærmere samarbejde for at opnå det optimale kompromis. En række eksempler er:
Bygherrens projektorganisation	Større bygherrer, f.eks. sociale boligselskaber, har etableret egne projekteringsafdelinger, således at der skabes kontinuitet, udnyttelse af indvundne erfaringer etc..
Byggeledelse m.v. som speciale	Projektkoordinering og tilsyn overlades ikke mere automatisk til arkitektfirmaets chef, henholdsvis yngste medarbejder, men til specialister i disse aktiviteter, endog til specialfirmaer. Projektkoordinering, byggeledelse etc. er blevet normale funktioner.
Projektgruppe	Arkitekt- og ingeniørfirmaer danner grupper, ad hoc eller permanent, til projektering af et større byggeri, typehuse, udenlands-aktiviteter etc..
Hovedentreprenør	Udførelsen overlades ikke til en række (fag-)entreprenører og leverandører, men samles i grupper under ledelse af en hovedentreprenør, der som byggeleder koordinerer de øvrige entreprenører.
Typehuse	<p>"Typehuse" udvikles af firmaer, der kan projektere sådanne færdige produkter til salg til købere (bygherrer). "Typehuset" kan være projekteret af</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) en arkitekt-ingeniørgruppe, der ved egen planlægnings- og ledelsesfunktion kan garantere opførelsen ved hjælp af "købte" entreprenører, <p>eller af</p> <ol style="list-style-type: none"> 2) en entreprenørgruppe med egen eller købt projekteringsassistance og med fastere eller løsere tilknyttede fag-entreprenører, leverandører eller lignende.
Totalentreprise	Totalentreprisefirmaerne tilbyder bygherren alt, projekt og udførelse, enten som et typehus eller "efter mål".
Færdigt/ufærdigt system	Et moderne byggeri er meget komplekst, med et stort antal bygningsdele og operationer, der skal passe sammen. Med den høje præfabrikeringsgrad følger endvidere kravet om, at alt skal passe uden måltagning eller tildannelse på stedet: "præplanlægning".

Det er derfor helt afgørende for en byggeopgaves succes, at alle detaljer er klarlagt før igangsættelsen. Det skal være et "færdigt" byggesystem.

Fast pris og tid

Heraf følger også muligheden for, at byggeriets pris og tidsplan kan fastlåses i kontrakten: "Fast pris og tid". Entreprenøren løber alene en risiko, men bygherren har givetvis betalt "forsikringspræmien" herfor. Tidsfristen kan have tilknyttede præmier og bøder for kortere, henholdsvis længere byggetid. Prisen kan i stedet for at være fast (i kr.) være låst til et pristal med reguleringsklausuler ved andre pristal. Sidstnævnte indebærer risiko for såvel bygherre som entreprenør.

Bøder

Pristalsregulering

Endelig kan uforudselige eller variable ydelser, f.eks. fundering afhængigt af den senere udgravede jords bæreevne, ekstraordinære vinterforanstaltninger og lignende prissættes pr.stk., m³, ton eller lignende.

Pris på mængder

BYGGESYSTEMER

Standardisering
Modulkoordinering
Funktionskrav

"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 bygnings typer.

Åbent/lukket
system

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

Katalogbyggeri
- det multianvendelige
byggesystem

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".

Typehuse
- det systemdefinerede
produkt

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.

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

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. køkkenskabe, 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 apteringskomponenter, og er derfor "åbne" systemer over for ikke-bærende komponenter.

Byggesystem-
uafhængige
apteringskomponenter

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 fabriker vil kalde el-vægge for varianter.

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

Specielle døre, bæreknafter, 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". Brugerens 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 fabrikens 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, jfr. forrige kapitel, herunder figur 3.

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. Byggherren 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 producent's 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 4 og 9. 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.

Ballerupplanens filosofi, det åbne system

Eksempler på
variant-/
specialelement
valgmuligheder

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

Bærende tværvægge
(var) det normale
i 60'erne

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 4 fra Ballerupplanen, der omfattede 1700 lejligheder med 25 forskellige lejlighedsplaner (altså et byggeri med mange planløsninger).

Konstruktive og
lydmæssige hensyn

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 prismæssige og lydisolationsmæssige hensyn være blevet udført af beton under alle omstændigheder. Hvorfor så ikke udnytte deres bæreevne ?)

Figur 5 og 6 viser de til Ballerupplanen hørende standard- og variantelementer for dæk og vægge.

Figureerne 4, 5, 6, 7 og 8 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".

Det simple
element

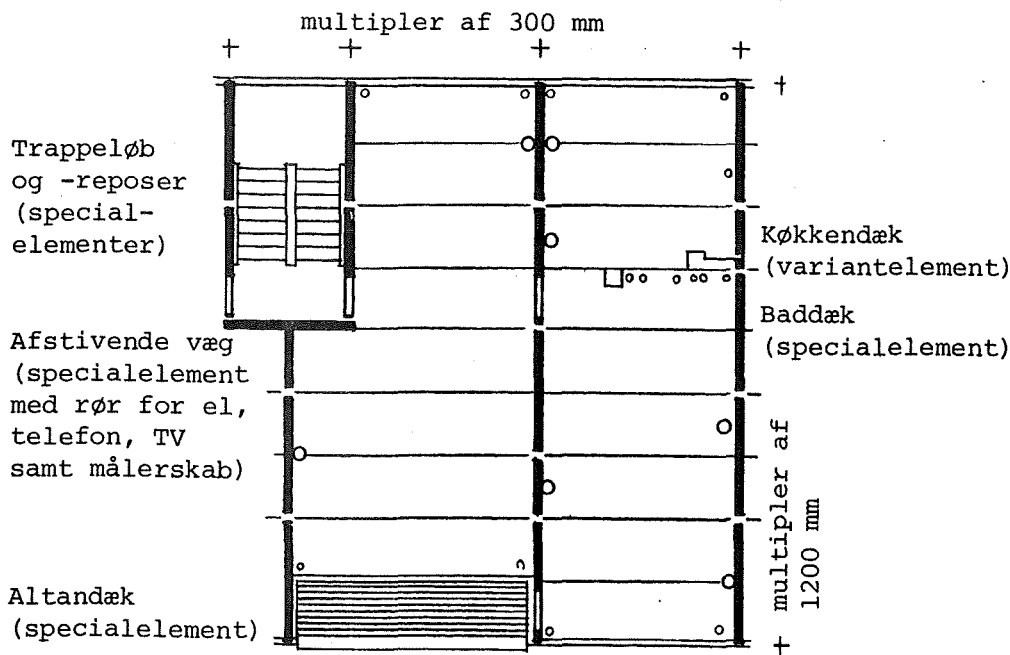
Når man med et givet, højt mekaniseret produktionsapparat skal søge at producere elementer til et byggeri med mange, forskellige lejlighedsplaner, må man forsøge at få dækkene opdelt i så mange simple og ensartede elementer som muligt.

Dækelementerne

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

Samlebåndet

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



Figur 4

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).

Vægmide/vægmide = dæklængde = $n \times 300$ mm.

Husdybde $p \times 1200$ mm = $p \times$ dækbredden.

Vægelementbredde 1200 og 2400 mm.

Træskeletfacade med bredderne 1200, 1500, 1800 mm.

Maksimal elementvægt 2,5 ton.

Dækelementerne (sammenlign figur 5) 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 6) består af "standardvægge" (inklusive varierende el-installationer), "varianter" med døre og "specialelementer" ved trappen.

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 3 samt figurerne til lette facader i Facadeelement-notatet).

Endeforme

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

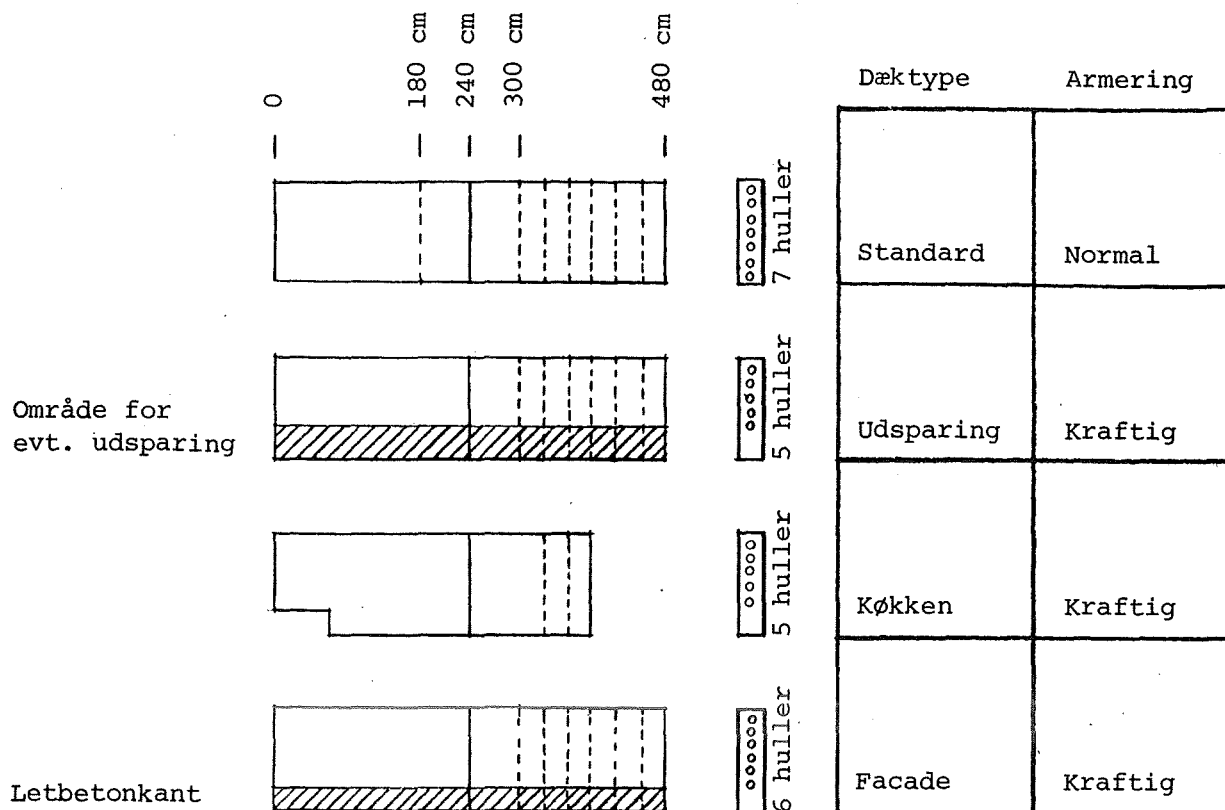
Endeformene fastlåses til sideformene ved de staldede, der gav dækkets kant en fortanding (jvnf. notatet Dæk- og Vægelementer).

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

Køkkendæk

Bemærk, at køkkendækket nok optræder med 4 spændvidder, men kun med to typer hjørneudsparring, en højre- og en venstrevendt, jvnf. figur 5 og 8. 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-udsparringskasser i et hjørne af formen.

