# Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 78 1995

## Genbrugshus i Odense

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen
Nr. 78 1995

# Genbrugshus i Odense

**Rapport vedrørende opførelse af genbrugshuset i Georgsgade, Odense**

Demex Rådgivende Ingeniører A/S

Miljø- og Energiministeriet **Miljø**styrelsen

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr. Genanvendelse og Mindre Forurenende Teknologi

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen

# Indhold

**Forord** *5*

1 **Indledning** *7*

2 **Fase III, byggeprojekt** *11*

2.1 Indhold og gennemførelse af fase III *12*
2.2 Planlægning og styring *12*
2.3 Kvalitetssikring *13*
2.4 Kontrol og tilsyn *14*

3 **Genanvendelse af materialer** *15*

3.1 Mængder af genanvendte materialer *15*
3.2 Fremskaffelse og oparbejdning af genanvendte materialer *17*
3.3 Mursten *17*
*3.3.1 Fremskaffelse 17*
*3.3.2 Oparbejdning 19*
*3.3.3 Indbygning 20*

3.4 Tilfyldning og kapillarbrydende lag (nedknust beton) *23*
*3.4.1 Fremskaffelse 23*
*3.4.2 Oparbejdning 23*
*3.4.3 Indbygning 23*

3.5 Betontilslag *23*
*3.5.1 Fremskaffelse 23*
*3.5.2 Oparbejdning 23*
*3.5.3 Indbygning 23*

3.6 Tagskifer *24*
*3.6.1 Fremskaffelse 24*
*3.6.2 Oparbejdning 24*
*3.6.3 Indbygning 24*

3.7 Træ *25*
*3.7.1 Fremskaffelse 25*
*3.7.2 Oparbejdning 26*
*3.7.3 Indbygning 28*

3.8 Vinduer og døre *29*
*3.8.1 Fremskaffelse 29*
*3.8.2 Oparbejdning 29*
*3.8.3 Indbygning 31*

3.9 Stål *32*

**4 Generelle erfaringer** *33*

4.1 Fremskaffelse og oparbejdning af genanvendte materialer *33*

4.2 Økonomi *33*
*4.2.1 Byggeri 33*
*4.2.2 Beton 34*
*4.2.3 Træ 34*
*4.2.4 Mursten og skifer 34*
*4.2.5 Konklusion 34*

4.3 Videodokumentation *35*

**5 Sammenfatning og konklusioner** *36*

5.1 Mursten *36*
5.2 Skifer *37*
5.3 Træ *38*
5.4 Knust beton og tegl *38*
5.5 Konklusion *39*

Tillæg I Følgegruppe *41*
Tillæg II Tegninger *45*
Tillæg III Aktivitetsprogram for oparbejdning af bygningsmaterialer *55*
Tillæg IV Specifikation af genbrugsmaterialer *59*
Tillæg V Grundstensdokument *79*
Tillæg IV DTI: Materialeprøvninger *81*
Tillæg VII Referencer *103*

# Forord

En projektgruppe bestående af repræsentanter for:
- Miljøstyrelsen,
- Odense Kommune,
- Byfornyelsesselskabet ODENSE,
- Andelsboligforeningen Højstrup,
- Arbejderbo A.m.b.a.,
- Arkitekt M.A.A. Torkild Kristensens Tegnestue A/S
- Axel Nielsen - Carl Bro as Rådgivende Ingeniører F.R.I. og
- DEMEX Rådgivende Ingeniører A/S,

har i perioden 14.05.1992 - 01.11.1994 gennemført et projekt vedrørende renere teknologi og genanvendelse i forbindelse med byfornyelse i Odense.

Projektet er udført med støtte fra Rådet vedrørende Genanvendelse og Mindre Forurenende Teknologi.

Denne rapport omhandler projektets fase III: Opførelse af et almennyttigt byggeri i Odense, samt planlægning og undersøgelser i forbindelse med gennemførelse af forsøgsprojektet, herunder fremskaffelse, oparbejdning og indbygning af genanvendte materialer.

København Juni 1995
DEMEX Rådgivende Ingeniører A/S

Niels Strufe

# 1 Indledning

Demonstrationsprojektet "Genbrugshus i Odense" er gennemført i tre faser. I fase I, forprojektet, blev der gennemført forundersøgelser vedr. genanvendelse af byggematerialer. Fasen er afrapporteret i DEMEX rapport af 09.10.1991 [1]. Fase II, jf. DEMEX rapport af 21.05.1992 [2], omhandlede projektering og fremskaffelse af genanvendte materialer. På baggrund af de udførte undersøgelser og indhøstede erfaringer fra disse to faser har projektgruppen gennemført fase III, gennemførelse af byggeprojekt.

Formålet med nærværende projekt har været, at gennemføre et fuldskala forsøgsprojekt vedrørende opførelse af et byggeri i en lokal byfornyelse med henblik på størst mulig genanvendelse af bygningsmaterialer.

Demonstrationsprojektet har omfattet opførelse af et almennyttigt boligbyggeri på hjørnet af Georgsgade og Carlsgade i Odense samt planlægning og undersøgelser i forbindelse med gennemførelse af nærværende forsøgsprojekt, herunder de aktiviteter der er forbundet med fremskaffelse, oparbejdning og indbygning af genanvendte materialer.

Byggeadministrationen blev af bygherren, Andelsboligforeningen Højstrup, overdraget til Arbejderbo A.m.b.a., og projekteringen af byggeprojektet blev overdraget til en teknikergruppe bestående af:
- Arkitekt M.A.A. Torkild Kristensens Tegnestue A/S
- Axel Nielsen - Carl Bro as Rådgivende Ingeniører F.R.I.

Opførelsen af selve byggeriet blev udført i hovedentreprise af entreprenørfirmaet Højgaard & Schultz Afdeling Fyn. Planlægning og undersøgelser blev udført af en projektgruppe bestående af repræsentanter for:
- Miljøstyrelsen
- Odense Kommune
- Byfornyelsesselskabet ODENSE
- Andelsboligforeningen Højstrup
- Arbejderbo A.m.b.a.
- Arkitekt M.A.A. Torkild Kristensens Tegnestue A/S
- Axel Nielsen - Carl Bro as Rådgivende Ingeniører F.R.I.
- DEMEX Rådgivende Ingeniører A/S.

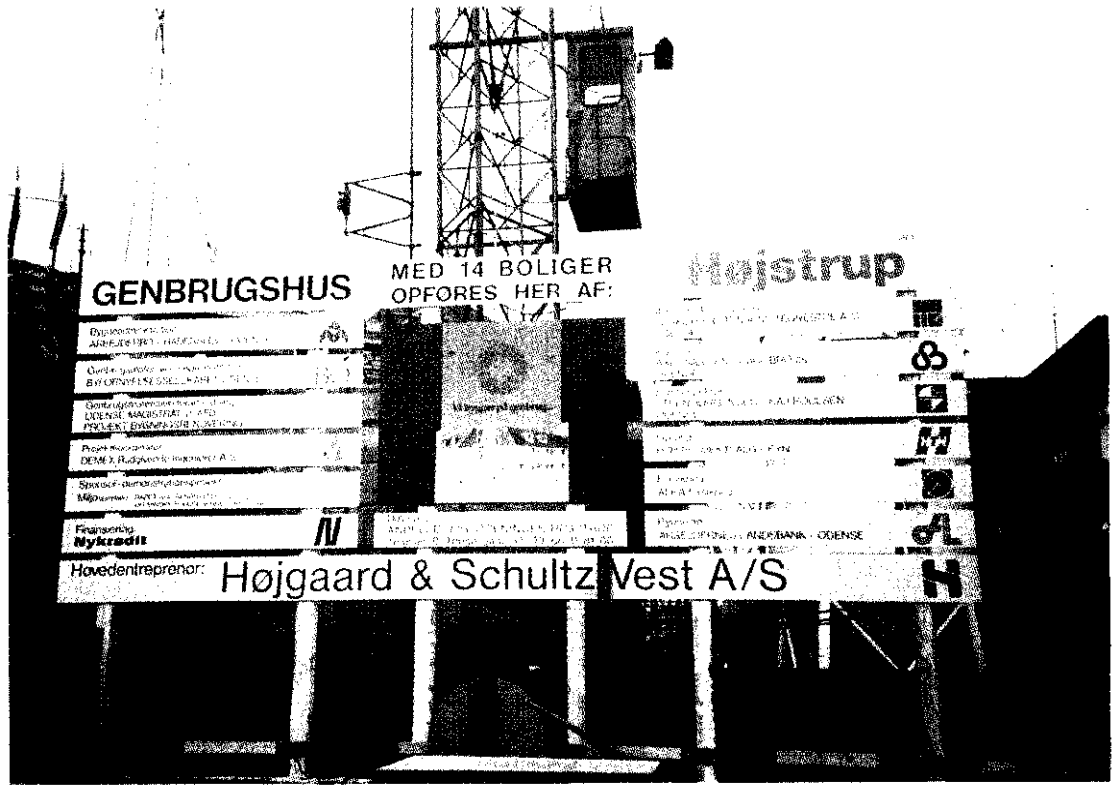



*Fig. 1.1.* *De implicerede parter i "Genbrugshuset" i Odense.*

*Fig. 1.2.* *Følgegruppens medlemmer foran Genbrugshuset.*

I overensstemmelse med Miljøstyrelsens betingelser for tildeling af støtte, blev der nedsat en følgegruppe med en repræsentant for Miljøstyrelsen som formand og repræsentanter for projektdeltagere, faglige organisationer og eksterne observatører samt andre relevante parter og interessegrupper. Følgegruppens sammensætning fremgår af tillæg I.

Gennemførelsen af projektet er koordineret af en projektgruppe bestående af Byfornyelsesselskabet ODENSE, Andelsboligforeningen Højstrup (bygherre), Odense Kommune og DEMEX Rådgivende Ingeniører A/S samt teknikergruppen.

Tidsforløbet for gennemførelse af projektet "Genbrugshus i Odense" ses afbildet i figur 1.3.

Projektet er gennemført i tilknytning til lignende demonstrationsprojekter, "Det Genanvendte Hus" i Korsgade, København, samt "Det Genanvendte Hus" på Vimmelskaftet i Horsens.
Nærværende rapport er en afsluttende afrapportering af de aktiviteter, der har været gennemført i forbindelse med forsøgsprojektets fase III, opførelse af byggeri.

Projektet blev internationalt præsenteret første gang i forbindelse med afholdelse af "Third International RILEM[1] Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry" der afholdtes i Odense d. 24-27. oktober 1993.

[1] Réunion Internationale des Laboratories d'Essais et de recherches sur les Matériaux et les Constructions/International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures.

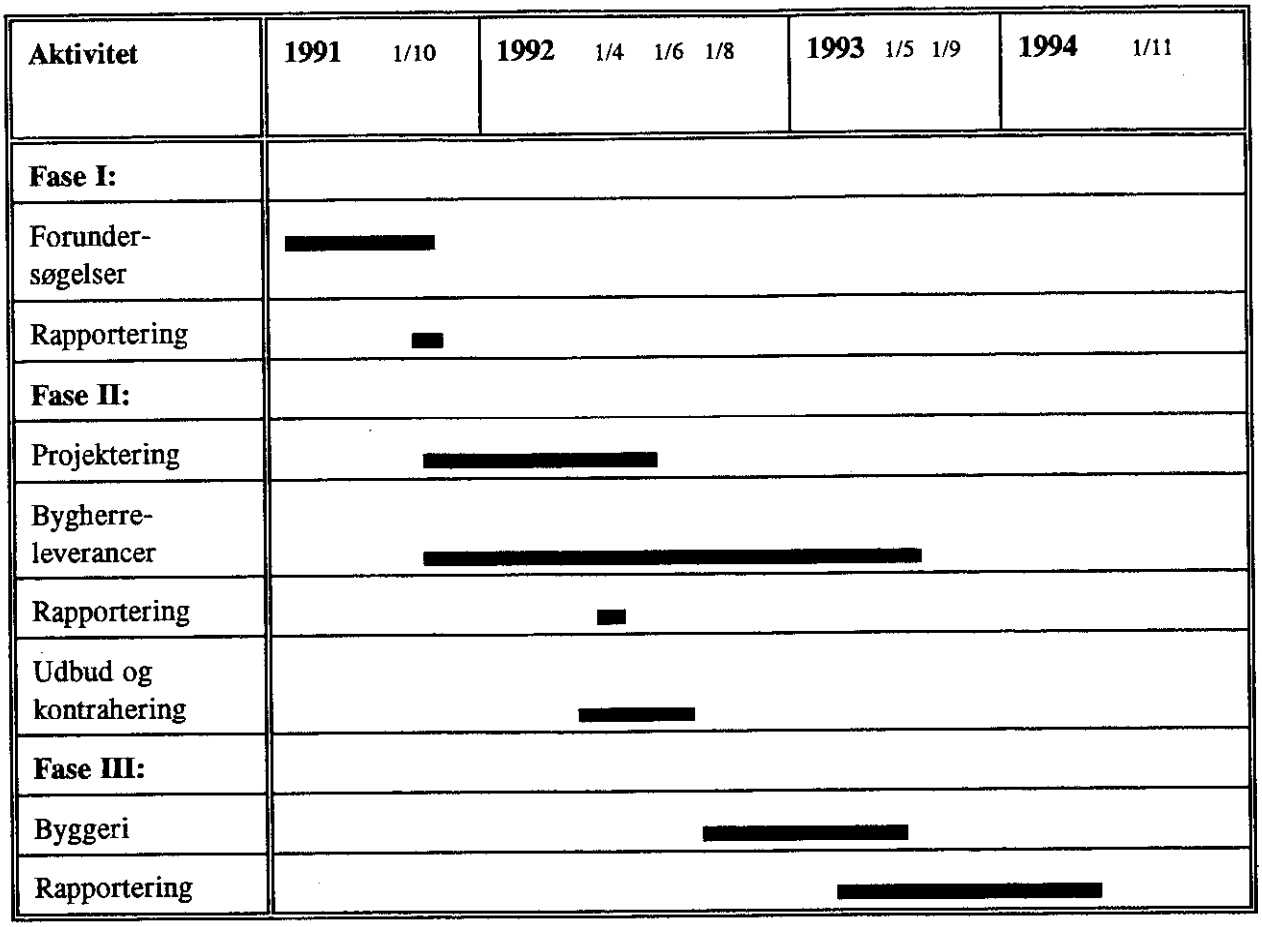



*Fig. 1.3.* *Tidsforløb for gennemførelse af demonstrationsprojekt "Genbrugshus i Odense".*

# 2 Fase III, byggeprojekt

Byggeprojektet blev udført i overensstemmelse med de sædvanlige retningslinier, jf. lov om offentlig støttet byggeri efter lov om boligbyggeri, og koordineret samt tilpasset forsøgsprojektet og de øvrige "Genanvendte Hus"-projekter i København og Horsens. Beskrivelse af projektet fremgår af tillæg II.

Som en markering af, at demonstrationsprojektets målsætning med opførelse af et forsøgsbyggeri var nået, blev dette festligholdt med en grundstensnedlæggelse. Ved dette arrangement indmuredes, med genanvendte mursten, et grundstensdokument hvis indhold fremgår af tillæg V til nærværende rapport.

Ved grundstensarrangementet deltog, foruden projekt- og følgegruppe, repræsentanter fra Odense Kommune, entreprenøren mv.

*Fig. 2.1.* *Formanden for følgegruppen, Lars Søborg, Miljøstyrelsen, indmurede grundstensdokumentet med genanvendte mursten, d. 30. oktober 1992.*

Genbrugshuset stod færdigt i august 1993 og de første beboere flyttede ind d. 1. september.

## 2.1 Indhold og gennemførelse af fase III

I tilknytning til opførelsen af byggeriet, og sideløbende med det normale arbejde der er forbundet hermed, blev følgende aktiviteter gennemført i demonstrationsprojektet:

- Planlægning og styring af alle demonstrationsprojektets aktiviteter indtil byggeriet var afsluttet herunder
  - Indhentning af evt. nødvendige dispensationer og myndighedgodkendelser
  - Koordinering af resultater fra projekterne i København og Horsens samt implementering af resultater og erfaringer i nærværende projekt.
  - Informationsformidling til presse og myndigheder m.v.
- Kontrol og tilsyn ved fremskaffelse, udtagning og oparbejdning af genanvendte materialer samt indsamling af dokumentations-materiale til brug for kvalitetssikring af de genanvendte materialer.
- Udførelse og dokumentation af svampeundersøgelser samt trykstyrke- og andre klassificeringsforsøg af de enkelte materialefraktioner.

## 2.2 Planlægning og styring

Der har igennem projektet ialt været afholdt 6 projektgruppemøder og 5 følgegruppemøder. Herudover har der været afholdt diverse arbejds-gruppemøder mellem de involverede parter samt koordineringsmøder med de øvrige "Genanvendte Hus"-projekter.