Bemærk også teksten til figur 4 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 5

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 udsparringer (7 huller). Armeringsnettet er et svejst net med 8 langsgående jern (et for hver bærekant) og tværarmring pr. 300 mm. Nettet findes i 4 udgaver med 4 forskellige diametre på de langsgående jern, afhængigt af spændvidden.

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

"Køkkendækket" er en specialudgave af dette dæk, idet elementet kun findes i den viste og den spejlvendte udgave, jfr. figur 8.

Vægelementerne

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

Lodret/vandret støbning

Ved at støbe dækkene vandret og væggene lodret opnås: Elementerne støbes, transportereres 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, udsparinger, 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.

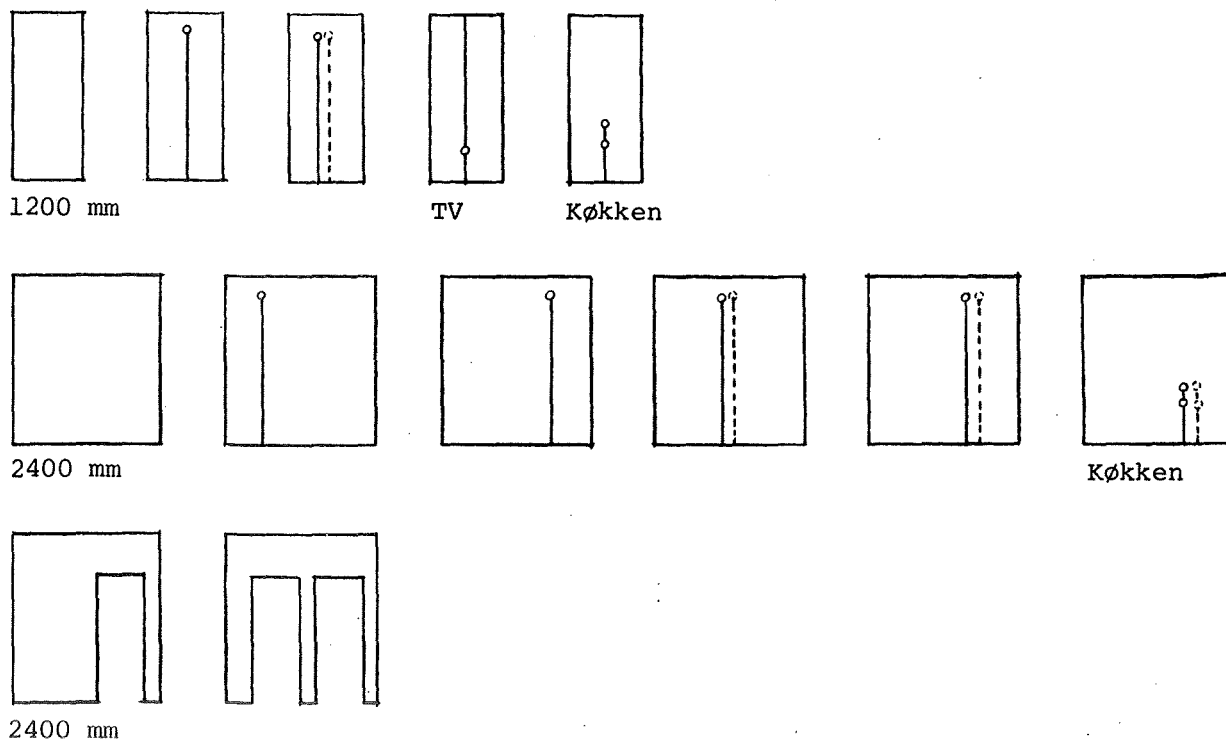
Vægge støbes lodret eller vandret, afhængigt af fabrikkens teknologi, væggenes detaljer o.m.a.. Den projekterende må vide, om det element, han tegner, senere støbes lodret eller vandret, hvis han vil give udsparinger den udformning (smig), der tillader hurtig og fejlfri udformning. Ofte bliver der i øvrigt en strukturforskkel 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 4 indeholder samtlige rør- og afløbsinstallationer, koldt- og varmt vand, varmtvands-



Figur 6

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 tungere vægge, betonfacader og eventuelt bredere dæk (f.eks. alternen) kunne - med samme flexibilitet i tværvæggene - baseres på 2400 og 3600 mm brede vægge.

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

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

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 4 var blevet vendt på den anden led, ville rørudsparringerne 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.

Forholdet kan illustreres ved det på figur 7 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.

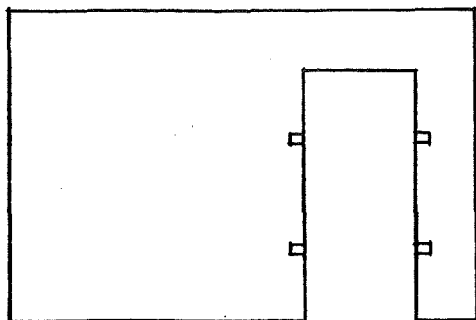
Små/store elementer

Små/store elementer

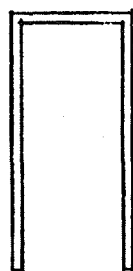
Små elementer,
fleksibelt anvendelige

Voksende
elementvægte

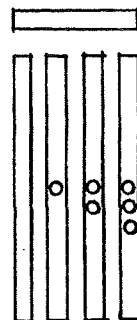
Ballerupplanens filosofi var bygget på anvendelsen af relativt begrænsede elementer med en største elementvægt på kun 2 å 3 t. Man regnede med, at fordyrelsen ved det relativt store antal kranoperationer kunne opvejes af den opnåede forenkling af produktionen af de enkelte komponenter. Det synes som 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.



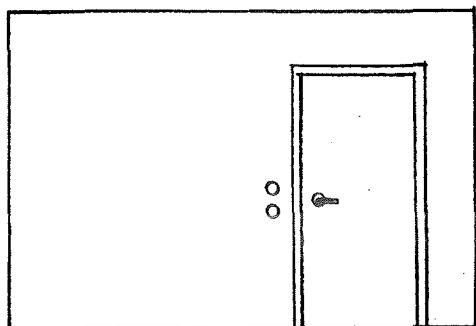
Vægelement
Ballerupplanløsning



Dørkarm
(højre- og
venstre)



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



Typehusløsning

Figur 7. 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.

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 6 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.

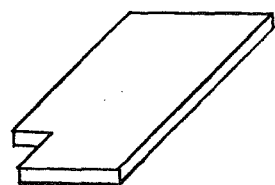
Lager- og transportproblemer

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

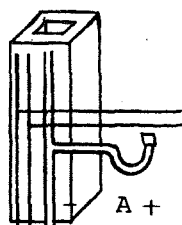
Organisationstalent vigtigst

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.

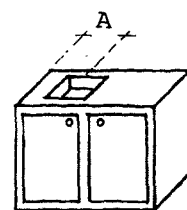
Udviklingen har medført, at de gamle produktivitetsvenlige Lineal-Børge-huse er blevet erstattet af tæt-lavt byggeri, byggeri med altaner, terrasser, skulpturelle facader o.s.v.. Montagebyggeriets teknisk-økonomiske succes er idag langt mere en funktion af organisationstalent end af betonteknologi og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



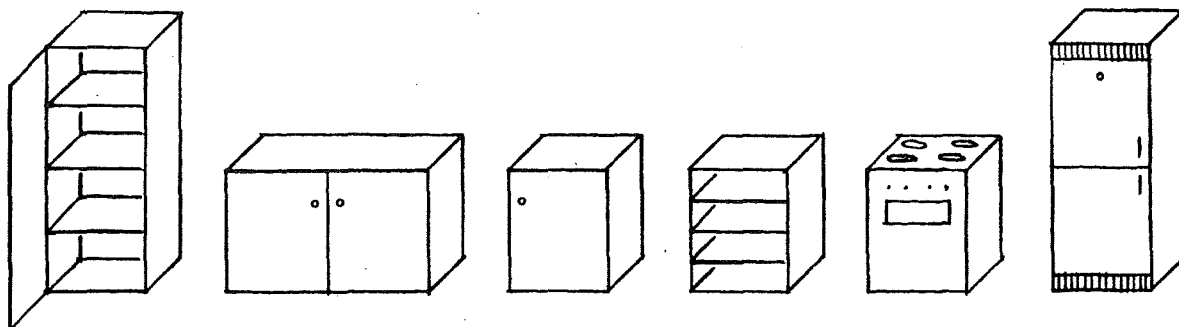
Køkkendæk-
komponent



Ventilations-
og rørkomponent



Køkkenvaskenhed



Figur 8. 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 5.

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 højre 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.

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, frempringende 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.. Køkken-skabe 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. Målafvigelserne 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 á 2 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".

3M \times 3M nettet har teknisk bestemte relationer til 1M net for lette komponenter

BÆRENDE SYSTEMER, Eksempler

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

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

Bærende tværvægge med simpelt understøttede dakelementer er et almindeligt vesteuropæisk system. Figur 9 viser princippet. Sammenlign figur 4 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".

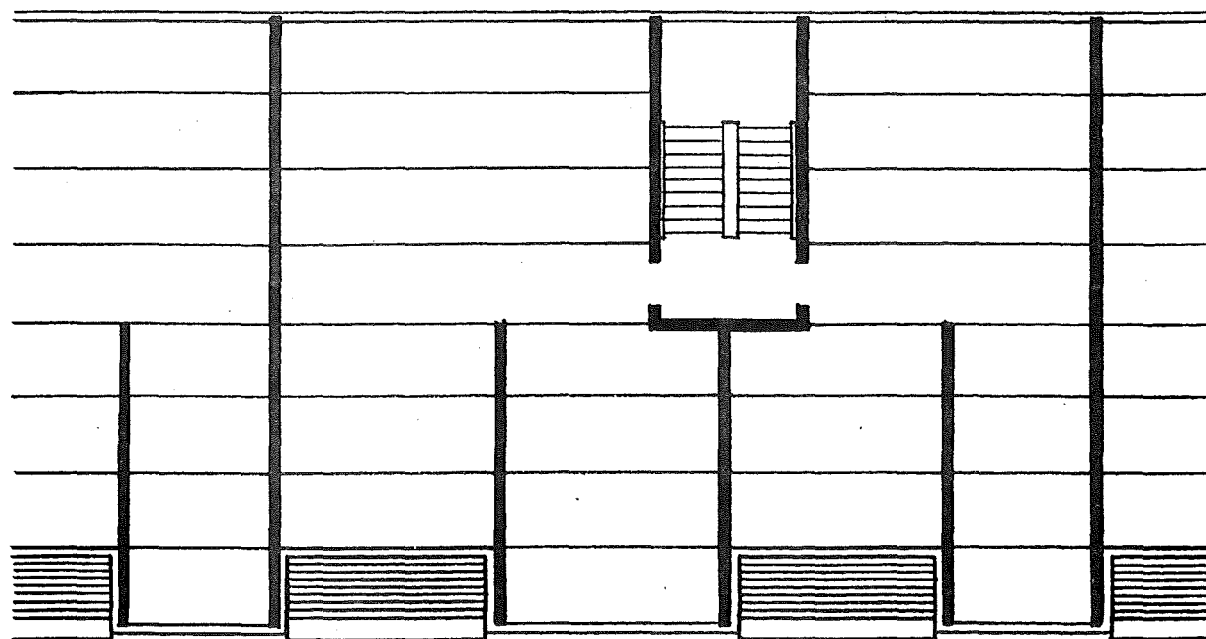
3M x 12M planlægningsnet

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 9. 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.)

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

"Ekstra" dørhuller

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.

Variabel dørplacering i given væggeometri

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 10).

"Tillægsrum"

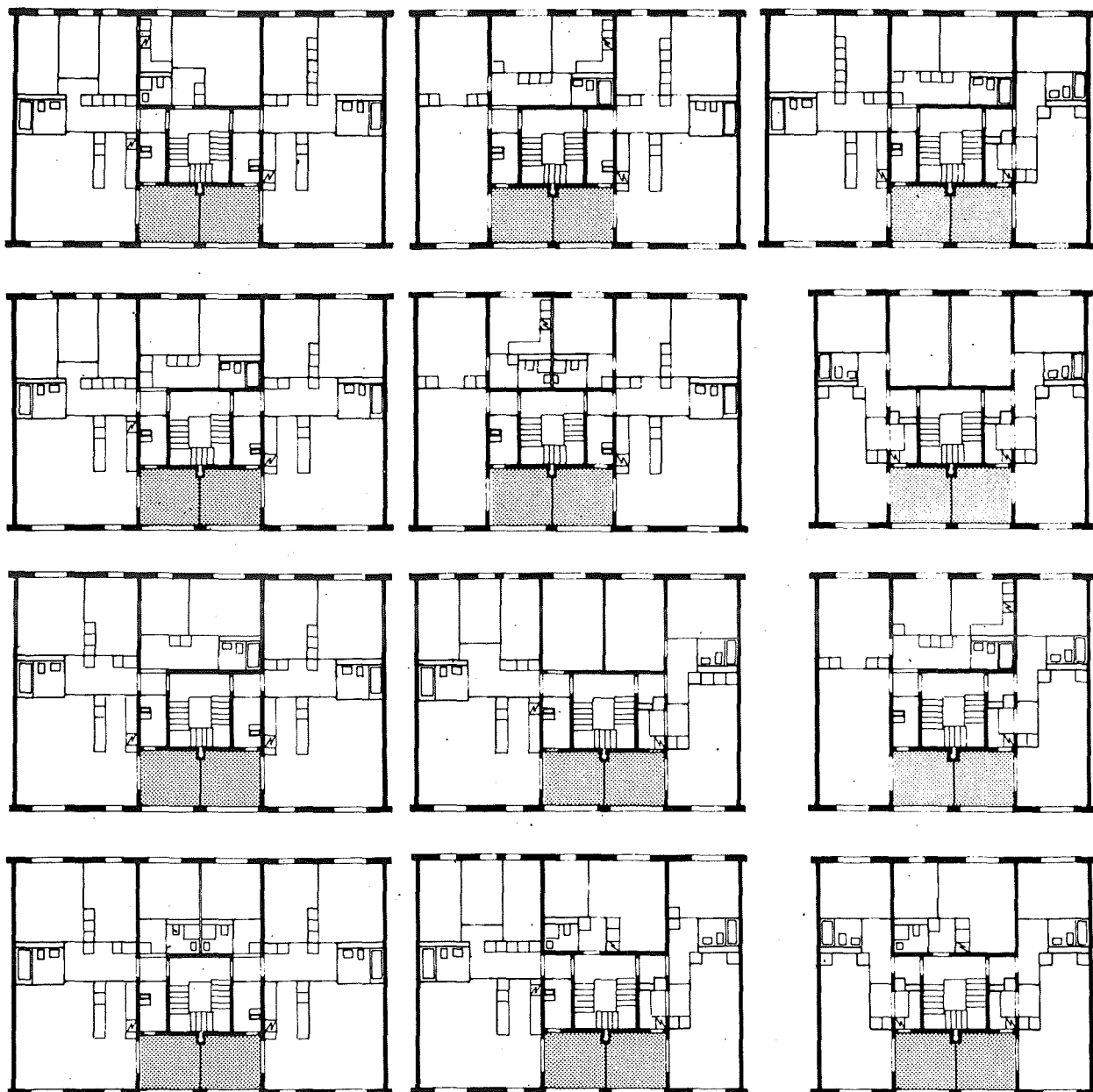
En anden mulighed er, mellem to "normale" lejligheder, at anbringe en 1-rums bolig med toilet og eventuelt kogeniche. Der er således 2 store og 1 lille bolig pr. trapperum pr. etage. 1-rums boligen kan lejes ud separat eller i forbindelse med en større bolig (i samme eller et nærliggende trapperum) som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

Trappen

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 12 og 15 viser varianter af systemet med bærende tværvægge, varianter der også kan benyttes med moderne krav til facadeudformning.



Figur 10. 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).

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 12-16 viser, hvorledes variation kan opnås. Ovenfor omtales muligheden for flexibilitet ved varierende dørhulplacering.

Bærende facader

Bærende facader, eventuelt suppleret med en langsgående midtervæg giver fordele i relation til flexibel planløsning, se figur 11. Set fra betonelementfabrikantens synspunkt er dette system ikke meget forskelligt fra systemet med bærende tværvægge.

Lejlighedsskel
tunge/lette ?

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 altaner ikke uden videre kan indgå i det bærende system, idet man ikke kan tillade et dæk at være udkraget, jfr. kondensproblematikken beskrevet i facadelement-notatet. Altaner kræver derfor en speciel løsning.

Altaner
specielle

Bindinger i
facaden

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.

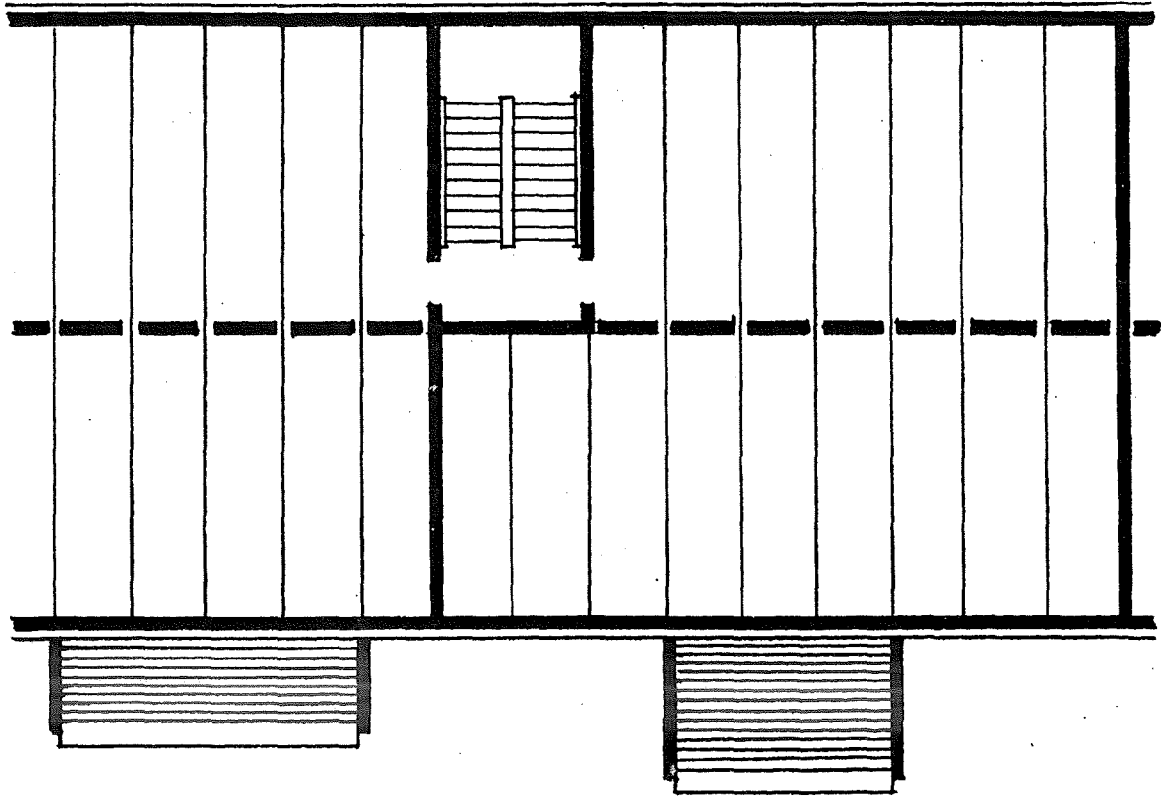
Nogen
flexibilitet

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

Flytbare
lejlighedsskel
øger
flexibiliteten

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 altaner simpelt kan udformes som udkragede



Figur 11. BÆRENDE FACADER (EVENTUELT SUPPLERET MED BÆRENDE LANGSGÅENDE MIDTERVÆG).

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

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 12 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 9, hvor gavlen oftest optræder som en stor, plan flade, eventuelt forsynet med enkelte, mindre vinduer.

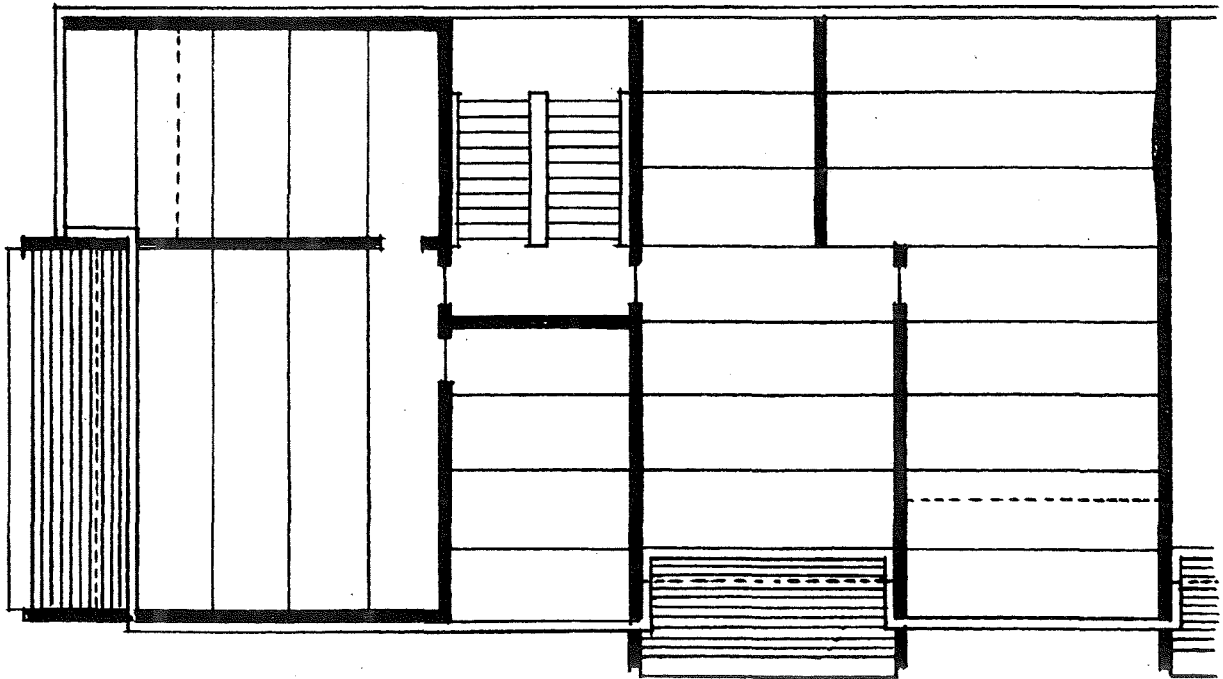
Brøndby Strand

Systemet er f.eks. anvendt på Brøndby Strand, hvor det er den stærkt terrasse-rede facade, der giver den stærkeste visuelle effekt, figur 14.