Fremskaffelse af de genanvendte materialer har primært været forestået af Byfornyelsesselskabet ODENSE.

Oparbejdning og levering af genanvendelsesmaterialer er hovedsageligt udført af Odense Kommune som beskæftigelsesprojekter.

## 2.3 Kvalitetssikring

Der blev til projektet udarbejdet en principiel kvalitetssikringsplan, med kontrolprocedurer, der skulle anvendes ved fremskaffelse af genanvendelige materialer. Kvalitetssikringsplanen omfattede kvalitetssikringssystem for udpegning, udtagning (selektiv nedrivning), og oparbejdning af de genanvendte materialer. Kvalitetssikringsplanen omhandlede endvidere også kvalitets- og kontrolniveauer ved levering af materialerne som byggherreleverancer. Aktivitetsdiagram for oparbejdning og kontrol af genanvendte byggematerialer fremgår af tillæg III.

I forbindelse med dækning af skader opstået i forsøgsbyggeri, meddelte Byggeskadefonden på forespørgsel i brev af 25. marts 1992, at der var mulighed for forsøg, jf. såvel "Cirkulære om kvalitetssikring af bygningsarbejder" af 12. november 1986 som "Bekendtgørelse om skadedækning fra Byggeskadefonden" af 7. oktober 1991.

Følgende krav skulle være opfyldt, for at byggeriet kunne betegnes som forsøg, hvor evt. skader kunne dækkes af Byggeskadefondens midler:

- Aftale om forsøg dokumenteres
- Forsøgets omfang og begrænsning dokumenteres
- Hvad forsøget gik ud på og hvem der deltog, dokumenteres
- Økonomisk støtte og støttegiver oplyses
- Forsøgets resultater rapporteres.

Endvidere blev det anført, at dokumentation på kvalitetssikring af de enkelte bygningsdele under projektering og udførelse skulle gennemføres i et sådant omfang, at kravet om anvendelse af god kvalitetssikringsskik kunne anses for at være opfyldt.

De ovenstående krav svarede principielt til de krav, der blev stillet fra nærværende projekts hovedsponsor, Miljøstyrelsen, og ville for en stor dels vedkommende derfor være opfyldt, bl.a. med nærværende rapport.

## 2.4 Kontrol og tilsyn

Da byggeri med genanvendte byggematerialer stadig er usædvanligt i Danmark, har et af de store spørgsmål for alle materialernes vedkommende været at definere nogle rimelige krav til materialernes egenskaber (styrke mv.) og kontrollere at disse opfyldes.

Der anvendes på nuværende tidspunkt eksisterende standarder og/eller normer for krav til nye materialer.

I figur 2.2. indgår de bygningsdele og de heri indgående genanvendte materialer, sammen med de standarder og normer der beskriver kravene til materialerne, og som er specificeret i udbudsmaterialet, som indgår i genbrugshuset i Odense.

| Bygningsdel | Genanvendt materiale | Specifikationer/kontrol |
|---|---|---|
| Drænlag | Knust beton | Specifikationer for kornkurver, indhold af organisk materiale samt maksimale kapillære stighøjde. |
| Betontilslag | Knust beton og tegl | "Dansk Betonforenings anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse". |
| Armeringsjern | Omsmeltet jernskrot | ISO 630.<br>Fe 360, KS550S |
| Vægge | Rensede mursten | Tilstand: Visuel kontrol.<br>Styrkekrav: DS 433 |
| Gulve | Brugte gulvbrædder | Tilstand: Visuel kontrol<br>Styrkekrav: DS 413 |
| Indvendige døre | Istandsatte døre | Visuel kontrol |
| Vinduesrammer | Tilskåret træ | Visuel kontrol |
| Andet snedkertræ | Tilskåret træ | Visuel kontrol |
| Tagkonstruktion | Tilskåret træ | Visuel kontrol<br>Styrkekrav: DS 413 |
| Tagbeklædning | Genbrugt skifer | Tilstand: Visuel kontrol efter afrensning og afskæring |

*Fig. 2.2.* *Anvendte specifikationer og kontrolmetoder for genanvendte bygningsmaterialer. Se endvidere tillæg IV.*

# 3 Genanvendelse af materialer

## 3.1 Mængder af genanvendte materialer

Nedenstående skema, fig. 3.1. og skitse fig. 3.2., viser opgørelse af de mængder af genanvendte materialer, der er anvendt til byggeriet af "Genbrugshus i Odense". Opgørelsen er foretaget på baggrund af "Specifikation af genbrugsmaterialer" tillæg IV til nærværende rapport, samt supplerende oplysninger om ændringer i det faktiske materialeforbrug, efterhånden som byggeriet skred frem. De mængder af genanvendte materialer, der er indgået i byggeriet udgør ca. 450 $m^3$ der kan betragtes som sparet lossepladskapacitet på Fyn. Fremskaffelse og ledelse af de processer, der var nødvendige for at kunne levere de rette mængder genanvendte materialer rettidigt til byggeriet blev forestået af Byfornyelsesselskabet ODENSE i samarbejde med Odense Kommune.

| Materiale: | $m^3$ | ton/$m^3$ | ton |
|---|---|---|---|
| Tilfyldning | 75 | 1,7 | 128 |
| Betontilslag (nedknust beton) | 93,8 | 2,4 | 225 |
| Betontilslag (nedknust tegl) | 66,7 | 2,1 | 140 |
| Facadetegl | 71 | 1,8 | 128 |
| Indervægstegl | 74,5 | 1,8 | 134 |
| Konstruktionstræ | 17,1 | 0,5 | 9 |
| Gulvstrøer og lægter | 8,8 | 0,5 | 4 |
| Gulvbrædder | 1,4 | 0,5 | 1 |
| Snedkertræ | 2,5 | 0,5 | 1 |
| Forskalling | 6,7 | 0,5 | 3 |
| Indvendige døre | 11,6 | 0,5 | 6 |
| Vinduer og udv. døre | 22,3 | 0,5 | 11 |
| Naturskifre | 4,2 | 2,7 | 11 |
| Sum | 455,6 | | 801 |

*Fig. 3.1. Mængder af genanvendelsesmaterialer der er indbygget i "Genbrugshus i Odense".*

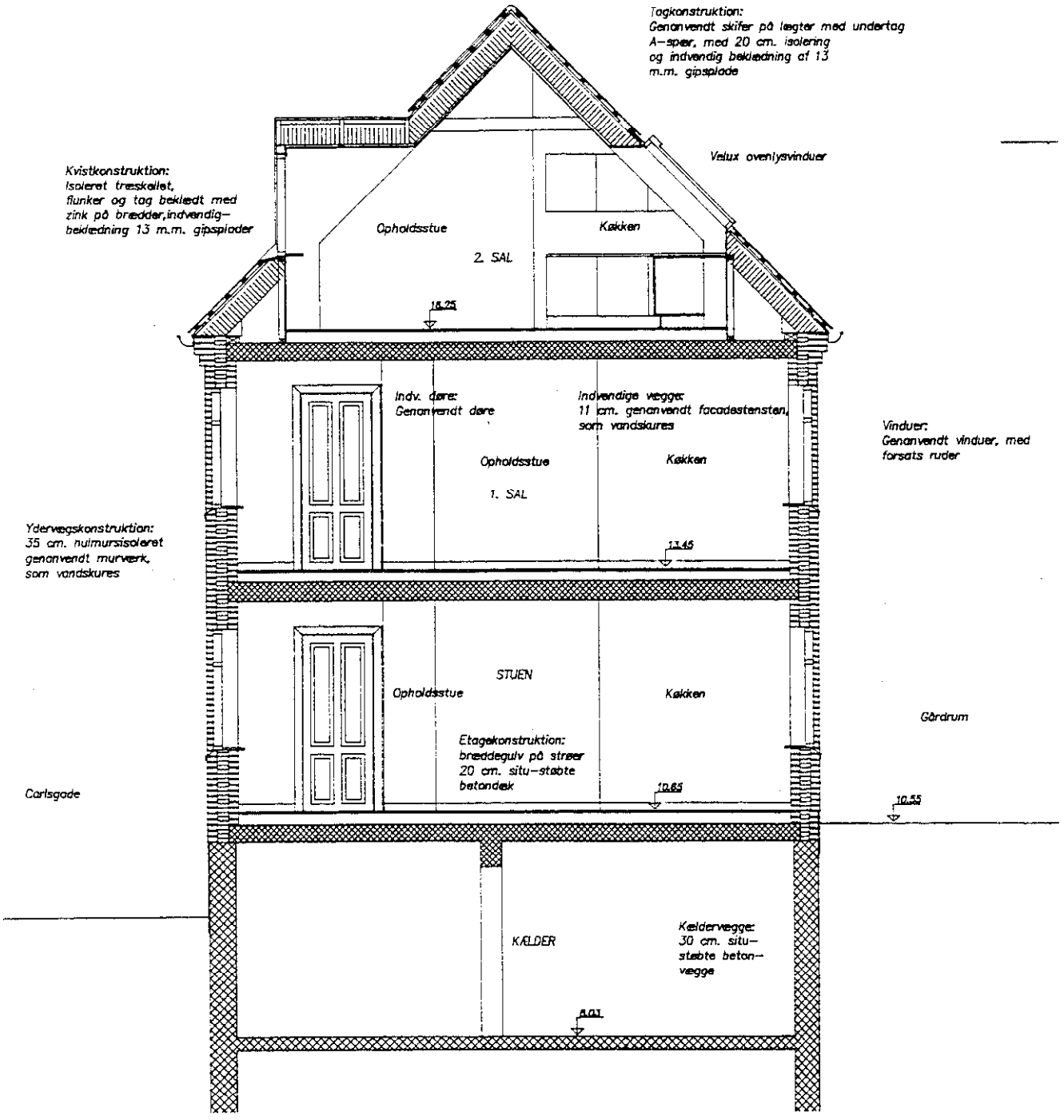



*Fig. 3.2. Genanvendte materialer i Genbrugshuset.*

## 3.2 Fremskaffelse og oparbejdning af genanvendte materialer

På baggrund af DEMEX fase II rapport [2] og specifikation af genbrugsmaterialer, jf. tillæg IV, blev der foretaget gennemgang af relevante nedrivningsprojekter og forhandlinger med de respektive parter om levering af egnede materialer til forarbejdning efter nærmere aftale med bygherren.

## 3.3 Mursten

### 3.3.1 Fremskaffelse

Murstenene til såvel de udvendige som indvendige vægge blev udtaget fra to nedrivningsprojekter i Odense, Pantheonsgade 9-11 og Frederiksgade 16-18.

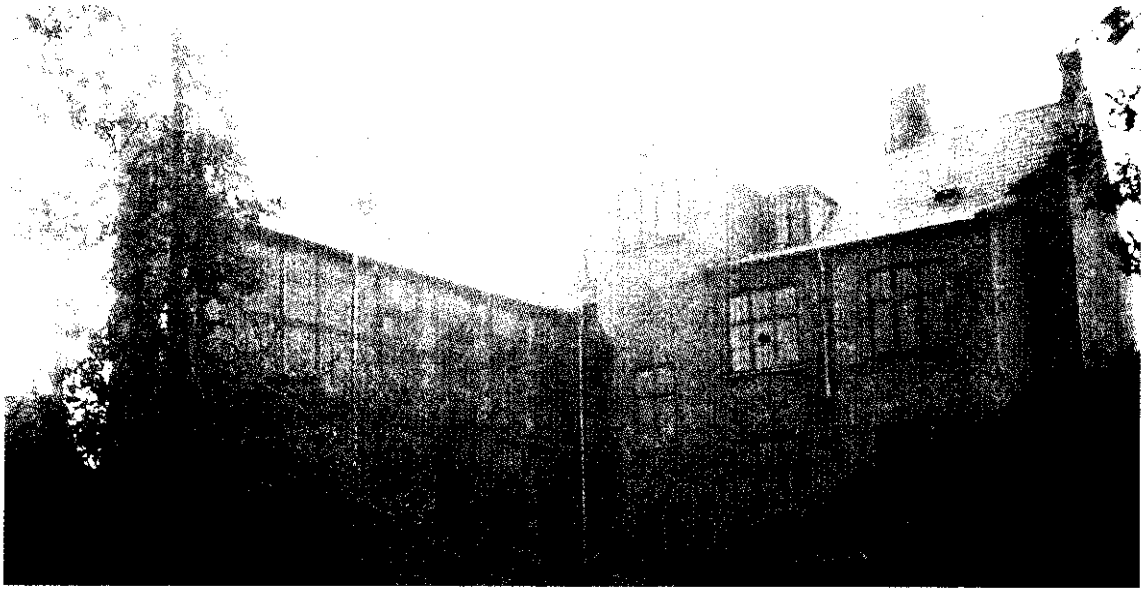


*Fig. 3.3. Frederiksgade 16-18 inden nedrivning.*

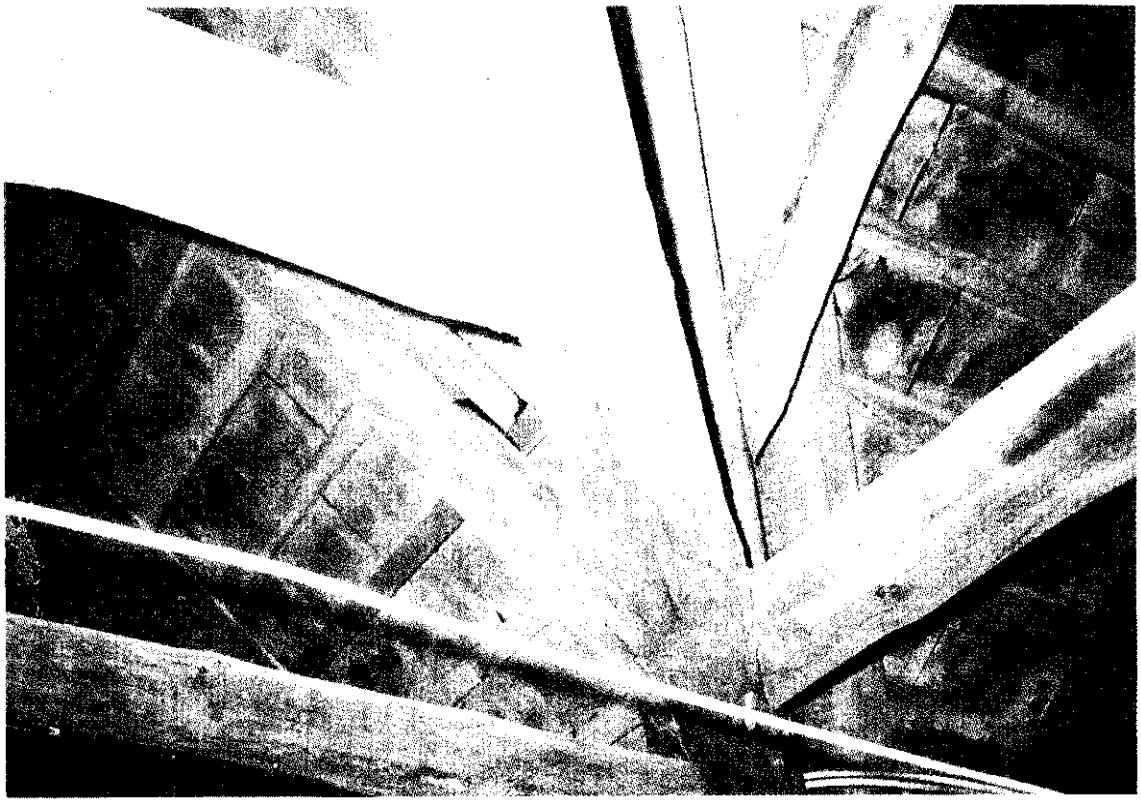


*Fig. 3.4. Tagkonstruktionen i Pantheonsgade 9-11.*

Et problem forbundet med brugen af genanvendte mursten er, at det kræver tid og ressourcer, at sortere stenene i for- og bagmursten under nedrivningen. Denne sortering er bl.a. nødvendig, fordi sten som tidligere har været anvendt i ydermure kun kan forventes at være frostsikre. De sten, der tidligere havde været brugt i indervægge, blev planlagt anvendt i indervæggene i Genbrugshuset.

Under nedbrydningsarbejdet blev en del sten fra for- og bagmure, udhuse, trappeopgange og skillevægge blandet. Det var herefter vanskeligt at sortere stenene, specielt da en del af murværket var massiv mur.

Der blev udtaget sten til styrkeforsøg hos DTI-Murværkscentret. Resultaterne af de første forsøg viste en spredning i stenklasser fra 0 til 28, og stenene kunne derfor ikke klassificeres som anvendelig til bærende vægge, men kun i skillevægge, skalmure o.lign., hvilket dog også udgjorde den største mængde. Facadetegl udgjorde således alene ca. 50% (71m$^3$) af den samlede mængde mursten.