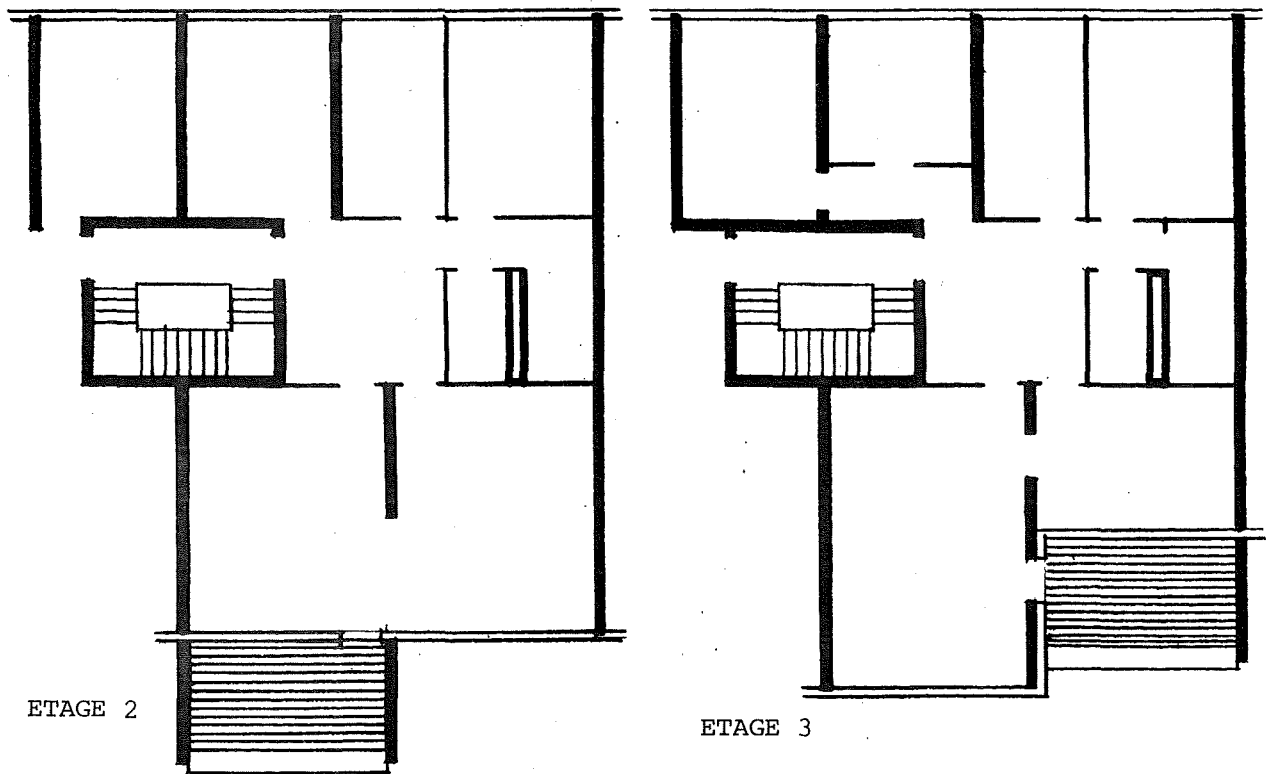
Altanernes gensidige placering

Figur 12 viser en principiel mulighed for altanernes placering, figur 13 den på Brøndby Strand faktisk anvendte.

I Ballerupplanen var altanerne anbragt lodret over hinanden, adskilt af lodrette bånd af almindelige facader. På figur 12, 13 og 14 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 12. VARIANT AF BÆRENDE TVÆRVÆGGE. Jfr. figur 13.



Figur 13. 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.

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 pag. 115-117. Endvidere er facadeproblemerne m.v. i forbindelse med skulpturelle facader, terrassehuse etc. omtalt pag. 62-66, med eksempler på fugedetaljer pag. 112-117.

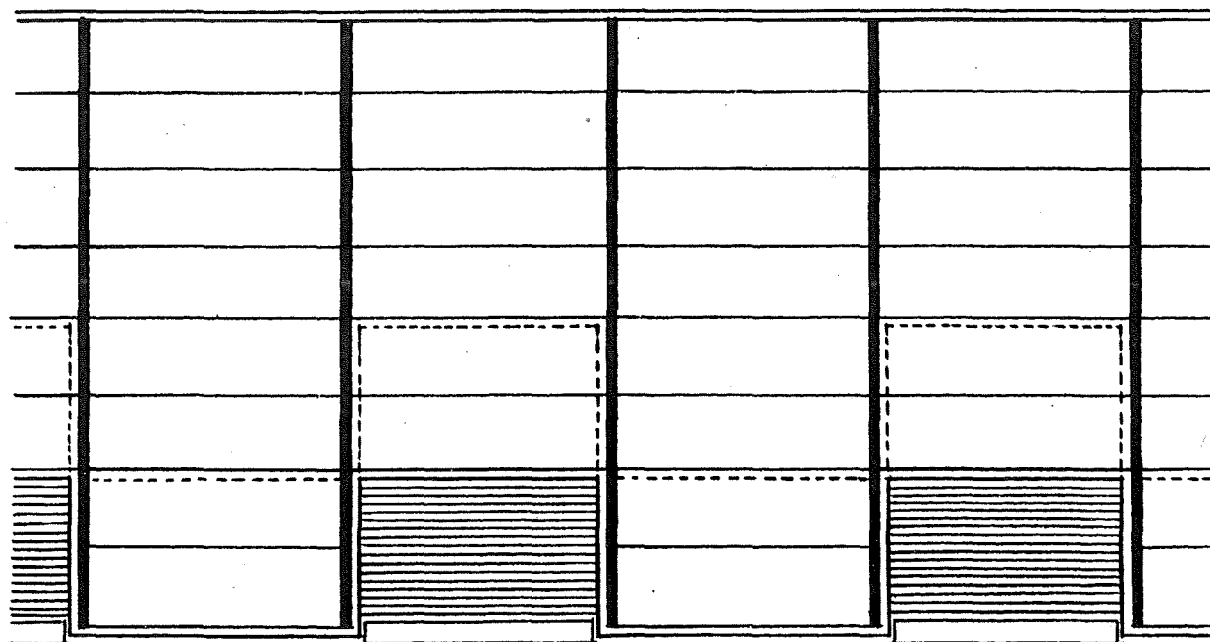


Figur 14. BRØNDBY STRAND. Se tekst og figur 12-13.

Arkitekt, M.A.Å. Svend Høgsbro, A/S Dominia, Larsen & Nielsen A/S.

Variant af bærende tværvægge

Figur 15 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.



Figur 15. VARIANT AF BÆRENDE TVÆRVÆGGE. Jfr. figur 16.

Farum Midtpunkt

Et eksempel fra praksis er Farum Midtpunkt, som vist i snit og planer på figur 16. (Fællestegnesteuen og Dominia A/S)

Bygningen har bærende tværvægge, der dog i underetagen, parkeringsetagen, er erstattet af bjælker på en række søjler. Beboelsesetagerens 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:

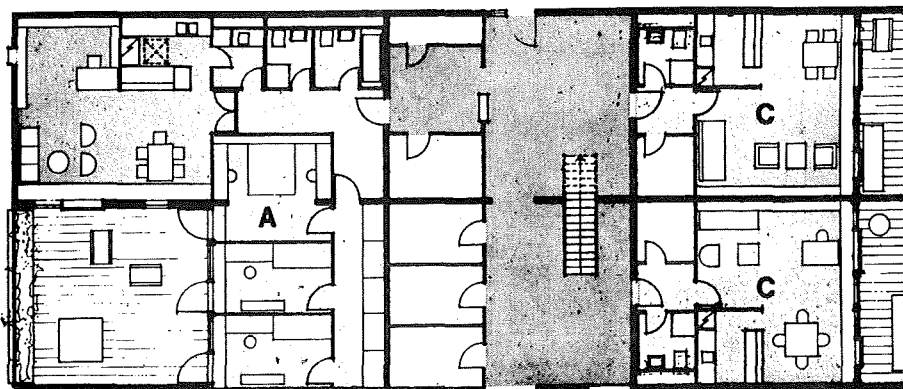
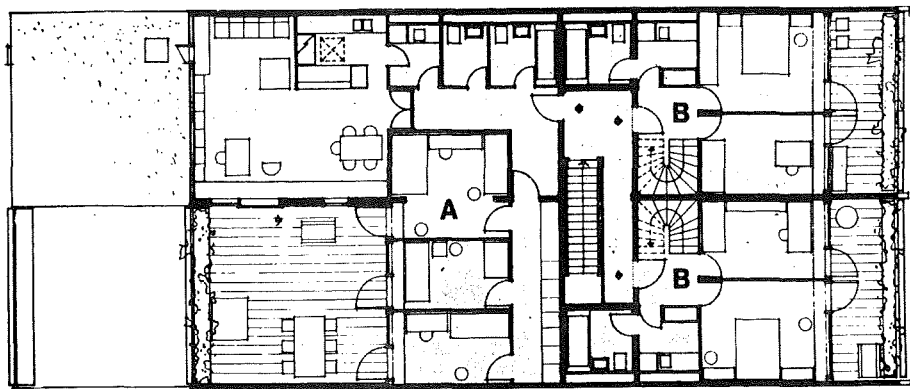
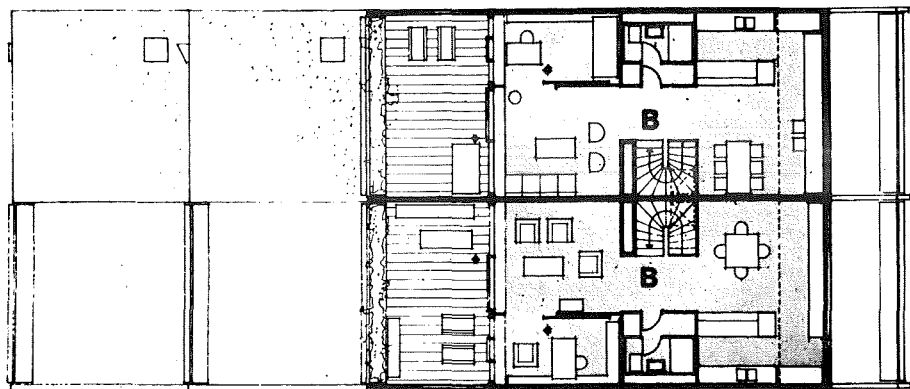
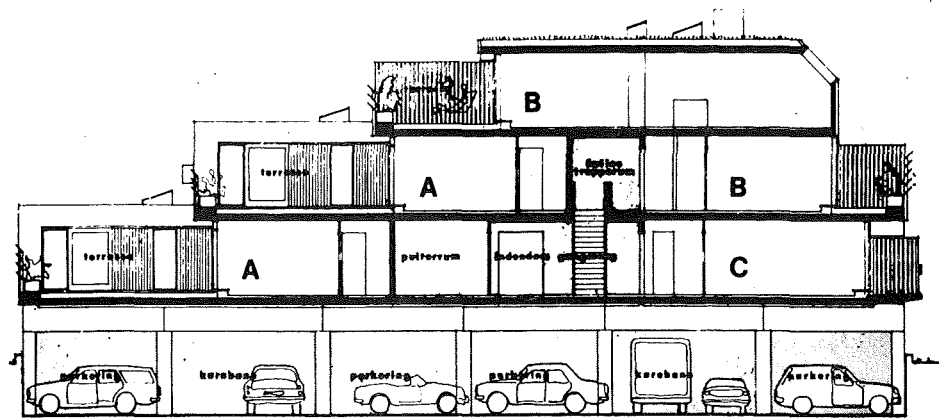
To identiske vestvendte 4-rums lejligheder, vinkelformede omkring en terrasse, placeret i stue og på 1.sal. 1. sals lejligheden er rykket 7,2 m ind i forhold til stueetagen.

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 17 ses et bærende system, opbygget af søjler og dækelementer. Systemet kan kun optage lodrette kræfter og må sup-



Figur 16.

BÆRENDE
TVÆRVÆGGE,

variant som
anvendt på
Farum Midt-
punkt.

pleres med afstivende elementer (på figur 17 i form af trappehuset med betonelementvægge).

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 19).

Lemming & Erikssons Krydsribbedæksystem

Firmaet Lemming & Eriksson har analyseret kravene til et sådant krydsribbedæk i forbindelse med udviklingen af det nedenfor omtalte krydsribbedæksystem (figur 18 og 19).

Figur 18 viser, hvorledes et krydsribbedæksystem logisk løser en række almindelige funktionskrav.

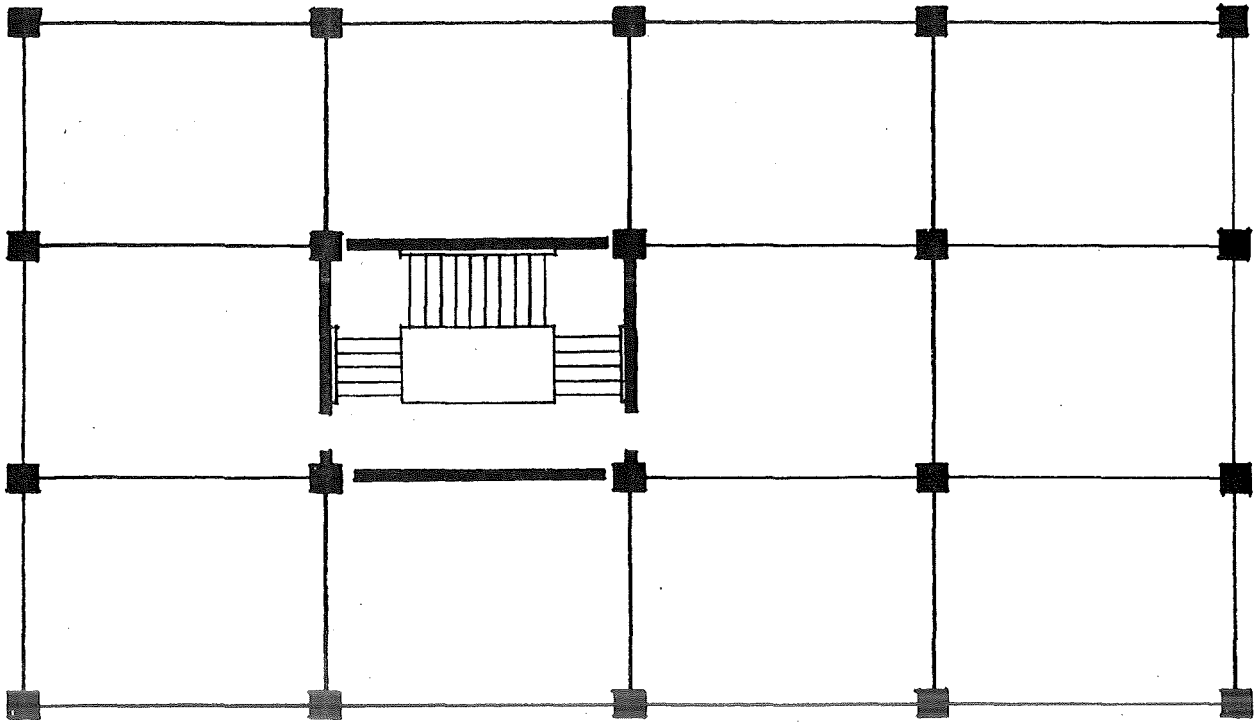
Dækelementerne er indtil 30M x 60M store med ribber pr. 6M i begge retninger. Dækkene kan understøttes på flere måder, se figur 19:

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

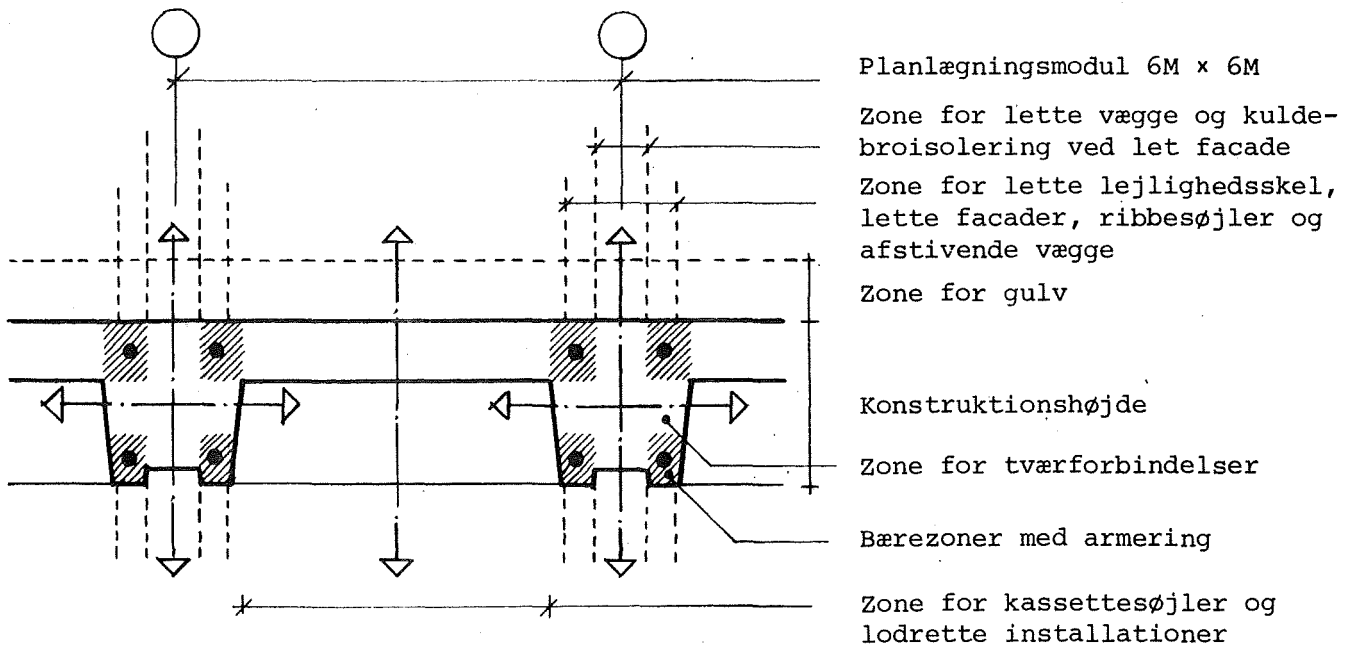
På søjler ("kassette-søjler") hvis top er udformet, så lasten overføres fra 4 ribber til søjlehovedet.

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.