Efterfølgende udførtes på DTI-Murværkscentret forsøg med opmurede 6 skifter høje 1-stenspiller og beregning af de karakteristiske værdier i henhold til de i DS 438.14, "Bestemmelse af murværks basistrykstyrke" [3] givne retningslinier. I forsøgene indgik afprøvning af forskellige mørteltyper og -blandinger. De udførte forsøg og resultater fremgår af tillæg VI.

Der udførtes forsøg med forskellige mørtelblandinger. For murværk opmuret med mørtelblandingen KC 50/50/750 opnåedes trykstyrker med en karakteristisk værdi fra 4,89 MPa til 7,10 MPa (dette svarer til en spredning i stenklassen fra 10 til 22). Det kunne således lade sig gøre at opføre bærende bagmure på 1. sal. Stenenes bøjningstrækstyrker blev ikke afprøvet, idet de statiske beregninger baseredes på, at al vindlast overføres til bagmuren. Stenenes frostfasthed blev heller ikke afprøvet. DTI/Murværkscentret har endnu ikke nogen sikker metode til bestemmelse af frostfasthed, men anbefaler en omhyggelig sortering som den bedste metode på nuværende tidspunkt.

### 3.3.2 **Oparbejdning**

Odense Kommune forestod oparbejdning af de genanvendte sten herunder rensning, sortering, palletering og levering. De ialt ca. 100.000 stk. mursten blev renset i hånden og derpå sorteret, pakket i plast, opbevaret og leveret på paller.

Det var oprindelig hensigten at foretage maskinel afrensning af stenene fra Pantheonsgade, men det viste sig ikke muligt at fremstille og færdiggøre en maskine til formålet.

Oparbejdningen foregik således ved håndrensning, hvor der primært blev anvendt ufaglært arbejdskraft. Dette medførte en vanskeliggørelse af sorteringen af stenene samt en lang tids bearbejdning, hvilket gjorde processen økonomisk urentabel såfremt den skulle udføres i erhvervsmæssig regi. Odense Kommune, leverede som beskæftigelsesprojekter den nødvendige mandskabskraft.

Den efterfølgende opbevaring og indpakning var i relation til byggeriet ikke tilfredsstillende. Efter rensningen og sorteringen blev stenene palleteret. Pallerne blev opbevaret udendørs og det viste sig, at indpakningen ikke var tæt. Indpakningen tillod regnvand at trænge ind, og hindrede tørring af stenene, hvilket medførte for stor fugtighed visse steder i de indmurede sten i murværket.

*Fig. 3.5.* *Opbevaringen af murstenene efter afrensningen var utilfredsstillende.*

### 3.3.3 **Indbygning**

Facaden i Genbrugshuset er muret i krydsforbandt med hele sten i kopskifte. Som følge at den mangelfulde indpakning, var mange af stenene våde da de ankom til byggepladsen. Dette medførte bl.a. skader på vandskuringen som følge af saltudblomstringer. Dette udtræk blev "aflivet" ved ekstra udtørring med kondenstørrere i lejlighederne. Opmuring med de våde sten havde dog ingen betydning for væggenes bæreevne. Så længe stenene ikke er totalt vandmættede, vil en afbinding mellem mørtel og sten kunne finde sted.

Nogle af stenene var på den ene løberside misfarvet af et mørkt materiale, som trådte igennem og misfarvede det påførte vandskuringslag. Forsøg med afslibning af dette sorte lag og derpå følgende påføring af specialbinder og overfladebehandling var nytteløse, idet den mørke farve stadig slog igennem. En undersøgelse foretaget af DTI viste, at de misfarvede stenoverflader indeholdt betydelige mængder af skadevoldende materiale, antagelig kalciumsulfat (gips). Ifølge DTI må det forventes, at dette materiale kan medføre misfarvninger på et påført malingslag og/eller det kan medvirke til afskalninger. Det var således nødvendigt at fjerne det mørke lag på murværkets synsflade (se endvidere tillæg VI).

Andre steder vendte den udvendige side af en tidligere facadesten ud af, hvilket medførte at den "træder" igennem ved maling og det var derfor været nødvendigt, at bruge ekstra bindende grunder på disse områder. Der blev indmuret ca. 10 stk. ikke-brændte sten, som måtte udskiftes.

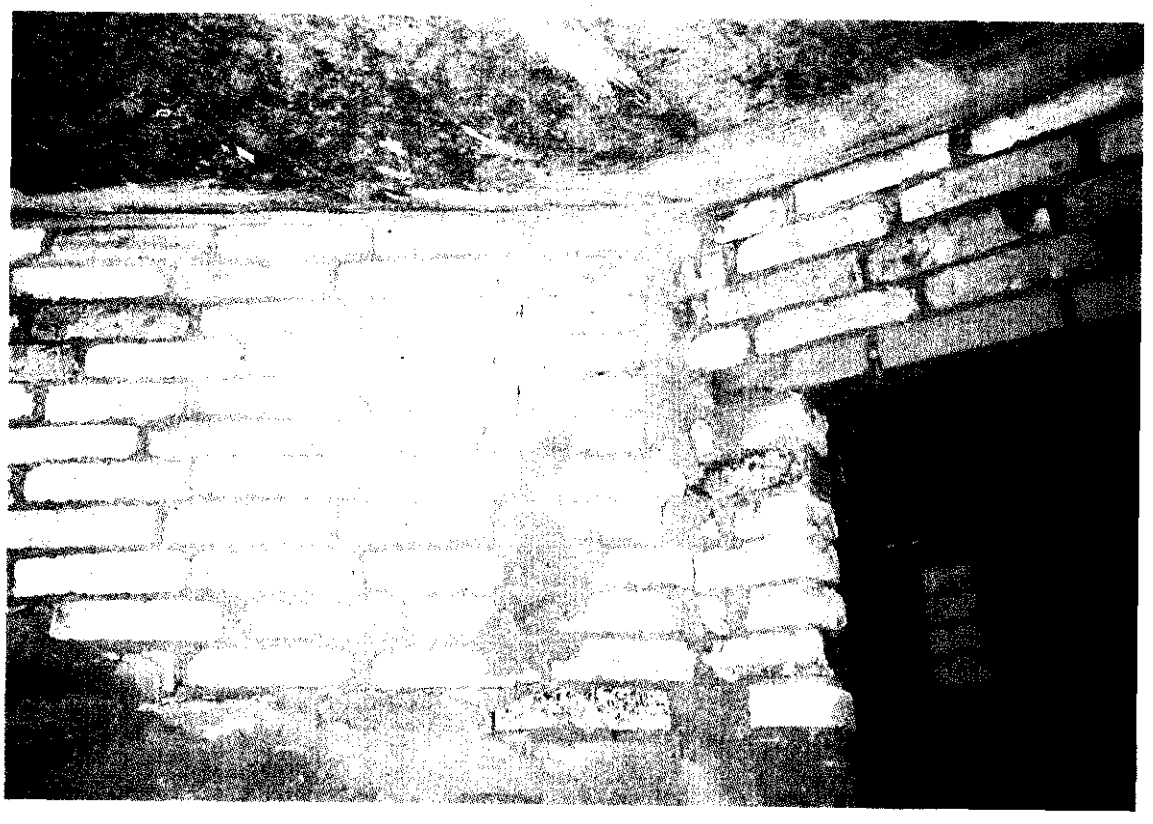


*Fig. 3.6.* *Murværk af genanvendte mursten.*

Den ikke særlig præcise sortering af murstenene krævede større opmærksomhed af murerne, som, pga. stenenes manglende ensartethed, måtte være mere opmærksomme på kvaliteten af deres råvarer og derfor var tvunget til, at sortere sten undervejs og dermed mure i et langsommere tempo end normalt.

Der burde under sorteringen tages større hensyn til kvaliteten af de genanvendte materialer. For murstenenes vedkommende har det vist sig, at der, udover de allerede nævnte problemer, også er vanskeligheder forbundet med at fremstille skarpe fuger med genanvendte mursten og at der, pga. de forskellige murstenskvaliteter, skulle anvendes forskellig tykkelse fugebånd i samme vindue, samt at det var nødvendigt at afrette enkelte skæve sten i false.

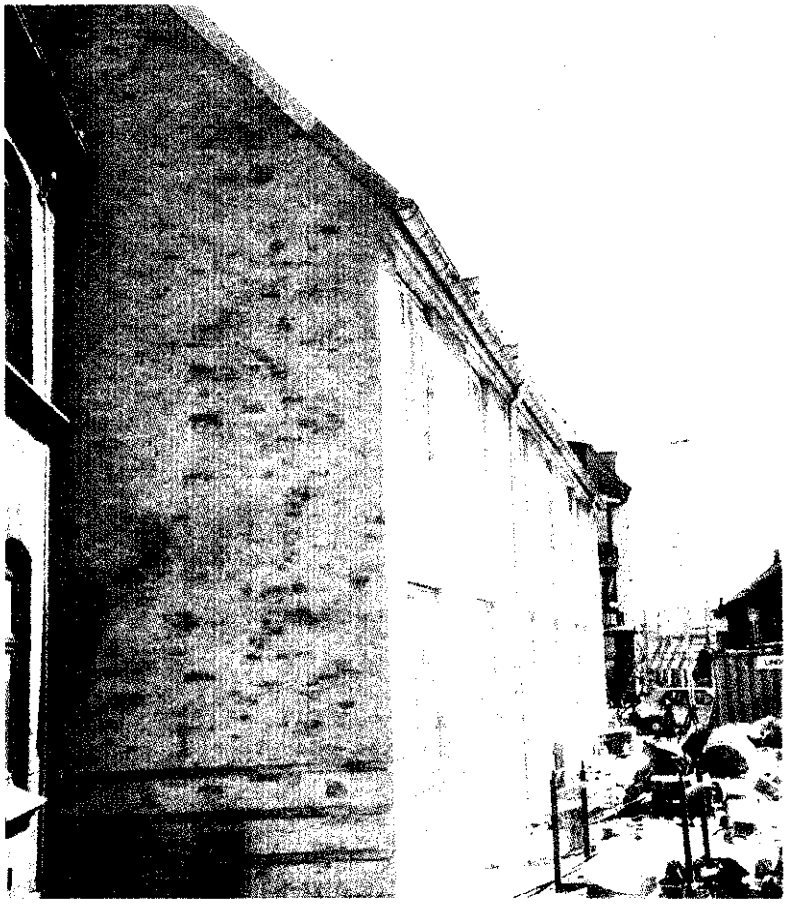


*Fig. 3.7.* *Saltudblomstringerne trænger igennem vandskuringen.*

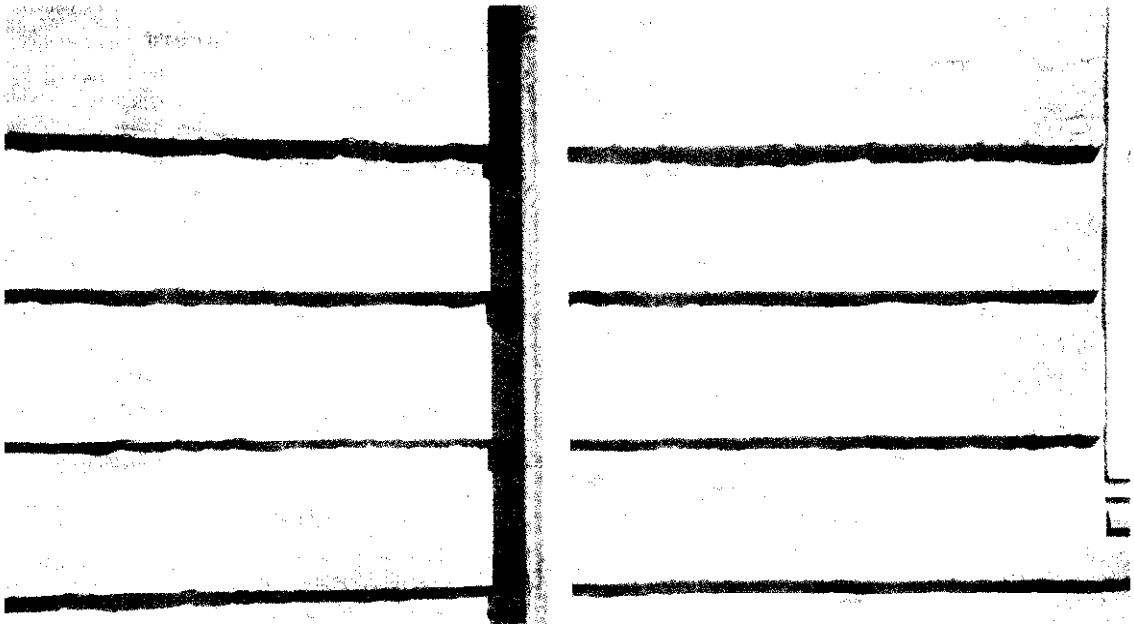


*Fig. 3.8.* *Fugerne blev ikke så skarpe med genanvendte mursten*

## 3.4 Tilfyldning og kapillarbrydende lag (nedknust beton)

### 3.4.1 Fremskaffelse

Materialer til tilfyldning, stammer fra den nedrevne bro ved Knudshoved, i folkemunde kaldet "Bilgravsminde", samt et nedrevet beskyttelsesrum, der var placeret på dét sted, hvor Genbrugshuset nu er beliggende.

### 3.4.2 Oparbejdning

Materialerne blev oparbejdet af TARCO A/S i Fjeldsted på Fyn, herunder knust og sorteret i hht. Dansk Betonforenings anvisning nr. 34 for genanvendte materialer til betonkonstruktioner i passiv miljøklasse [4].

### 3.4.3 Indbygning

Det voldte ingen problemer at anvende nedknust beton som kapillarbrydende lag under Genbrugshuset i Odense, da jordbundsforholdene var gunstige, men generelt set kan nedknust beton ikke anbefales anvendt som kapillarbrydende lag, da kapillarvirkningen har vist sig at være for stor.

## 3.5 Betontilslag

### 3.5.1 Fremskaffelse

Tilslagsmaterialet til beton stammer, ligesom materialet til tilfyldning, fra den nedrevne bro ved Knudshoved samt et nedrevet beskyttelsesrum.

### 3.5.2 Oparbejdning

Knust tegl, til tilslagsmateriale i beton, blev leveret fra kommunalt oparbejdningsanlæg. Materialet blev oparbejdet af TARCO A/S i Fjeldsted på Fyn. Det nedknuste materiale skulle opfylde kravene i Dansk Betonforenings anvisning [4], tilslagsklasse GP1 (tilslag af nedknust beton til beton med karakteristisk trykstyrke til og med 40 $MN/m^2$) og GP2 (tilslag af lette materialer, herunder tegl, til beton med karakteristisk trykstyrke til og med 20 $MN/m^2$), jf. tillæg IV, side 3. Dette medførte, at udvendig trappe og trappeskakt, samt udvendige ikke jorddækkede vægge, som de eneste betonkonstruktioner i byggeriet ikke kunne udføres i genbrugsbeton.

Materialet blev sorteret i fraktionerne 4-16 mm og 16-32 mm. Som tilslag i beton til elementer accepteredes kun tilslag i klasse GP1 med en maksimal kornstørrelse på 16 mm. Som tilslag i beton til in-situ støbning accepteredes en maksimal kornstørrelse på 32 mm, tilslagsklasse GP1 til etagedæk og klasse GP2 til fundamenter, kælder og terrændæk.

### 3.5.3 Indbygning

Til byggeriet anvendtes både pladsstøbt beton og betonelementer med tilslag af nedknust materiale (tegl og beton). Den pladsstøbte beton leveredes af UNICON. Alle betonelementer leveredes af Betonelement A/S i Esbjerg.

Generelt set har betonen med tilslag af nedknust materiale ikke adskilt sig fra traditionel beton. Hverken entreprenøren eller betonfabrikanterne har konstateret afvigelser i betonens kvalitet under støbningen hhv. elementproduktionen, i forhold til traditionel beton. Producenten af betonelementerne, UNICON, mener dog, at elementer med genbrugstilslag er mere frostfølsomme end med almindeligt tilslag. Elementerne i genbrugshuset vil i brugsstadiet være indendørselementer, men i udførelsesperioden stod der vand på et mindre område, som derved har fået frostafskalninger. Efter elementfabrikkens mening ville dette ikke være opstået ved støbning med deres normale tilslagsmaterialer.
Dette problem kunne dog være afhjulpet ved hensigtsmæssig opbevaring.

Der har været en mærkbar forskel på den tid, der er medgået ved prøvningen af betonen. Ifølge Dansk Betonforenings anvisning [4], anbefales prøvehyppigheden at være større for beton med genanvendelsesmaterialer end for beton med traditionelle tilslagsmaterialer, og prøvningen tog således længere tid end ved traditionel betonarbejde.

## 3.6 Tagskifer

### 3.6.1 Fremskaffelse

Skifrene til taget blev udtaget fra adskillige nedrivninger i Odense. De oprindelig udpegede nedrivninger i Frederiksgade samt Albani bryggeriet resulterede i kvalitetsmæssig for ringe skifre, hvilket medførte et stort spild. Der blev ved nedtagningen registreret et spild på ca. 50%. Der blev derfor suppleret med skifre fra Vingården (beliggende på hjørnet af Vindegade og Klostervej).

### 3.6.2 Oparbejdning

Odense Kommune stod for at afrense skifrene. Dette arbejde blev udført som led i et beskæftigelsesprojekt og afrensningen af stenene blev udført i hånden. Skiferpladerne var i dimensionerne 12" og 14" og antallet af plader blev i første omgang fastsat til 7000 stk. Dette antal blev bl.a. fastsat udfra et formodet spild på ca. 2 stk/$m^2$.

### 3.6.3 Indbygning

Ved oplægning af skiferpladerne viste det sig, at yderligere sorte-ring var nødvendig. I første omgang blev skiferne sorteret i 12" plader, som blev anvendt mod gårdsiden og 14" plader, som anvendtes mod gaden. Det viste sig, at kvaliteten af skiferpladerne var meget svingende, og det blev under byggeriet nødvendigt at fremskaffe ca. 1000 stk. ekstra.
Skiferpladerne kunne oplægges direkte efter afrensningen. Tagdækkeren var tilfreds med resultatet og vurderede kvaliteten af de oplagte, gamle skifre til at være højere end nutidige skifre.

*Fig. 3.9.* *Genbrugshuset med skiftertag af 12" skiferplader, set fra gården*

## 3.7 Træ

Træ til Genbrugshuset i Odense omfatter:
- Konstruktionstræ
- Gulvbrædder
- Gulvstrøer
- Lægter
- Snedkertræ samt
- Forskalling.

### 3.7.1 Fremskaffelse

Hovedparten af træet til Genbrugshuset stammer fra nedrivningerne af Frederiksgade 16-18 og Pantheonsgade 9-11. Forinden nedrivningerne blev husene gennemgået for evt. svampeangreb i konstruktionstræet. Da en del af træet fra disse nedrivninger blev frasorteret pga. for ringe kvalitet, var det nødvendigt at supplere med opkøb hos nedrivnings-entreprenører.

### 3.7.2 **Oparbejdning**

Træet blev kørt til kommunens plads på Kildemosevej, hvor det blev sorteret og klargjort. Det viste sig nødvendigt at varmebehandle træet fra Frederiksgade for fugt og husbukke.

Træet til tagkonstruktionen og til den glasoverdækkede konstruktion i trapperummet, skulle ifølge specifikationen af genbrugsmaterialer, sorteres i henhold til DS 413 anneks A, og have en styrke svarende til K18 i henhold til DS 413. DTI har udarbejdet vejledende retningslinier for skæring og sortering af planker af genbrugstømmer (se tillæg VI, side 8), som grundlag for besigtigelsen af tømmeret til Genbrugshuset. Det synede træ var overvejende af sorten fyr samt en mindre del gran. Ved sorteringen blev ca. 25% frasorteret pga. følgende fejltyper:

- Ringrevner, dvs. revner, der følger årringenes retning.
- Brud
- Boltehuller og udskæringer fra den tidligere anvendelse af tømmeret.

Derudover var der emner med enkelte brune striber (råd) i gran og mindre angreb af borebiller. Generelt frarådede DTI, at de synede planker blev anvendt til tandpladesamlede spær, idet placering og størrelse på svindrevner kan ødelægge tandpladernes forankring.

Som følge af den manglende leverance på træ til spær, blev det besluttet at ændre på de oprindelig fastsatte dimensioner.

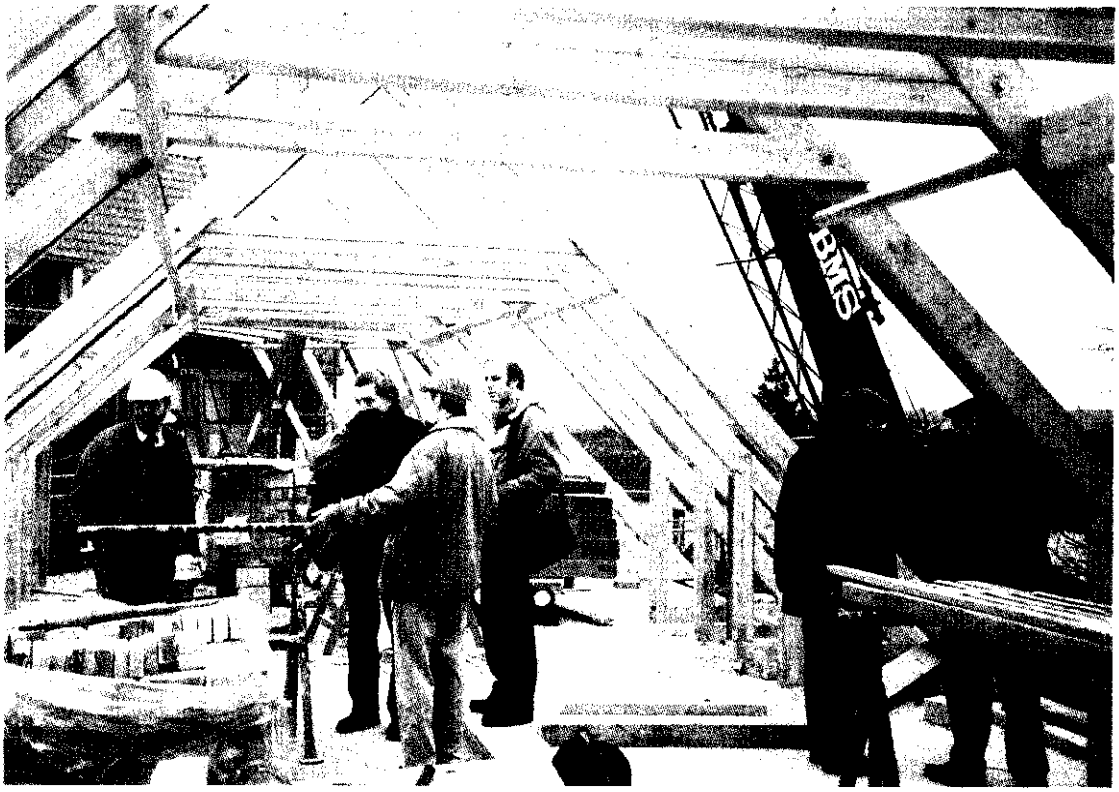


*Fig. 3.10.* *Tagkonstruktionen i Genbrugshuset. I billedet ses bl.a. repræsentanter fra Odense Kommunes ejendomsafdeling samt Foreningen Socialt Boligbyggeri i København.*

Gulvbrædder og tømmer blev kørt til videre forarbejdning. Søm og andre metalgenstande blev fjernet og træet skåret op på et savværk. Selv om den manuelle fjernelse af sømmene blev udført omhyggeligt, var der alligevel problemer i opskæringen, og der måtte slibes klinge oftere end normalt under opskæringsarbejdet.

Gulvbrædderne blev afhøvlet på den tidligere bagside og fik udført ny fjeder og not inden udlægningen i nybyggeriet. Som følge af at udførelsen af fjeder og not var dårlig, pga. varierende mål i genbrugsgulvbrædderne, var det nødvendigt at foretage yderligere afslibning af nogle af brædderne efter lægning.

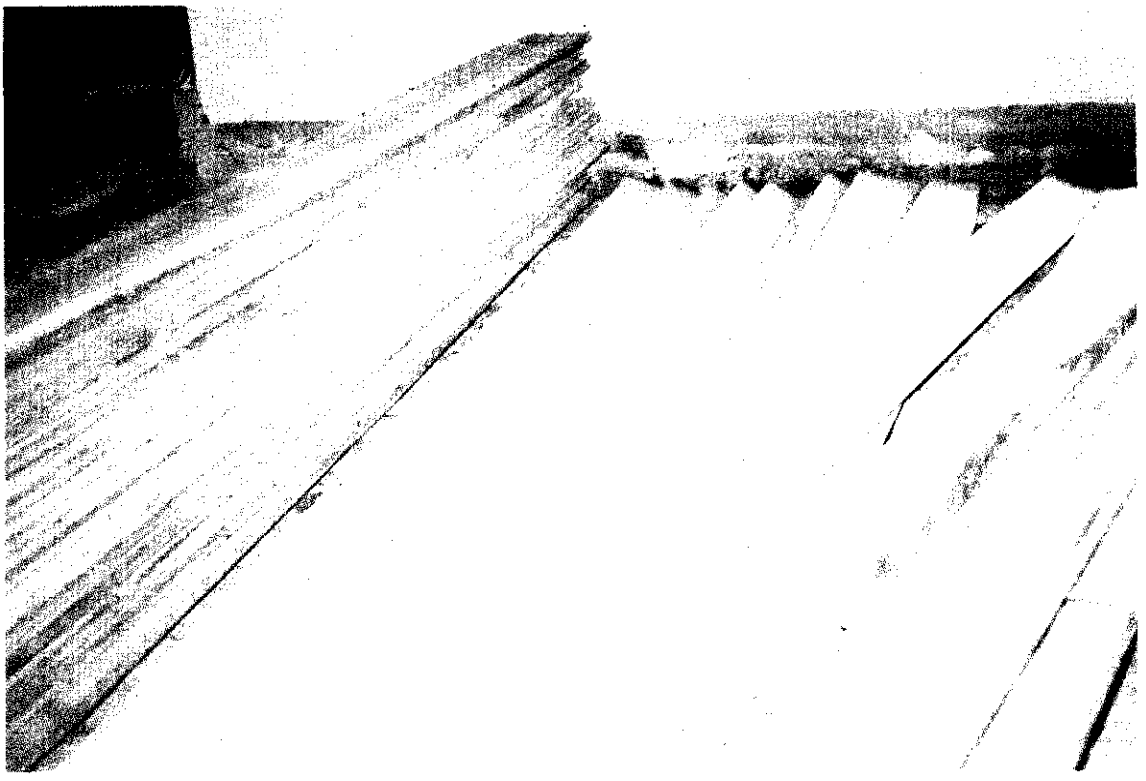


*Fig. 3.11. Gulvbrædder udtaget fra Pantheonsgade 9-11.*

### 3.7.3 **Indbygning**

Håndværkerne udtrykte faglig tilfredshed med materialets kvalitet. Træets tætte årringestruktur bevirkede, at træet ikke vred sig så meget ved fugt- og temperaturændringer, som det mere porøse nye træ. Der blev håndværksmæssigt anvendt ældre metoder og i visse tilfælde viste træet sig at være hårdere end normalt. Herudover har indbygning af genanvendt træ ikke adskilt sig fra nyt. Tværtimod har der været visse fordele forbundet med genanvendt træ. Specielt var lægning af gulvstrøer forløbet hurtigere end planlagt, pga. at træet ikke "slog" sig efter udlægning.

Arbejdet med genanvendt træ i de øvrige trækonstruktioner, fx. tagkonstruktionen, adskilte sig ikke fra normalt byggeri.

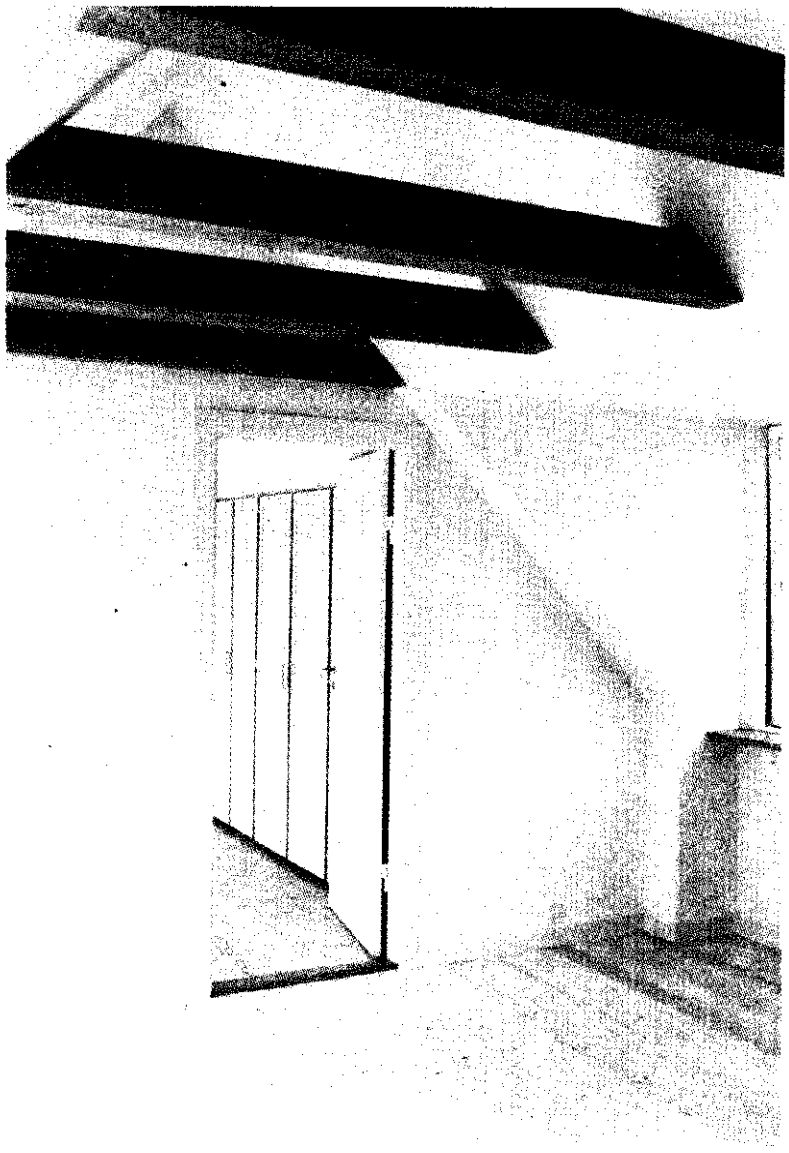


*Fig. 3.12.* *Gulvbrædder, døre, skabslåger og hjælker - alt sammen af genanvendt træ.*

## 3.8 Vinduer og døre

### 3.8.1 Fremskaffelse

De udvendige døre, vinduerne og skabslågerne er udført af opskåret genbrugstræ, fra nedrivningerne omtalt i afsnit 3.7.1, hvorimod de indvendige døre er gamle fyldningsdøre som genbruges direkte efter istandsættelse.

### 3.8.2 Oparbejdning

Det var oprindelig hensigten, at de indvendige døre skulle afrenses maling

og lak ved varmebehandling og slibning. Det viste sig dog, at denne metode medførte så store arbejdsmiljømæssige belastninger, at det istedet blev besluttet at afsyre dørene.

De **indvendige døre** blev skilt ad inden afsyring og derpå limet sammen og overfladebehandlet med maling. Der viste sig et behov for en kraftig opretning af nogle af dørene efter afsyringen.

**Skabslågerne** i køkkenerne blev udført af HTH-køkkener og for størsteparten fremstillet af indskudsbrædder fra nedrivningerne af Pantheonsgade 9-11. Odense Kommune forestod rensningen og klargøringen samt den første sortering af træet. Det viste sig dog nødvendig med endnu en sortering, foretaget af HTH-køkkener, i forbindelse med produktionen af skabslågerne. Disse to sorteringer medførte en del svind, da skabslågerne skulle fremstilles i fast modul mål. Erfaringerne fra produktionen af skabslågerne er bl.a., at en del blåsplint i træet godt kan accepteres, når emnerne efterfølgende bejdses.

En anden erfaring er, at sorteringen sker mest effektivt hvis den sker med henblik på den efterfølgende proces, i dette tilfælde den industrielle produktionsproces.

Det blev overvejet, at fremstille bordpladerne af naturtræ, hvilket dog blev forkastet pga. vedligeholdelsesmæssige årsager.

**Vinduesrammer mv.** blev høvlet til i nye mål. Der blev ialt fremstillet 68 stk. to- og trefags vinduer til Genbrugshuset. Vinduerne blev vacuumimprægneret (GORI 22), hvorefter de kunne godkendes på lige fod med nye vinduer. Efter imprægneringen blev vinduerne overfladebehandlet og monteret i karme før levering på byggepladsen. Også de 14 udvendige døre er udført i genbrugstræ.