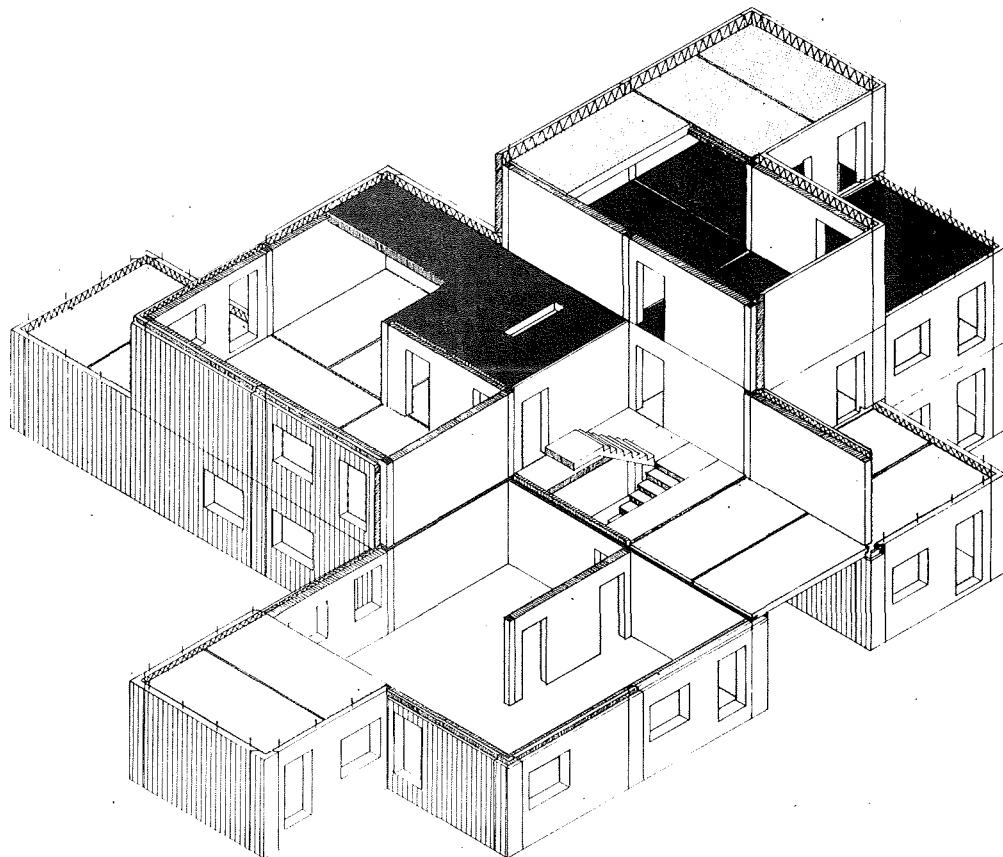


Figur 17. SØJLE-PLADE-SYSTEM

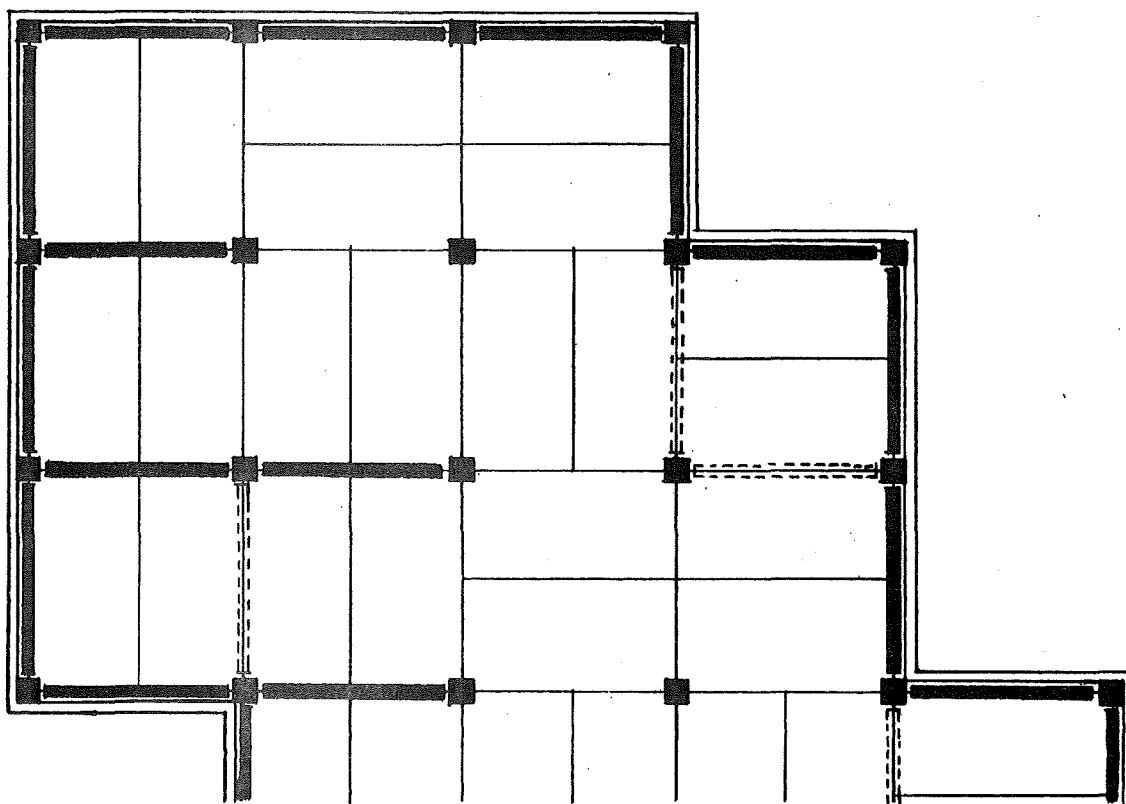


Figur 18. FUNKTIONSKRAV TIL KRYDSRIBBEDÆK (Lemming & Erikssons analyse) smlgn. figur 19.

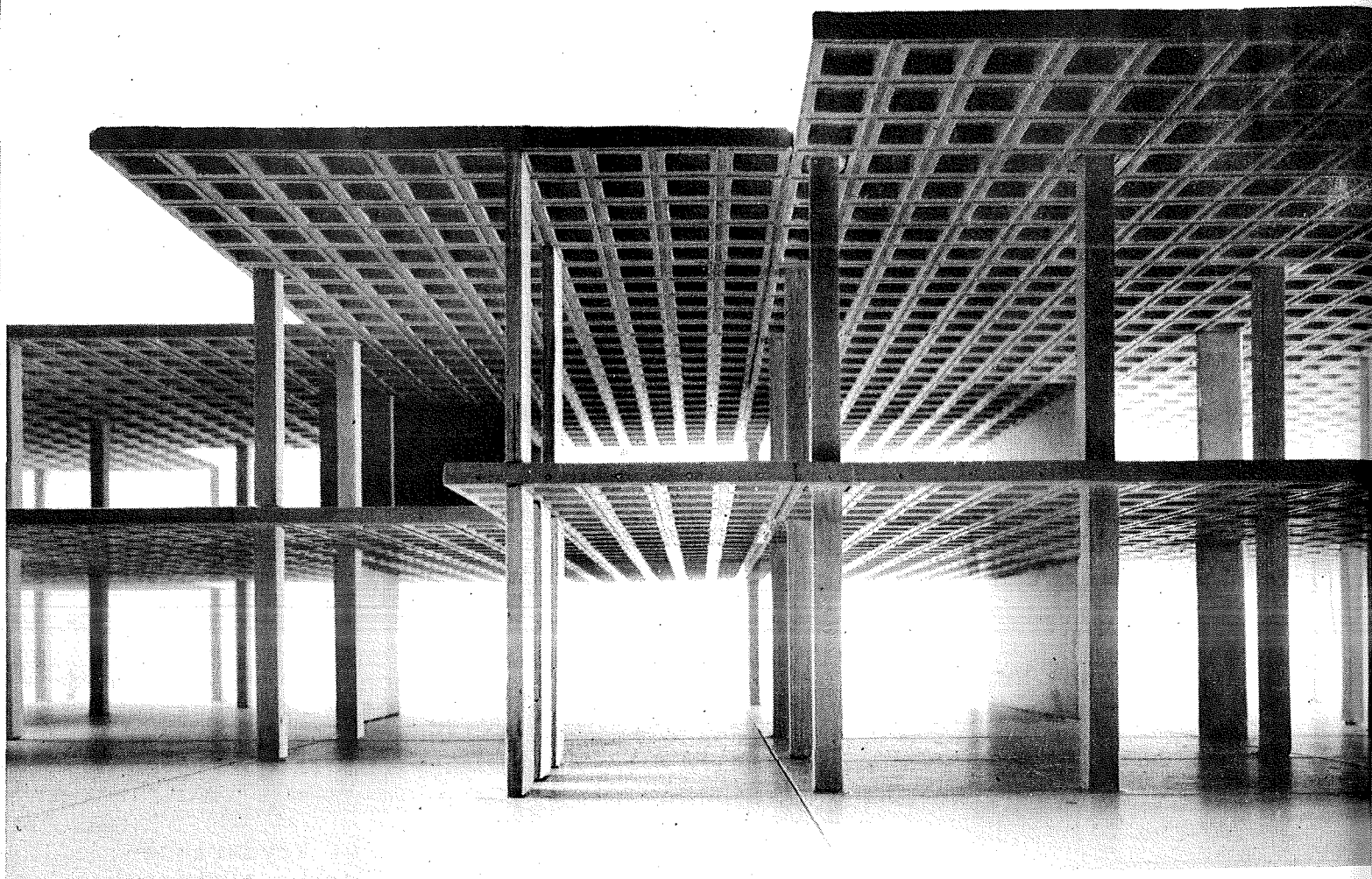
Pilene angiver zoner, hvori installationer kan føres. Den lodrette zone kan etableres senere ved borthugning af dækelementets beton.



Figur 20. ISOMETRI AF "TERRAFORM"-SYSTEMET
(Rådgivende Ingeniørfirma I-68)



Figur 21. "TERRAFORM"-SYSTEMETS PRINCIP



Figur 19. KRYDSRIBBEDÆKSYSTEMET

(Rådgivende Ingeniørfirma Lemming & Eriksson A/S)

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.

Variant af plade-søjle-systemet

med afstivende, men ikke-bærende (!) vægge

Det på figur 20-25 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).

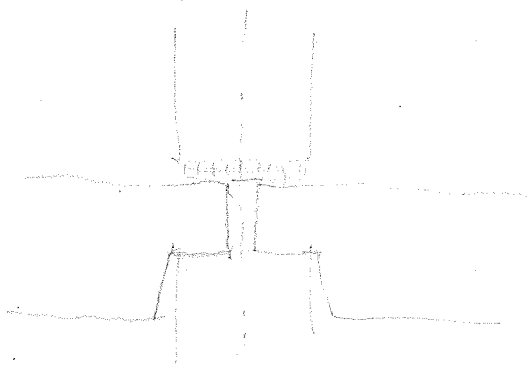
De to dækelementer afleverer deres last til en væg mellem søjlerne. Denne væg er ophængt på søjlerne og overfører sin egen vægt og dækelementernes last til søjlerne, men ikke til den nedenunderstående væg. De to dækelementer kan også aflevere deres last til nabofeltets dækelement, hvis dette spænder i den modsatte retning (vinkelret herpå).

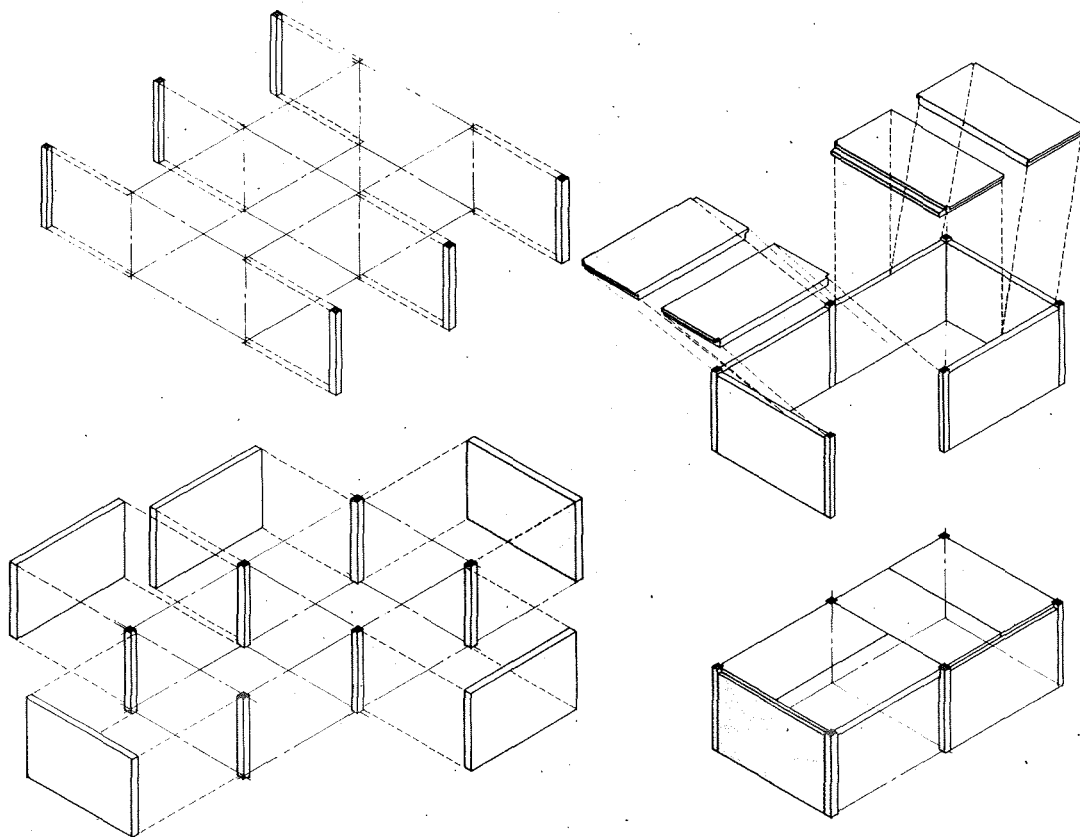
De enkelte dækelementer er derfor enten belastede og simpelt understøttede i begge ender, således som vi kender dem, eller også er de nok simpelt understøttede i begge ender, men skal yderligere optage last fra dækelementer, der spænder vinkelret på det pågældende dækelements bæreretning.