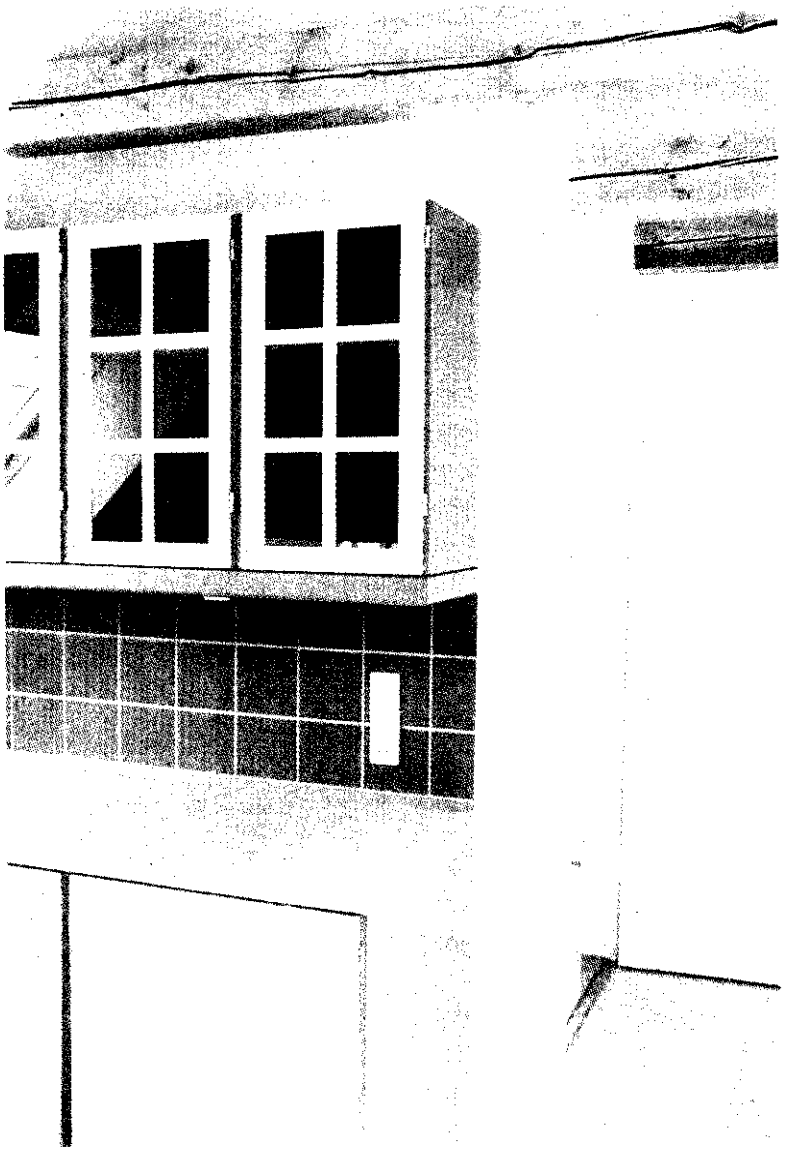


*Fig. 3.13. Skabslågerne i køkkenet er også af genanvendt træ.*

### 3.8.3 **Indbygning**

Indbygning af vinduerne blev foretaget på traditionel vis, på lige fod med nye vinduer.

## 3.9 Stål

Forinden udarbejdelse af udbudsmaterialet, blev flere forhandlere af brugt stål kontaktet for reservering af stålprofiler til de bærende bjælker i dækkonstruktionerne samt til vindafstivende søjler i facaderne. Tilbagemeldingen fra forhandlerne var, at det ikke var muligt at levere profiler i de ønskede dimensioner. Gamle stålprofiler har generelt større dimension, end det er muligt at anvende i nutidige byggerier, hvor stål som regel er slanke profiler, som skal skjules enten i hulmure eller i gulvkonstruktioner.

Det viste sig ikke muligt at finde de rigtige dimensioner af stålprofiler hos brugtjernhandlerne i byen, hvorfor man måtte bruge nye stålprofiler istedet for gamle. Det blev konstateret, at det kun er relevant at anvende genbrugsstål, når der er tale om store profilstørrelser, og når der gives passende tolerancer. Brug af brugte stålprofiler ville formentlig blive en fordyrelse af projektet, idet hvert enkelte profils kemiske sammensætning samt mekaniske egenskaber skulle undersøges. Et økonomisk overslag har vist, at prøvninger ville beløbe sig til ca. 2.800,- kr. pr. profil, hvor besparelsen mellem et nyt og et gammelt profil ville være ca. 1.500,- kr. Hertil skal dog bemærkes, at der på stålvalseværkerne i Danmark, i dag anvendes ca. 75% genbrugsjern (skrot) og de indbyggede stålprofiler indeholder således i princippet genanvendt stål.

# 4 Generelle erfaringer

## 4.1 Fremskaffelse og oparbejdning af genanvendte materialer

En af de vigtigste erfaringer fra arbejdet omkring Genbrugshus i Odense er, at det er uhyre vigtigt at få udarbejdet et sæt normer og standarder for genbrugsmaterialernes beskaffenhed og klassificering. Det er i praksis ikke muligt at gennemføre genanvendelse af bygningsmaterialer, hvis der bl.a. stilles de samme visuelle krav, til genbrugsmaterialerne som til nye materialer. Dette resulterede bl.a. i at der ved den 1. sortering af træet blev kasseret ca. 75%, fordi der blev sorteret efter kravene til nyt træ. Således blev al træ med sømhuller etc. sorteret fra. Efter lempelsen af disse krav, blev træet atter sorteret, se tillæg VI, og denne gang blev kun ca. 25% kasseret.

Et andet stort problem ved genanvendelse af bygningsmaterialer i dag, er fremskaffelsen af materialerne. Ved fremstilling af genbrugsbeton var det et problem for entreprenøren at indpasse fremskaffelsen af tilslags-materialer i tidsplanen. Nedknust beton og tegl som tilslagsmateriale er ikke et lagermateriale, og der er ofte så stor efterspørgsel på materialet, at det er reserveret på forhånd. Der knuses og sorteres kun materialer, når en tilpas stor mængde kan bearbejdes, og herefter følger analyser og forprøvninger.

Det viste sig vanskeligere at styre materialeleverancerne end ved traditionelt byggeri. For at opnå rentabilitet i anvendelse af genanvendte materialer samt levering af byggematerialer til det rette tidspunkt under byggeriet, er det nødvendigt at oprette depoter og lagre til genbrugsmaterialerne.

Projektet "Genbrugshus i Odense" har, såvel som de to øvrige genanvendte hus projekter i hhv. Horsens og København, været pioner-arbejde, og der har således været behov for mere tid til koordinering og overvejelser vedr. anvendelse af genbrugsmaterialer.

## 4.2 Økonomi

### 4.2.1 Byggeri

Anskaffelsessummen for Genbrugshuset forventedes ifølge Bygge- og Boligstyrelsens skema B (opgørelse over forventet anskaffelsessum), som blev godkendt af byrådet d. 16.9.1992, at udgøre kr. 10.000.000,-.

Ifølge det endelige byggeregnskab, skema C (endelig byggeregnskab), som blev godkendt d. 20.5.1994 udgjorde den faktiske anskaffelsessum kr. 10.358.000,-.

Ifølge skema B og C var merudgift i byggelånsrenter som følge af en forlænget byggeperiode i forhold til den forventede på ca. 2,5 måned, kr. 116.000,-. Ifølge Odense Kommune var ekstraudgifter til facadebehandling og -reparation som følge af mangelfuld sortering og afrensning af facadesten samt utilstrækkelig afdækning af stenene under opbevaringen, ca. kr. 240.000,-.

Gennemførelsen af projektet krævede en ekstra indsats af de involverede parter mht. projektering, planlægning og fremskaffelse samt kvalitetssikring af genanvendte bygningsmaterialer. Støtte fra Genanvendelsesrådet under Miljøstyrelsen, skulle dække disse omkostninger. Det antages dog, at de indhøstede erfaringer og den etablerede goodwill, der lå i gennemførelsen af projektet, i en vis grad krediterede disse ydelser og omkostninger.

### 4.2.2 **Beton**

I forbindelse med fremstilling af betonelementer af genbrugsbeton, var erfaringerne, at der var en ekstraudgift på kr. 20-30.000 til prøvninger og recepttilpasninger. Derudover kommer den ekstra tid der er medgået til projekteringsarbejdet og planlægningen på grund af den manglende erfaring og rutine i anvendelse af genbrugsmaterialer.

### 4.2.3 **Træ**

Byfornyelsesselskabet ODENSE fremskaffede og indkøbte brugt træ til Genbrugshuset. Træet blev transporteret til forarbejdning på savværk. De totale udgifter til indkøb af træ, glas til vinduer og beslag samt forarbejdning og malerbehandling mv. udgjorde ca. kr. 470.000,-

### 4.2.4 **Mursten og skifer**

Byfornyelsesselskabet ODENSE fik mursten og skifer gratis mod at de selv afhentede murstenene på nedrivningspladsen samt nedtog skifrene. Oparbejdningen af mursten blev hovedsagelig foretaget af Odense Kommune som beskæftigelsesprojekter.

### 4.2.5 **Konklusion**

Merudgifterne til byggeriet på kr. 358.000, skyldes primært den forlængede byggeperiode samt mangelfuld sortering og kvalitetssikring af mursten. Odense Kommune har haft omkostninger i forbindelse med oparbejdningen af materialer. Disse omkostninger har ikke været direkte knyttet til byggeriet, og omkostningerne skal ses i lyset af de beskæftigelsesmæssige aspekter, der har været forbundet hermed. Øvrige ekstraomkostinger til fremskaffelse, forarbejdning og kontrol af genanvendte materialer var forventede allerede ved projektets start og blev stort set dækket af tilskudsmidler fra Miljøstyrelsen.

## 4.3 Videodokumentation

Der er i forbindelse med projektet "Genbrugshus i Odense" også blevet fremstillet en videofilm med sigte på den videre formidling af den indhøstede viden, med henblik på formidling af renere teknologi i bygge- og anlægssektoren. Videoen er en registrering af de aktiviteter, der knytter sig til genanvendelse af bygningsmaterialer i forbindelse med projektet.

I videofilmen følges processerne ved selektiv nedrivning af såvel motorvejsbroen "Bilgravsminde" og nedrivningerne i Frederiksgade, over klargøringen af de genbrugte materialer til byggeriet, til "Genbrugshuset" står færdigt. Endvidere fortæller håndværkerne på byggepladsen om deres erfaringer ved arbejde med genanvendte materialer, og specialisterne præsenterer deres vigtigste konklusioner.

Videoen, der er af ca. 17 minutters varighed, fås i såvel dansk som engelsk version og kan bestilles hos Wessing Film & TV, Absalonsgade 13, Odense.

# 5 Sammenfatning og konklusioner

Baggrunden for demonstrationsprojekt "Genbrugshus i Odense" tager udgangspunkt i renere teknologi tankegangen, hvor det til stadighed er målsætningen at reducere affaldsmængderne, spare på de naturlige råstoffer, mindske energiforbruget og mindske transportmængden og dermed luftforureningen. Der er således tale om, at betragte byggeriet helhedsorienteret dvs. ud fra en livscyklusbetragtning.

Teknisk set er Genbrugshuset i Odense et godt eksempel på renere teknologi, hvor bla. selektiv nedrivning har sparet ressourcer, sparet lossepladskapacitet, sparet transport samt mindsket belastningen af miljøet.

Endvidere har projektet også vist, at der ved genanvendelse af byggematerialer fås nye arkitektoniske værdier forærende, da de gamle byggematerialer indeholder en "sjæl", som er med til at præge bygningens arkitektoniske og etiske udtryk.

Demonstrationsprojektet har samtidigt givet os nogle vigtige erfaringer med genanvendelse af bygningsmaterialer.

## 5.1 Mursten

Mursten, i form af hele, afrensede mursten, viste sig at være et af de mest problematiske materialer at genanvende. Det må i den forbindelse konkluderes, at en af de vigtigste forudsætninger for en rentabel genanvendelse er, at murstenene sorteres allerede under nedrivningen. Dette kræver, at nedrivningen foretages selektivt, og at der kildesorteres under nedrivningen og på pladsen. Endvidere er det en forudsætning, at de udførende har den nødvendige tekniske baggrundsviden for sortering af mursten. Sorteringen og oparbejdningen af mursten bør så vidt mulig udføres af fagfolk.

Af den samlede mængde nedrevne mursten blev efter sortering og afrensning genanvendt i alt ca. 50% som hele sten.

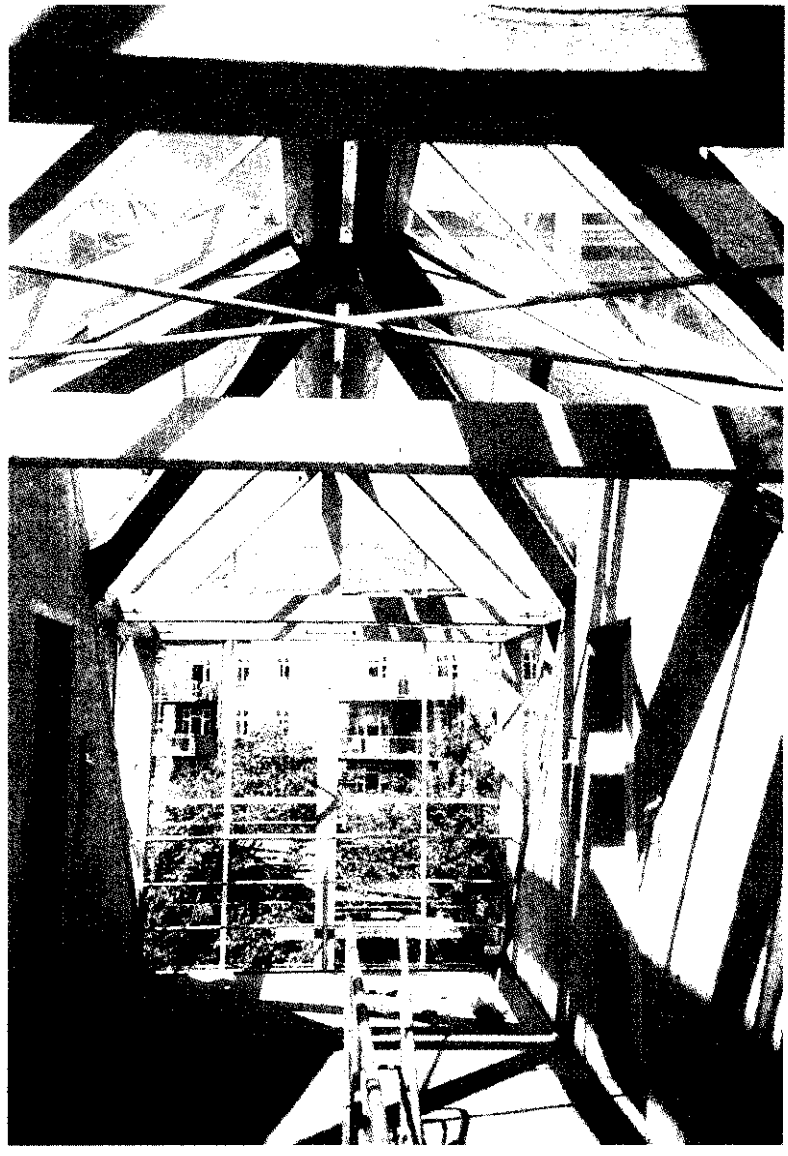


*Fig. 5.1. Indenfor i det glasoverdækkede trappetårn.*

## 5.2 Skifer

Den skifer der genanvendtes til Genbrugshuset viste sig at være af meget god kvalitet og efter udsagn fra den entreprenør, der oplagde skiferpladerne, af en bedre kvalitet end normalt.

Under byggeriet konstateredes det, at sorteringen ikke havde været omhyggelig nok, hvilket medførte, at håndværkerne måtte sortere og tilskære en del undervejs på pladsen.

Af den samlede mængde selektivt nedrevne skiferplader blev efter sortering og oparbejdning genanvendt i alt 80%.

## 5.3 Træ

Til byggeriet af "Genbrugshuset i Odense" anvendtes genanvendt træ til konstruktionstømmer, døre og vinduer, gulve samt til fremstilling af køkkenelementer.

Oparbejdningen af træet medførte nogle problemer med fx gamle søm under opsavningen, men dette kan afhjælpes ved anvendelse af metal-detektorer under sorteringen og rensningen.

Det konstateredes endvidere, at det genanvendte træ er hårdere end nyt træ, men samtidigt har træet en "død" karakter hvilket gør at det kun i ringe grad "arbejder" efter indbygningen. Dette havde især betydningen under lægningen af de mere end 700 $m^2$ gulv.

Af den samlede mængde selektivt nedrevet træ samt døre og vinduer blev efter sortering og oparbejdning genanvendt i alt ca. 75%.

## 5.4 Knust beton og tegl

Anvendelse af beton med genanvendte materialer som tilslag (knust beton og tegl), gav ikke anledning til særlige problemer under byggeriet. Dette skyldes især, at der i tilknytning til Norm for betonkonstruktioner, DS 411, fra Dansk Betonforening er udgivet anvisning nr. 34 [4], som omhandler kriterier for - og brug af genanvendte materialer i beton.

Det har vist sig, at det generelt ikke er muligt at anvende nedknust beton og tegl som kapillarbrydende lag, da kapillarvirkningen er for stor.

## 5.5 Konklusion

Sammenfattende må det konkluderes, at vi med "Genbrugshuset i Odense" nu har den tekniske dokumentation og et eksempel i størrelse 1:1 som kan besigtiges, og som beviser, at det teknisk kan lade sig gøre at genanvende bygningsmaterialer i moderne nybyggeri.

Det må dog samtidig konkluderes, at en væsentlig forudsætning for genanvendelse i et større perspektiv, og med henblik på rentabilitet i byggeprojekter hvor der anvendes genanvendte materialer, er at der udarbejdes normer og fastsættes kriterier for genanvendte byggematerialer, og at der oprettes lokale depoter for genanvendte byggematerialer, således at der kan komme fleksibilitet og rentabilitet i byggeri med genanvendte materialer.

"Genbrugshuset i Odense" er et eksempel til bygherre, arkitekter ingeniører og entreprenører om mulighederne for anvendelse af genanvendte materialer. Samtidig er projektet medvirkende til, at bevidstgøre befolkningen om de værdinormer hele genanvendelsesproblematikken indeholder.

I praksis har projektet vist, at hvad der i dag er undtagelsen, kan i fremtiden blive reglen.

*Fig. 5.2. Genbrugshuset i Odense.*

# Følgegruppe

**"Genbrugshus i Odense", Liste over følgegruppens medlemmer.**

Miljøstyrelsen
Strandgade 29, 1401 København K.
**att. Lars Søborg (formand)**

Bygge- og boligstyrelsen, 8. kontor
Stormgade 10, 1470 København K.
**att. Poul Theis Nielsen**

Odense Magistrat, 2. afdeling
Bygningsvæsenet
Nørregade 36-38, 5000 Odense C.
**att. Mogens Glyrsøe**

Odense Magistrat, 2. afdeling
Byplanafdelingen
Nørregade 36-38, 5000 Odense C.
**att. Carsten Henriksen**

Odense Magistrat, 2. afdeling
Ejendomsafdelingen
Nørregade 36-38, 5000 Odense C.
**att. Børge Østergård**
**Keld Højstrup**

Odense Magistrat, 5. afdeling
Fjernvarmeforsyningen
Klosterbakken, 5000 Odense C.
**att. Per Rimmen**

Odense Magistrat, 5. afdeling
Elforsyningen
Klosterbakken, 5000 Odense C.
**att. Tommy Lykkegård**

Odense Magistrat, 5. afdeling
Vandforsyningen
Klosterbakken, 5000 Odense C.
**att. Ebbe Salling**

Odense Magistrat, 5. afdeling
Renovationsvæsenet
Snapindgården
Snapindvej 21, 5200 Odense V.
**att. Uffe Nielsen**

Byfornyelsesselskabet ODENSE
Overgade 28, 5000 Odense C.
**att. Jørgen Klampe**

Andelsboligforeningen Højstrup
Thomas B. Thriges Gade 32, 5000 Odense C.
**att. Lene Hansen**
**Klaus Nielsen**

Arbejderbo
Magnoliavej 12B, 5250 Odense SV
**att. Mogens Poulsen**

Arbejdstilsynet
Kreds Fyns Amt
Tolderlundsvej 2, 5000 Odense C.
**att. Jan Sharon**

Murernes Fagforening
Allegade 47, 5000 Odense C.
**att. Villy Larsen**

Snedker- og Tømrerforbundet
afd. 24 - Odense
Grønnegade 16-18, 5000 Odense C.
**att. Aage Brandt**

Håndværker- og Industriforeningen
Albani Torv 4, 5000 Odense C.
**att. Bent Müller**

Byfornyelsesselskabet Danmark
Studiestræde 50, 1554 København V
**att. Bøje Juul Pedersen**

Foreningen Socialt Boligbyggeri
Rådhuspladsen 59, 1550 København K.
**att. Leif Ingersholm**
(Bygherre på projektet i København)

Arkitekt M.A.A.
T. Kristensens Tegnestue A/S
Chr. Wintersvej 27 B, 5230 Odense M.
**att. Torkild Kristensen**
**Søren Vestergaard**
**Ib Foldager**

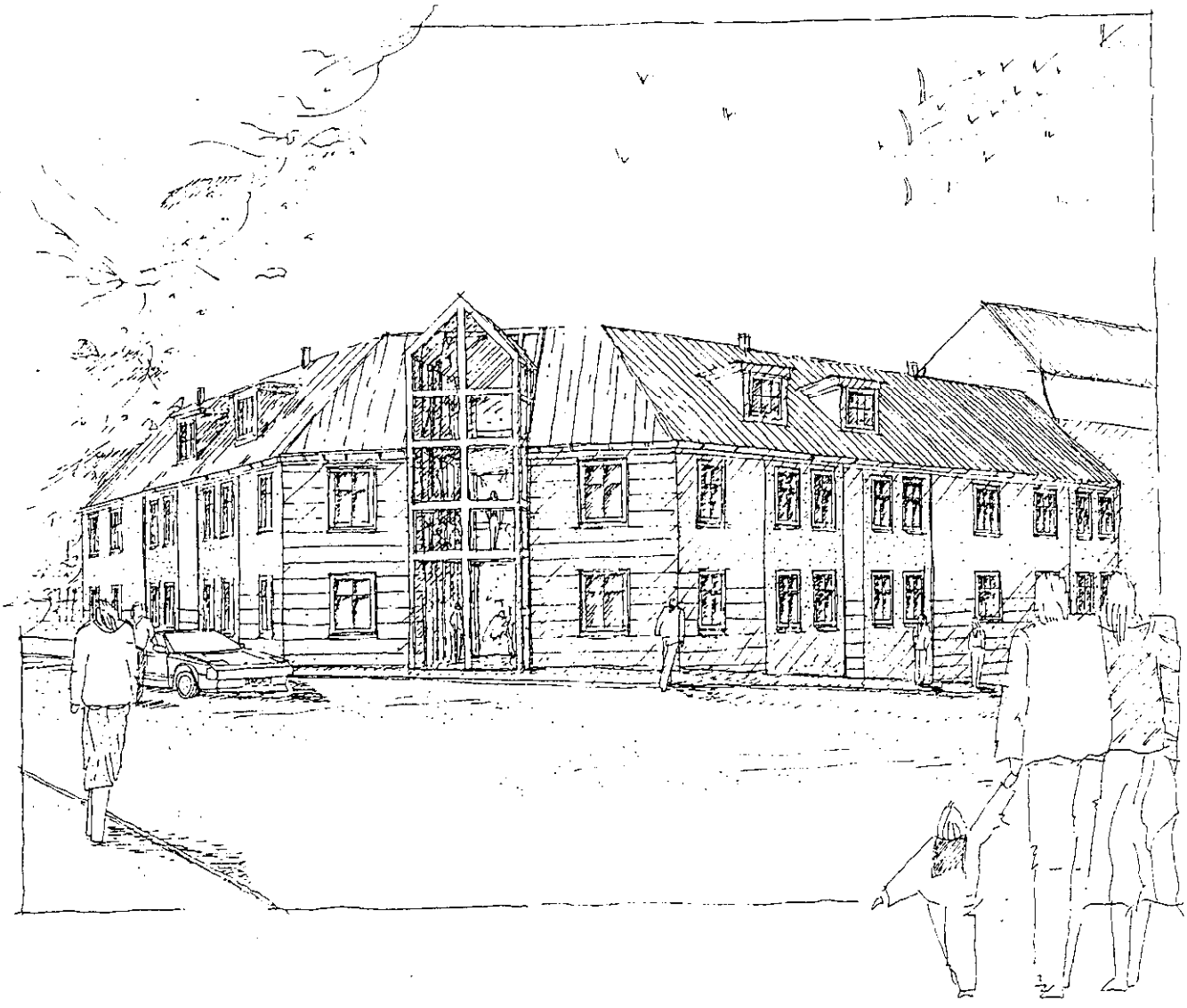
Axel Nielsen as
Rådgivende Ingeniører
Vermehrensvej 14, 5230 Odense M.
**att. Erik Bitsch Olsen**
**Hans Peter Hansen**
**Inge Lise Schächter**

Hans Jørgensen & Søn
Sivmosevænget 4, 5260 Odense S.
**att. Niels Kristian Hansen**
(rep. for Entreprenørforeningen)

Tegnestuen Gråbrødrene A/S
Lottrupsgård 9, 5000 Odense C.
**att. Jørgen Jørgensen**

DEMEX Rådgivende Ingeniører A/S
Hejrevej 26, 3
2400 København NV
**att. Erik K. Lauritzen**
**Niels Strufe (sekretær)**

# Tegninger



# GENBRUGSHUS I GEORGSGADE ODENSE

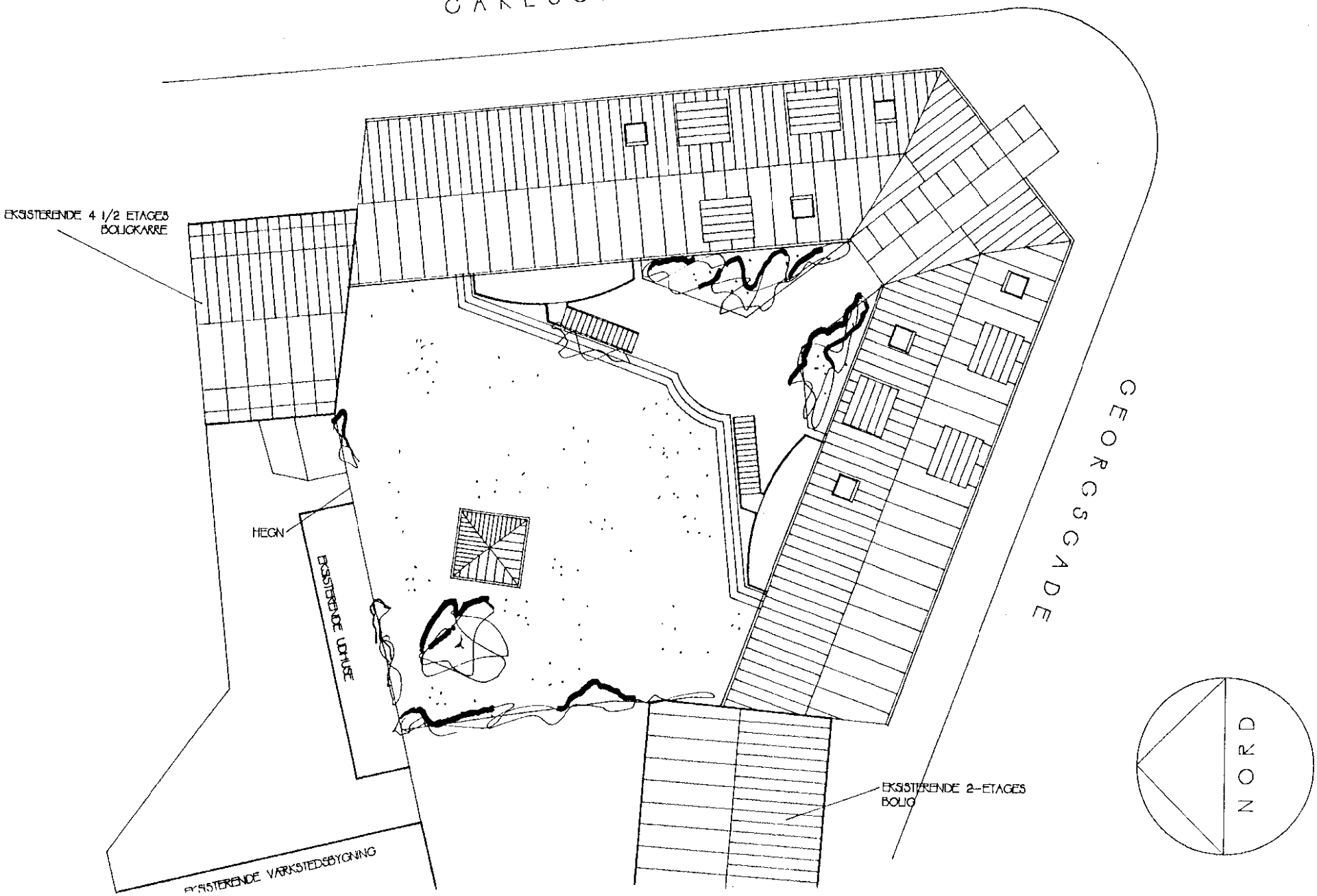
FOR ANDELSBOLIGFORENINGEN HØJSTRUP, ODENSE

UDARBEJDET I AUGUST 1991

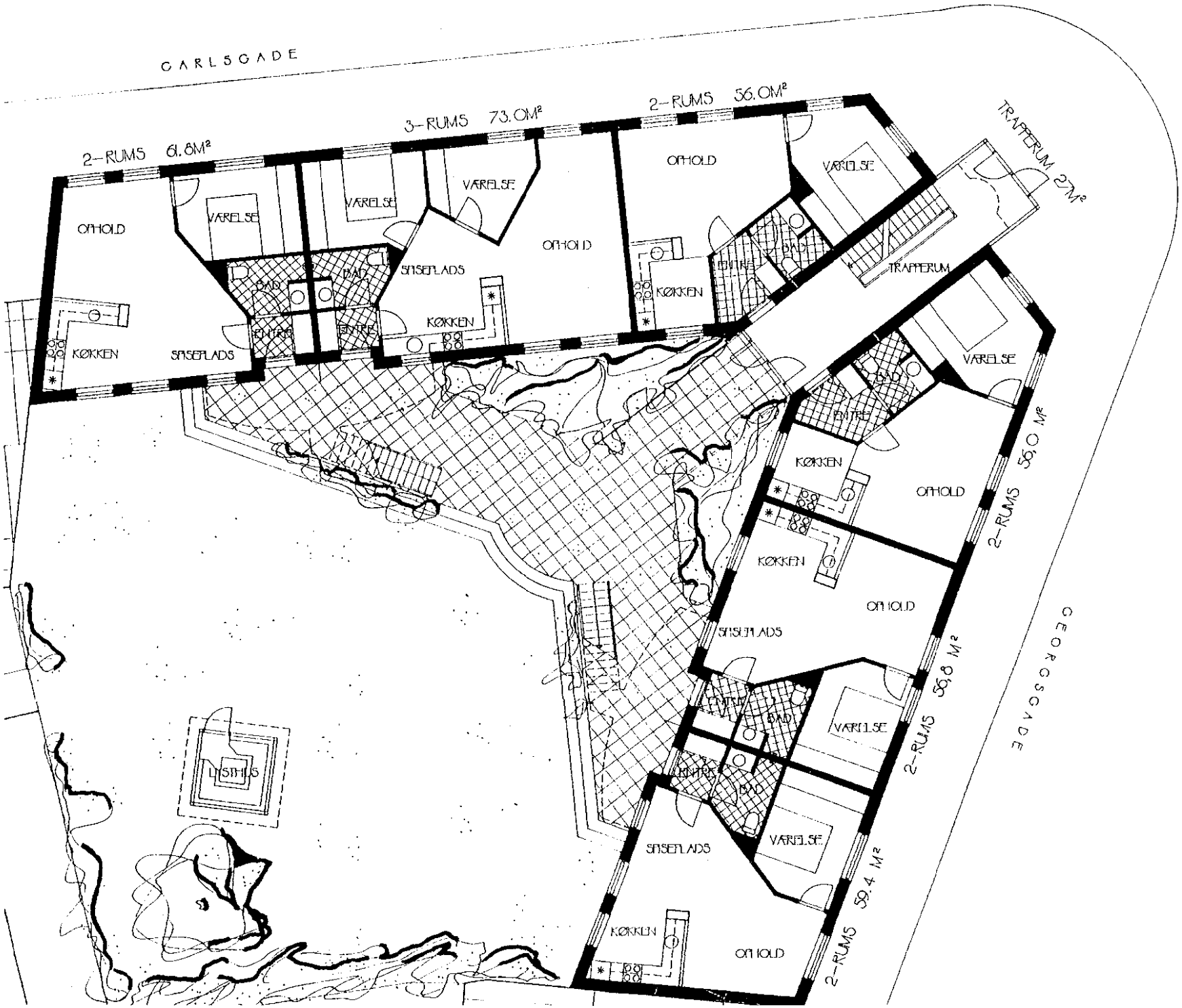
ARKITEKTER MAA FORSLD KRISTENSENS TEGNESTUE A/S CHR. WINTHERSVEJ 27 B 5230 ODENSE M TLF. 66 14 72 27 FAX 66 14 79 56
AXEL NIELSEN A/S RÅDG. ING. F.R.I. VERMLANDSVEJ 14 5230 ODENSE M TLF. 66 12 76 75 FAX 66 14 71 40