Plade-søjler-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.

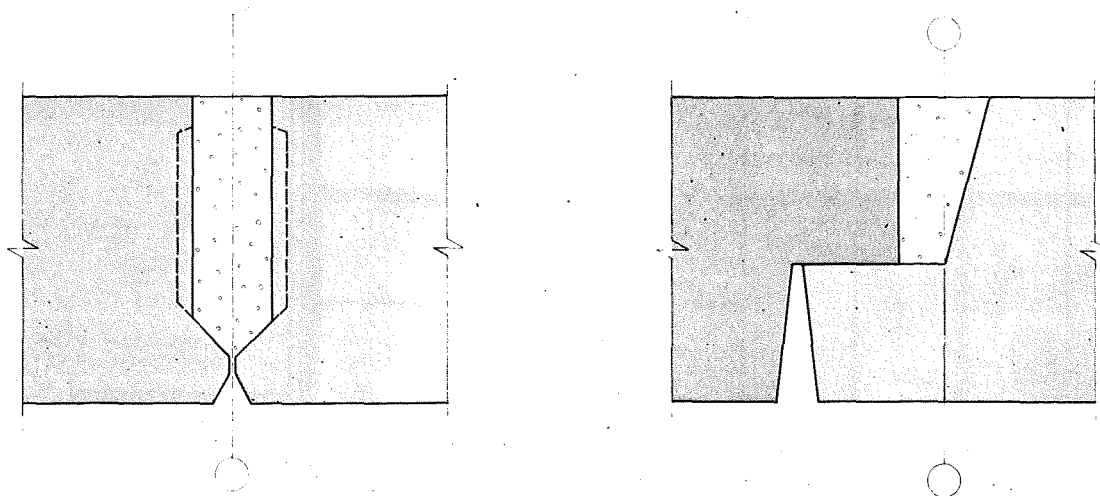
Ved dette system opnås, at de bærende vægge i de enkelte etager ikke behøver at være placeret lodret over hinanden og følgelig, at planløsningen i de enkelte etager ikke behøver at være ens. Etagearealet er naturligvis oftest aftagende fra etage 1 til etage 3 eller 4.





Figur 22. 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 23. DÆK-DÆK-FUGER I "TERRAFORM"-SYSTEMET, 1:5.

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.

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

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.

Søjler

Søjlerne findes derfor i nogle få varianter, afhængigt af det antal vægge, der skal ophænges på den pågældende søjle, sammenlign figur 24, venstre del.

Dæk

Dækkene findes som "normale" enkeltspændende dæk eller som dæk med belastning langs kanter fra andre dæk. Figur 23 viser de to principielle dæk-dæk fuger.

Vægge

Væggene varierer kun som følge af eventuelle døråbninger og el-installationer, men er ellers ens, idet søjlerne opstilles i et kvadratnet, og idet fugerne mellem væg og søjle ser ud som de på figur 25 viste fuger (når bortses fra isolering og ydre betonskiver).

Hvis væggene opstilledes i et ikke-kvadratisk rektangulært modulnet som figur 24, venstre figur, ville der have været to bredder.

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

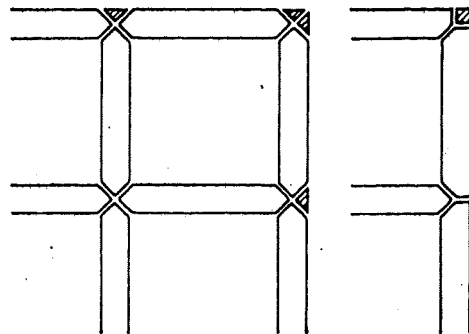
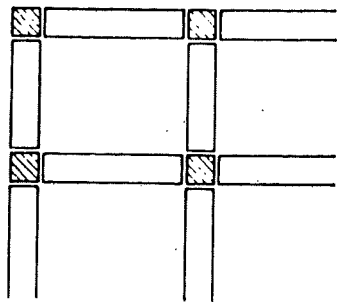
Selv om man ville lade den plane løsning og de to hjørneløsninger give sig udtryk i varianter, 6-7 forskellige, af facadeelementet, er problemet ikke let at løse rationelt, når den ene af sandwichelementets skiver forløber omkring en modullinie. Alle byggesystemer har løst det plane tilfælde og det udadgående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

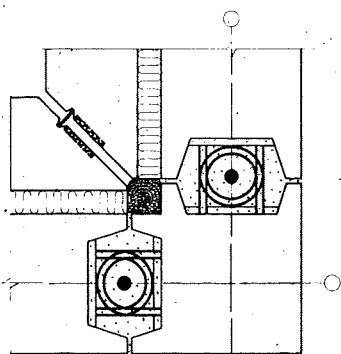
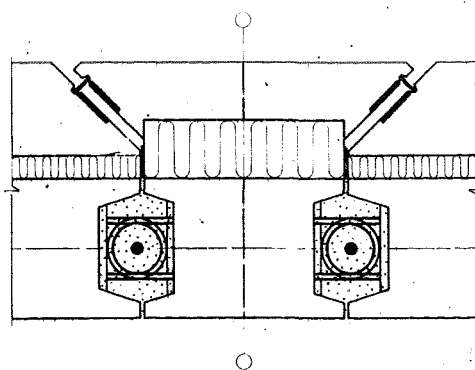
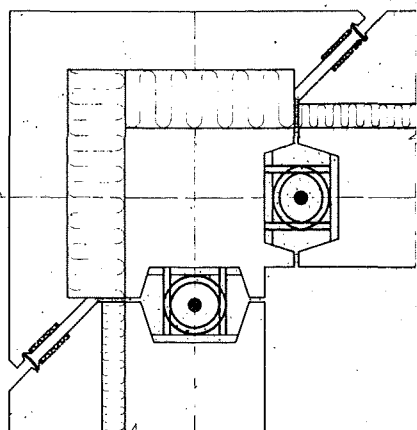
Terraformsystemet viser en interessant geometri, der løser de to hjørner og det plane tilfælde elegant. Der opstår også i dette system varianter ved facadernes møde langs de vandrette kanter med tag og terrasse.

Facadefuger

Figur 25 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 hægtet på søjlerne. Søjlerne får altså endnu et par varianter, hvor de anvendes i facaderne.



Figur 24. Se teksten, smlgn. teksten i Kompendium i Husbygning, pag. 31.



Figur 25. FACADE-SØJLE-FUGER I "TERRAFORM"-SYSTEMET, 1:10.

Plade-bjælke-søjle eller plade-ramme

På figur 26 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 lydisolerende egenskaber.

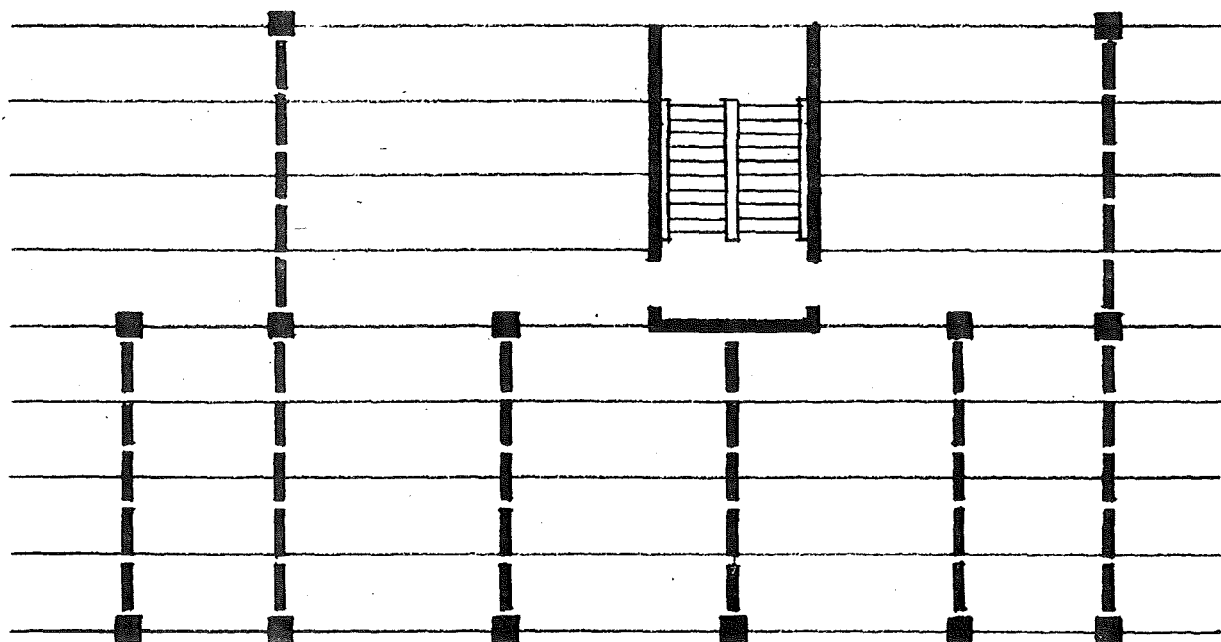
Systemet er kendt i Danmark, f.eks. i form af TVP-systemet, hvor den bærende ramme består af T-formede og vinkelformede rammelementer, samt dækelementer, d.v.s. plader (TVP), se figur 27.