ARBEJDERBO VESTERGADE 17 5000 ODENSE C TLF. 66 14 09 96 FAX 66 14 09 81

# FREMTIDIGE SITUATIONSPLAN



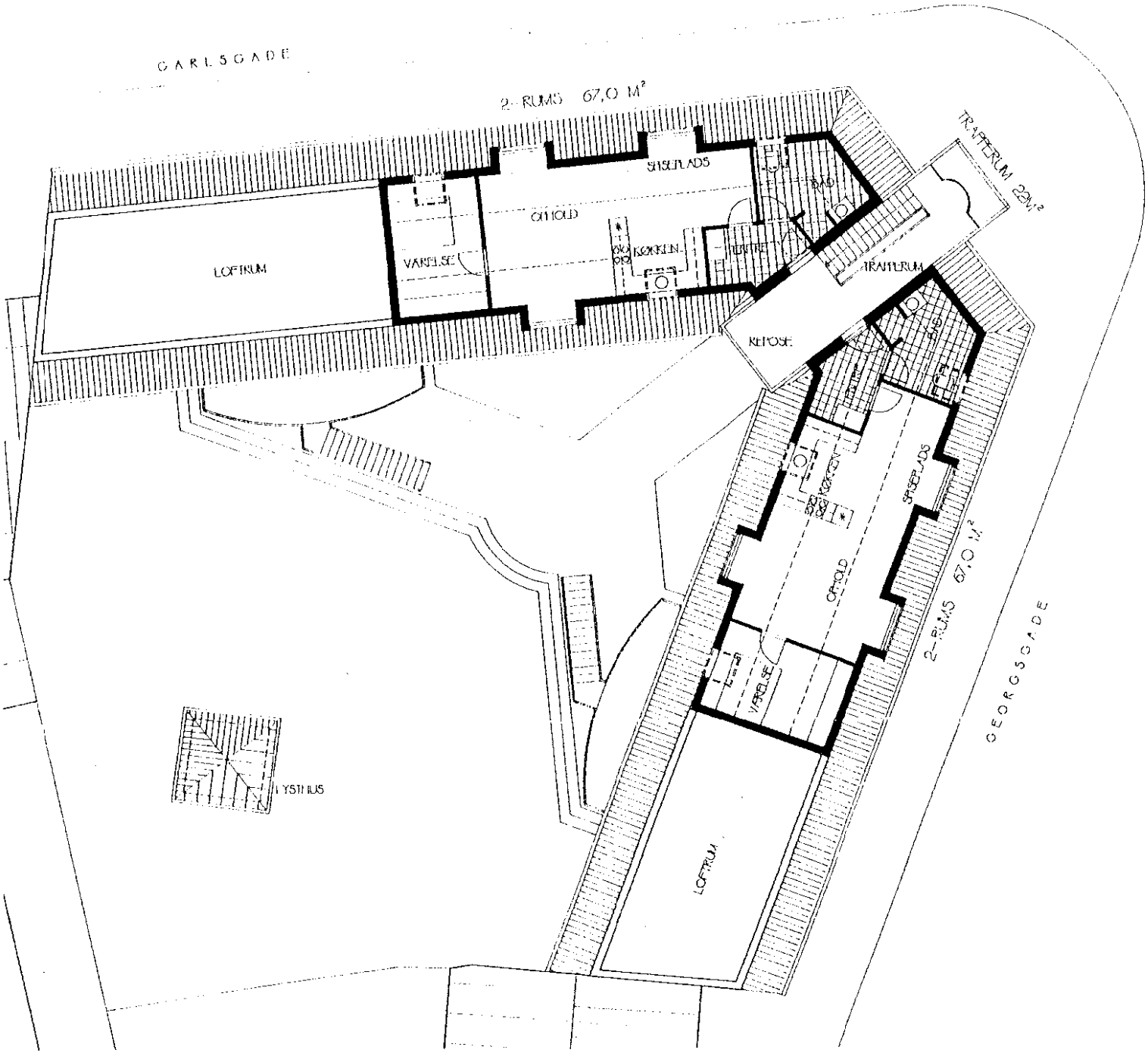
# STUEPLAN

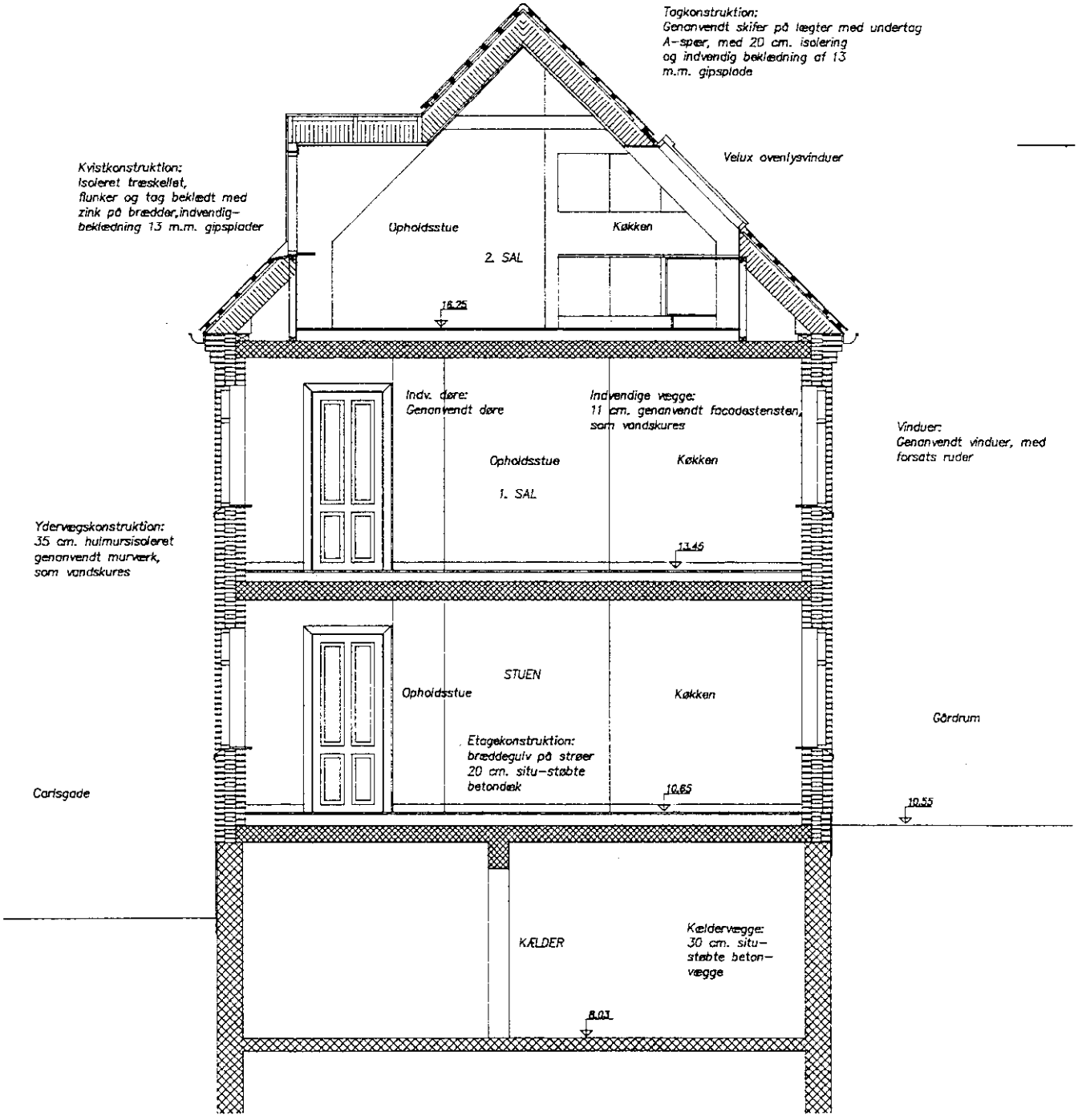

CARLSGADE
2-RUMS 61.6M²
3-RUMS 73.0M²
2-RUMS 56.0M²
TRAPPERUM 27M²
OPHOLD
VÆRELSE
VÆRELSE
VÆRELSE
OPHOLD
OPHOLD
VÆRELSE
BAD
BAD
SPISEPLADS
KØKKEN
KØKKEN
ENTRE
ENTRE
BAD
TRAPPERUM
KØKKEN
SPISEPLADS
VÆRELSE
BAD
ENTRE
KØKKEN
OPHOLD
2-RUMS 56.0 M²
KØKKEN
OPHOLD
SPISEPLADS
2-RUMS 56.8 M²
ENTRE
BAD
VÆRELSE
ENTRE
BAD
VÆRELSE
SPISEPLADS
2-RUMS 59.4 M²
KØKKEN
OPHOLD
LYSTHUS
GEORGSGADE

# I. SALS PLAN

CARLSGADE
2--RUMS 61.8M²
3--RUMS 73.0M²
2--RUMS 56.0M²
TRAPPERUM 2M²
OPHOLD
VÆRELSE
VÆRELSE
VÆRELSE
OPHOLD
OPHOLD
VÆRELSE
BAD
BAD
SPISEPLADS
ENTRE
TRAPPERUM
KØKKEN
KØKKEN
ENTRE
KØKKEN
SPISEPLADS
REPOSE
REPOSE/ALTAN
BAD
VÆRELSE
ENTRE
KØKKEN
OPHOLD
2--RUMS 56.0 M²
KØKKEN
OPHOLD
SPISEPLADS
2--RUMS 56.8 M²
REPOSE/
ALTAN
ENTRE
BAD
VÆRELSE
LYSTHUS
SPISEPLADS
VÆRELSE
2--RUMS 59.4 M²
KØKKEN
OPHOLD
GEORGSGADE

# 2 SALS PLAN


CARLSGADE
2-RUMS 67,0 M²
LOFTRUM
VÆRELSE
OPHOLD
SPISEPLADS
KØKKEN
BAD
TRAPPERUM 22M²
TRAPPERUM
HEPOSE
SPISEPLADS
OPHOLD
2-RUMS 67,0 M²
VÆRELSE
LOFTRUM
GEORGSGADE
LYSTHUS

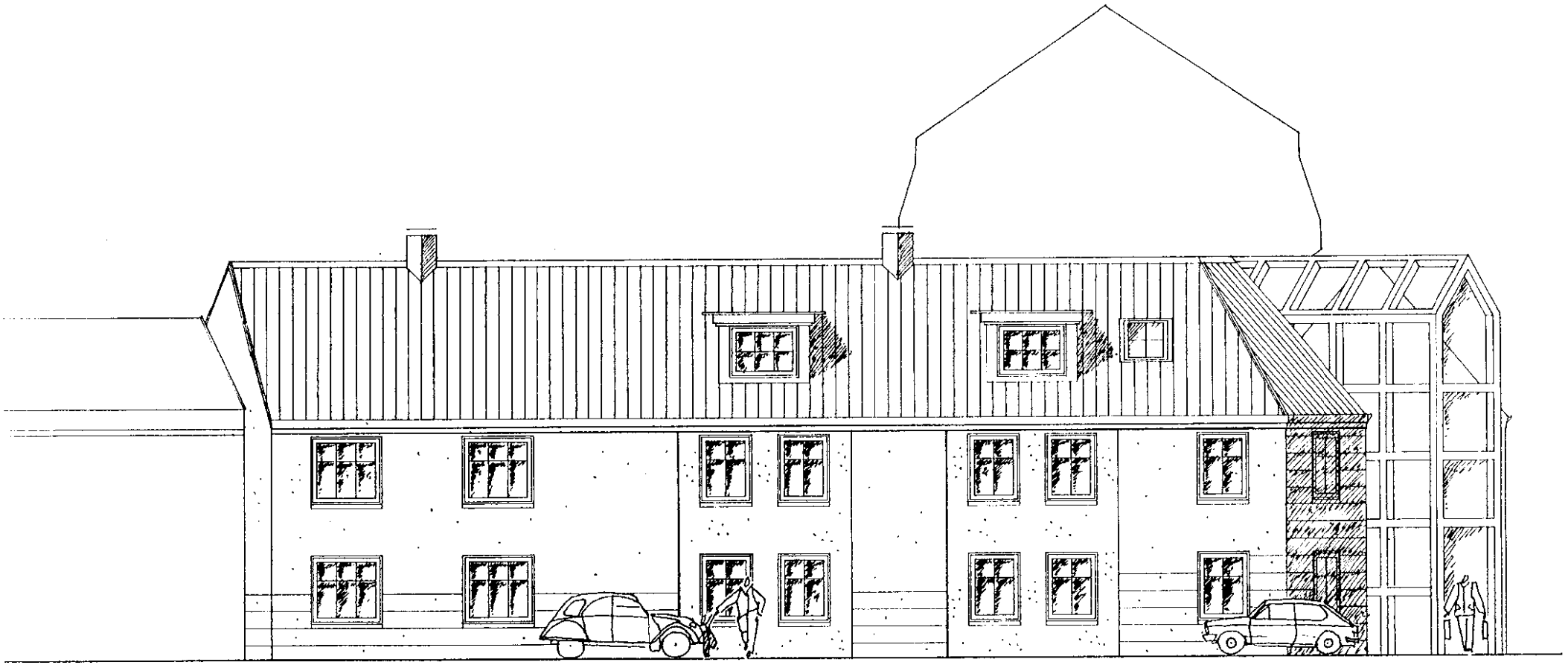





| | | |
|---|---|---|
| KLIENT: Andelsboligforeningen Højstrup, 5000 Odense C | | TEGN. NR.: (98)3.1 |
| EMNE: Genbrugshus i Georgsgade/Carlsgade, 5000 Odense C | | |
| TEGNING: Hovedsnit ved Carlsgade | | SAG NR.: 9116 |
| DATO: 18.05.92 | REV.: | MÅL: 1:50 |