Box-systemer

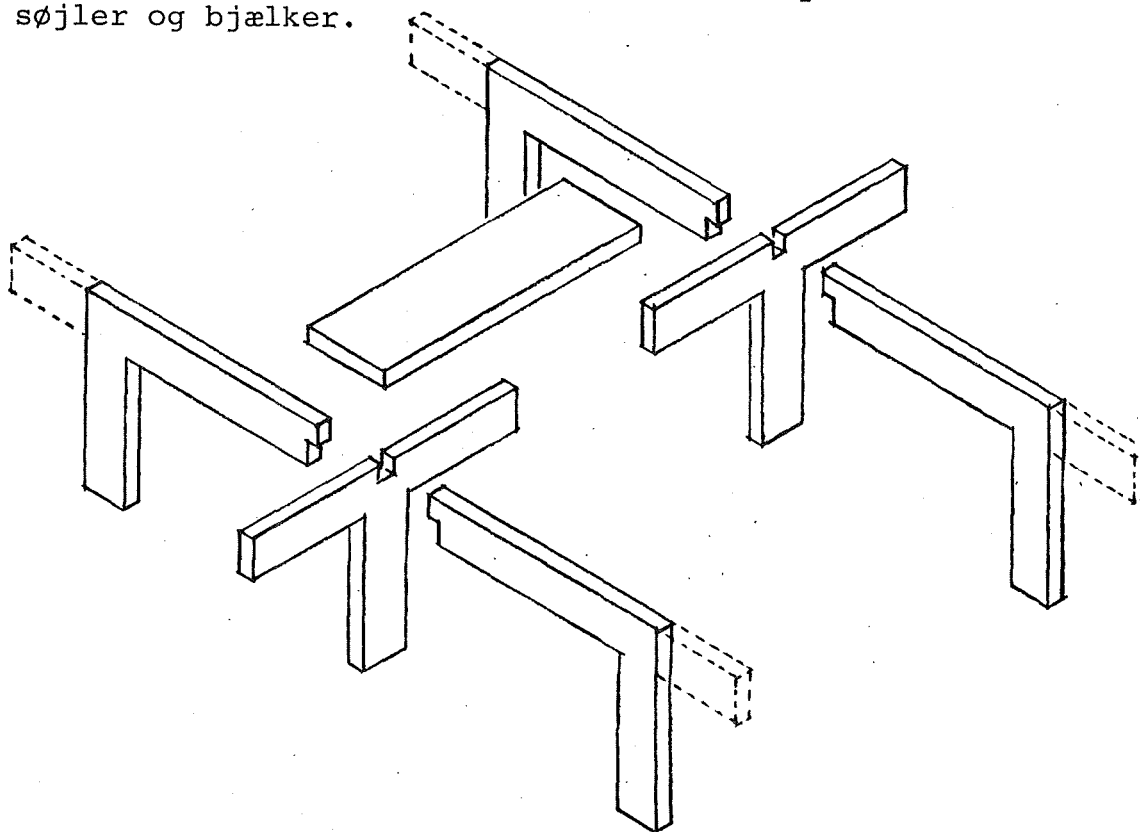
En naturlig konsekvens af ønsket om at flytte arbejdskraften fra byggepladsen til fabrikker er at udforme byggesystemet med boxe, der omfatter et helt rum. Der ved opnås, at hvert enkelt rum i lejligheden kan færdiggøres totalt fra fabrik, inklusive tapet og alt.

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



Figur 27. 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.)

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

Boxstørrelsen bliver et "rum-modul"

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.

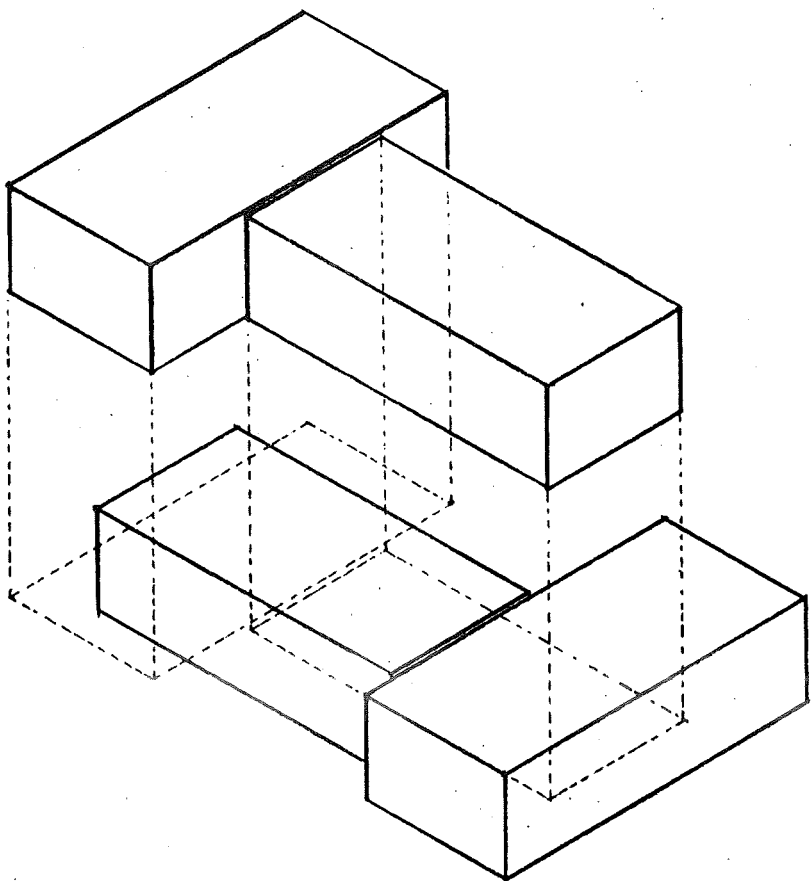
Box-produktion

På produktionssiden er boxsystemet heller ikke særligt attraktivt. De enkelte elementer har en stor volumen og kræver derfor en overordentlig stor fabriksshal, 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 politieskorte og kan således ikke danne basis for et generelt anvendeligt system.

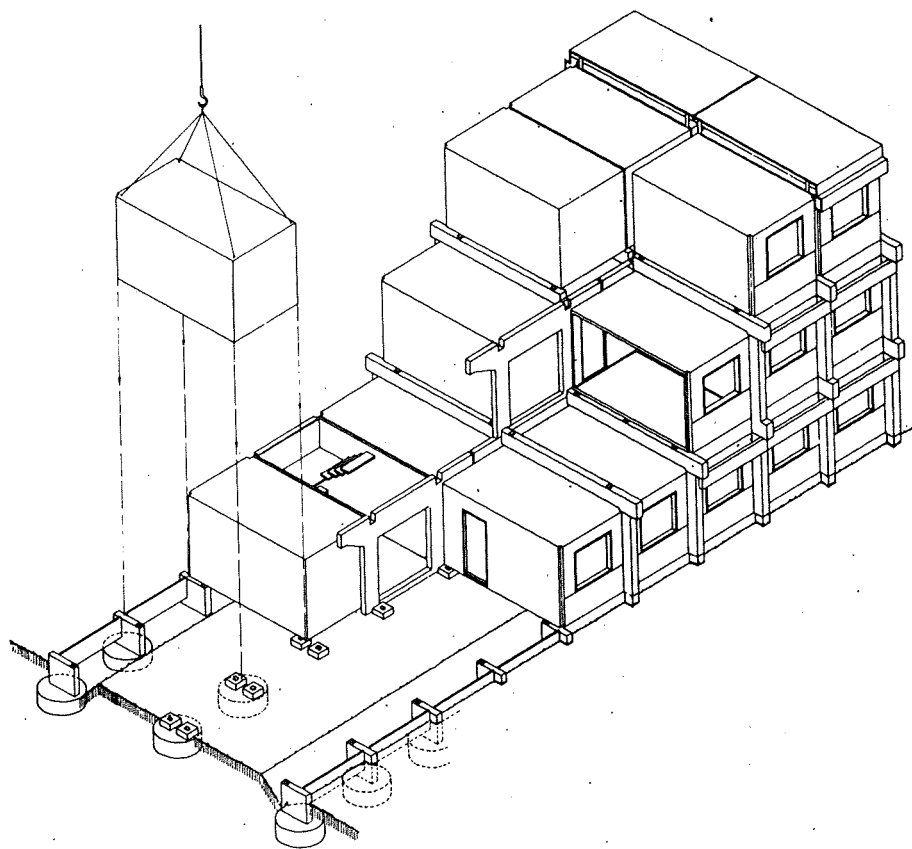
Et boxsystem kan være baseret på, at hver enkelt box er en del af det bærende system (se notatet Facadeelementer, pag.64) eller det kan udformes, så boxene er lette komponenter, der indsættes (understøttes) på et dertil udviklet rammesystem.

Conbox

Det danske Conbox-system (figur 29) er baseret på betonelementboxe med relativt tynde vægge, båret af et svært betonskelet. Dette system har een 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.



Figur 28. BOXSYSTEM MED SELVBÆRENDE BOXE



Figur 29. BOXSYSTEM MED BOXE BÅRET PÅ RAMMER (Conbox-systemet)

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 fleksibelt 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 tilgodese 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-
hedsskel

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.

Fremtidig
flexibilitet
inden for boligen

For det tredje kan kravet om flexibel lejlighedsplanindretning udvides til også at omfatte fremtidig flexibilitet, 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 "beboerflexibilitet" 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?

VVS-installationers
flexibilitet

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
flexibilitet

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 lydmassigt 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".

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.

Facadeflexibilitet

En vidtdreven flexibilitet i facadeløsningen - f.eks. tilbygningsmuligheder - kan næppe tænkes i andet end lavt 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 arbejdslønnen 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 flexibelt 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 menneskeværdige 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 industrialisi-

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. Træsystemer 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 skille vægge, 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 (?).

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. Træs systemer 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 skille vægge, 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 salt 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.

FORELÆSNINGSNOTATER UDGIVET AF

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING, DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

Nr.	Forfatter	Titel
2	Stålby, Jens E.	Jordskælvspåvirkninger i husbygningskonstruktioner, 1969
14	Hilbert, Niels-Ole og Stokbæk, K.	Betonelementproduktion, 1971
22	Pedersen, Erik	Brandteknisk vurdering af ventilationsanlæg, 1973
30	Munch-Petersen, Johs.F.	Facadeelementer, 1973
36	Jessen, Richard	Murede huse, 1974
37	Larsen, Henning	Faserne i bygningsplanlægning, 1974
39	Jessen, Richard	Etageboligen, 1974
40	Blach, Klaus, Henry W. Harrison, Johs.F.Munch-Petersen	Geometry of Joints, 1975
41	Jensen, Bjarne Chr.	Branddimensionering af konstruktionselementer i træ, 1975
42	Borchersen, Egil	Skivebygningers Statik, 1975
43	Jakobsen, Torben	Bygningsbrandlovgivningen, 1976
44	Jessen, Richard	Eenfamiliehuset, 1976
45	Munch-Petersen, Johs.F.	Varmeisolering til hus-behov, 1976
46	Munch-Petersen, Johs.F.	Huslejen = f(Pris, Politik, Produktivitet, Prioritering), 1976
47	Munch-Petersen, Johs.F.	Byggesystemets organisation og planlægning, 1976
48	Munch-Petersen, Johs.F.	Dæk- og vægelementer, 1976

De ikke nævnte numre er enten udgået, uaktuelle eller reviderede.