ARKITEKTER M.A.A. TORKILD KRISTENSENS TEGNESTUE A/S CHR. WINTHERSVEJ 27B DK-5230 ODENSE M TLF. 66147227

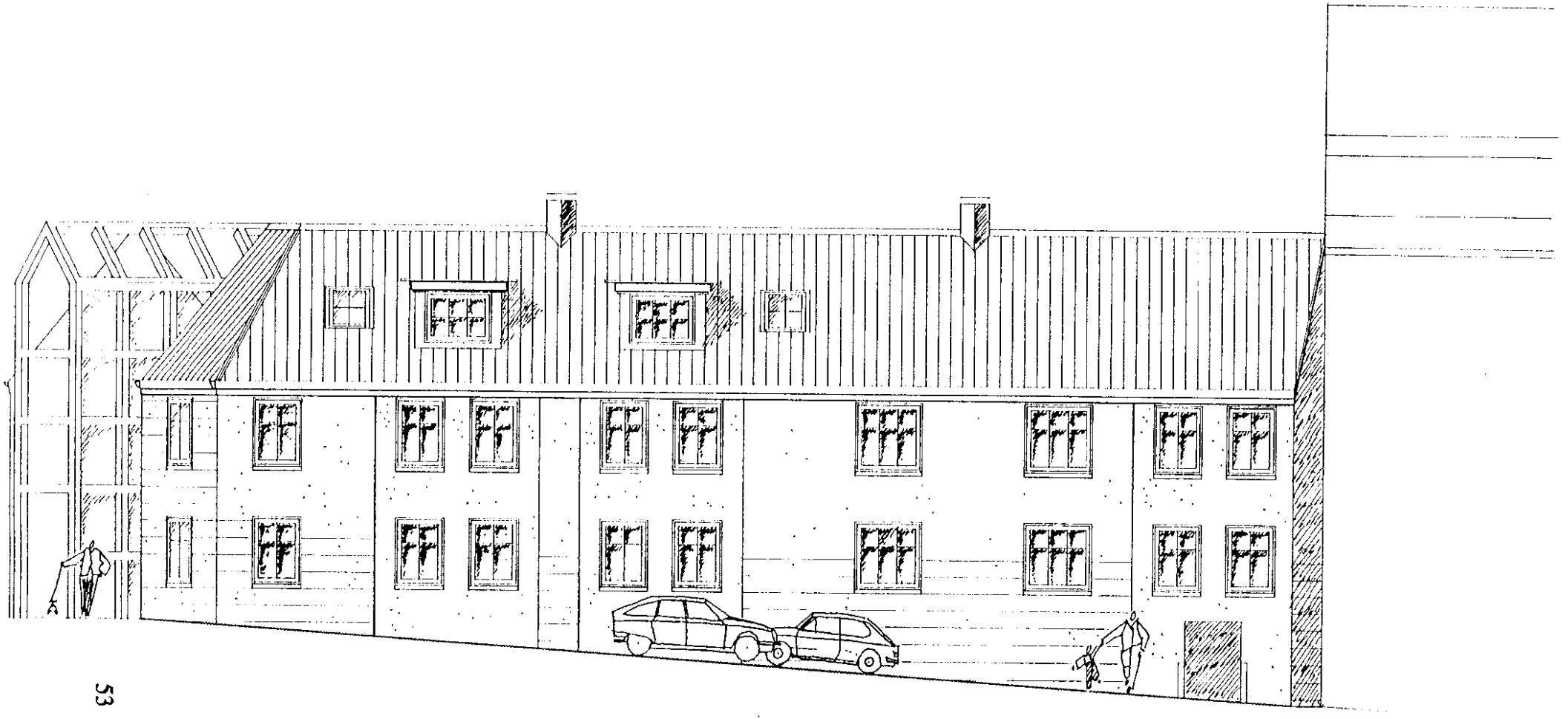
# FACADE MOD GEORGSGADE



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10M

MÅLESTOK

# FACADE MOD CARLSGADE

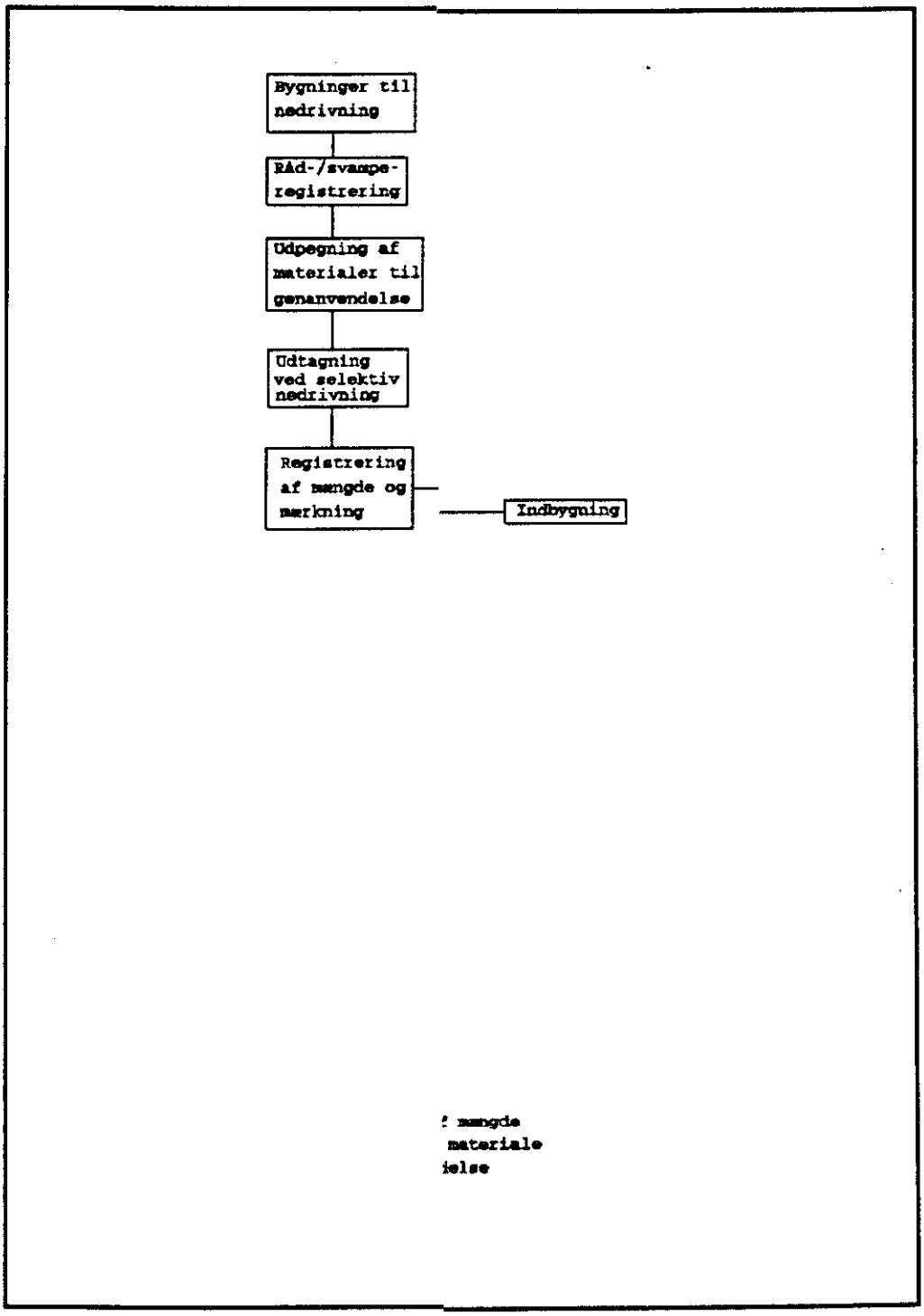


53

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10M

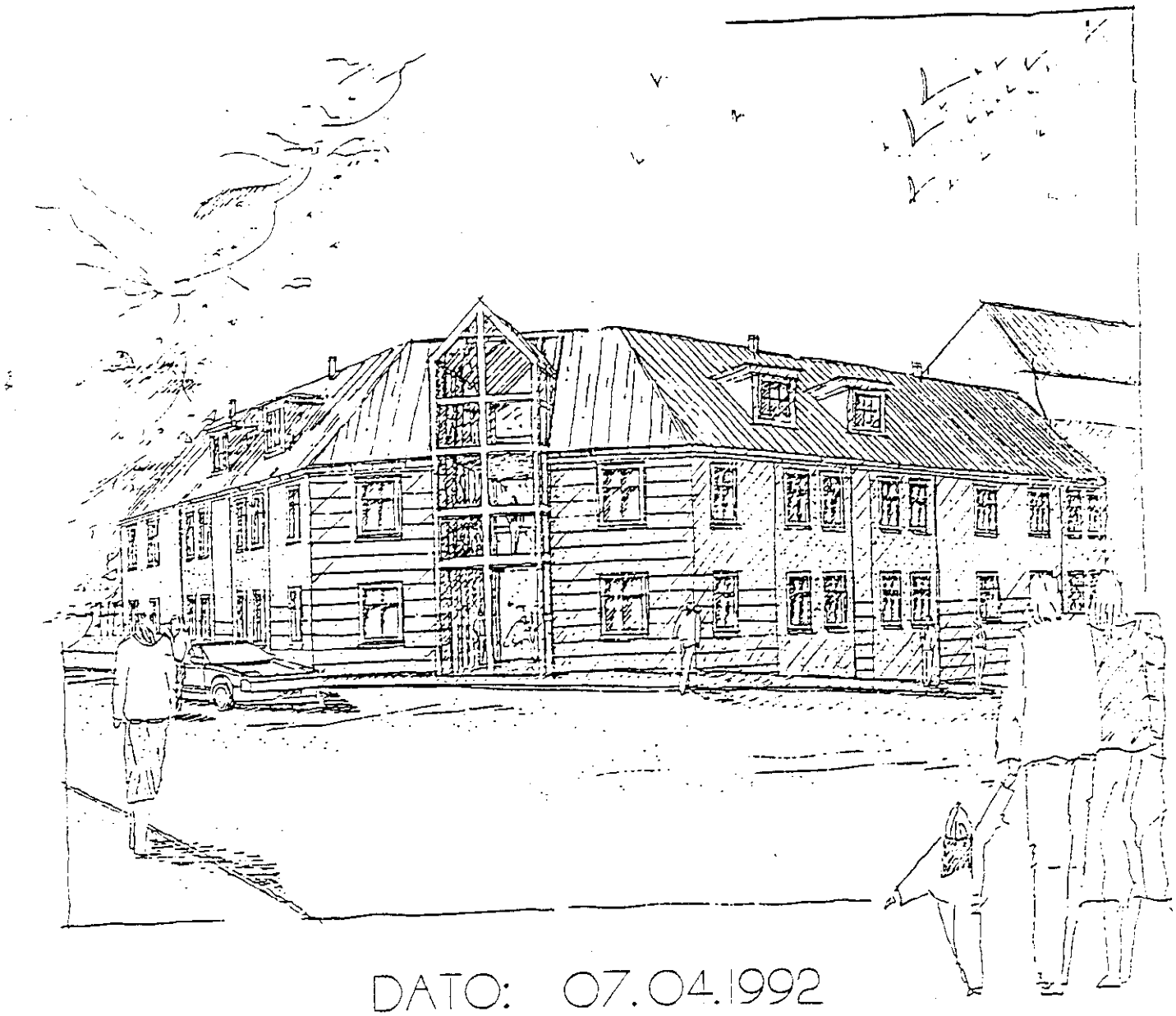
MÅLESTOK

# Aktivitetsdiagram for oparbejdning af bygningsmaterialer




*Aktivitetsdiagram*

# Specifikation af genbrugsmaterialer



DATO: 07.04.1992

# GENBRUGSHUS I GEORGSGADE ODENSE

FOR ANDELSBOLIGFORENINGEN HØJSTRUP, ODENSE

SPECIFIKATION
AF

# GENBRUGSMATERIALER

Specifikation af genbrugsmaterialer til genbrugshuset i Georgsgade, Odense.

Specifikationen omfatter tekniske krav, omfang, tidsplan for leverancen samt redegørelse for kontrolprocedurer.

Arkitekter m.a.a.
Torkild-Kristensens Tegnestue A/S
Chr. Winthersvej 27 B
5230 Odense M

Axel Nielsen as
Rådgivende Ingeniører
Vermehrensvej 14
5230 Odense M

# TILFYLDNING

## Anvendelse

Tilfyldning under gulv som kapillarbrydende lag.

## Fyldspecifikation

Det nedknuste materiale skal stamme fra en selektiv nedrivning af murstens- eller betonbyggeri.

Materialet må ikke indeholde skadelige mængder af organiske stoffer, ler og silt.

Materialet skal have en kornfordeling, der opfylder følgende betingelser:

$d_{max}$ = 32 mm
Højst 3 % ≤ 0,075 mm
Højst 20 % ≤ 2 mm

Materiale som anvendes til kapillarbrydende lag, skal have en kapillar stighøjde, der er mindre end halvanden af lagtykkelsen, og materialet må ikke have et større glødetab end 1 % (reduceret for kalkindhold).

## Omfang

Tilfyldning under gulv:

Mængde : 75 $m^3$

Leveres på byggepladsen omkring uge 35 1992.

## Kontrol

Leverandøren skal dokumentere, at materialet opfylder ovennævnte specifikationskrav, idet der skal udføres 2 kornstørrelsesanalyser, 2 kapillarbestemmelser og 2 glødetabsbestemmelser for materialet, der anvendes som kapillarbrydende lag.

## BETONTILSLAG

### Anvendelse

Tilslagsmaterialerne skal anvendes til beton med en karakteristisk trykbrudstyrke på 15-20 MPa, passiv miljøklasse i henhold til Dansk Betonforenings anvisning for *genanvendelsesmaterialer i beton.*

### Tilslagsspecifikation

Det nedknuste materiale skal opfylde kravene i Dansk Betonforenings anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton i passiv miljøklasse, klasse GP1 i henhold til GP2.

Mindre mængder af glas, metal, træ, tjære/bitumen m.v. kan accepteres, så længe kravene i anvisningen er opfyldt.

Materialet til klasse GP1 skal stamme fra en selektiv nedrivning af et normalt betonbyggeri. det skal verificeres, at betonen ikke indeholder skadelige stoffer i anvendelsestekniske og miljømæssige henseender (jvf. anvisningens afsnit 2.2.1).

Materialet i klasse GP2 skal stamme fra en selektiv nedrivning af et normalt murstensbyggeri, og skadelige stoffer i anvendelsestekiniske og miljømæssige henseender (jvf. anvisningens afsnit 2.2.1) skal være frasorteret under nedrivningen.

Materialet skal være sorteret i lige store mængder af fraktionerne 4-16 og 16-32 mm. I det samlede materiale skal kornstørrelserne være jævnt fordelt og uden partikelspring. I det samlede materiale skal korn med diameter < 4 mm udgøre under 5 %, korn med diameter < 2 mm udgøre under 2 %.

### Omfang

Beton til in-situ støbning:

Mængde: Fundamenter, kælder og terrændæk 294 tons.
Tilslagsklasse GP2, (nedknust tegl).
Maksimal kornstørrelse 32 mm.

Etagedæk 291 tons.
Tilslagsklasse GP1, (nedknust beton).
Maksimal kornstørrelse 32 mm.

Leveres på byggepladsen i perioden uge 32-37 1992 samt uge 39-40 og uge 43-44 1992.

Tilslaget skal leveres til et fabriksbetonanlæg i Fynsområdet ca. 1 måned før levering på pladsen d.v.s. fra uge 27 1992.

Beton til elementer:

Mængde: Elementer 22 tons.
Tilslagsklasse GP1, (nedknust beton).
Maksimal kornstørrelse 16 mm.

Leveres på byggepladsen i perioden uge 45-46 1992.

Tilslaget skal leveres til en elementfabrik ca. 1 måned før d.v.s. omkring uge 41 1992.

Af hensyn til forprøvning af blanderecepter skal der leveres en repræsentativ prøve på 5 tons af hver leverance omkring

Kontrol

Leverandøren skal dokumentere, at tilslagsmaterialerne opfylder kravene til GP1 og GP2 gennem kontrol af leverancen i henhold til DBF's anvisning.

På grund af leverancens begrænsede størrelse skal kontrolafsnittene i henhold til pkt. 2.1.26 dog ændres til 250 tons.

# STÅL

## Anvendelse

Stålbjælkerne og -søjlerne skal anvendes som midterunderstøtning for etagedækkene samt til afstivning af bærende murværk.

## Stålspecifikation

Stålprofilerne skal stamme fra selektive nedrivninger.

Stålet skal opfylde kravene til almindeligt konstruktionsstål Fe 360 efter ISO 630.

## Omfang

| Mængde: | Dimension | Antal stk. | Længde |
|---|---|---|---|
| | IPE 100 | 20 | 2,8 meter |
| | UNP 100 | 12 | 2,6 meter |
| | UNP 120 | 12 | 2,6 meter |
| | HE 100 B | 8 | 2,6 meter |
| | HE 120 B | 8 | 2,6 meter |
| | HE 180 B | 1 | 10,3 meter |
| | HE 200 B | 3 | 8,5 meter |
| | HE 200 B | 2 | 9,4 meter |
| | HE 220 B | 3 | 8,5 meter |
| | HE 220 B | 1 | 10,3 meter |
| | HE 240 B | 2 | 9,4 meter |

Leveres på byggepladsen løbende i perioden fra uge 35 1992.

## Kontrol

Leverandøren skal dokumentere, at stålets styrke svarer til ovennævnte krav.

## FACADETEGL

### Anvendelse

Teglstenene skal anvendes til formur i facade.

### Teglspecifikation

Teglstenene skal være rensede, frostfaste facadesten med en trykstyrke svarende til stenklasse 10.

Stenene skal stamme fra en selektiv nedrivning af et normalt murstensbyggeri. Stenene skal stamme fra facademurværk og må ikke have tegn på skader og skal være frasorteret inden vältning af vægfelter.

### Omfang

Sten til formur:

Mængde: 46.500 sten.

Leveres på byggepladsen i perioden uge 37 1992.

Af hensyn til forprøvning og prøvemuring skal en kvalitativ prøve på 300 sten leveres omkring 01. maj 1992.

### Kontrol

Leverandøren skal dokumentere stenenes frostfasthed og styrke. (Endelig udformning af kontrolkrav skal ske i samarbejde med Kalk- og Teglværkslaboratoriet.)

# INDERVÆGSTEGL

## Anvendelse

Teglstenene skal anvendes til opmuring af bærende bagmur i facade samt til ikke bærende skillevægge.

## Teglspecifikation

Teglstenene skal være rensede sten med følgende trykstyrke:

| | |
|---|---|
| Bagmur i facader - stue | stenklasse 25 |
| Bagmur i facader - 1. sal | stenklasse 20 |
| Lejlighedsskel | stenklasse 10 |
| Indvendige skillevægge | ingen krav til stenklasse |

Stenene skal stamme fra en selektiv nedrivning af et normalt ældre murstensbyggeri. Stenene skal være hele og må ikke have tegn på skader.

## Omfang

Sten til indervægge:

| | | |
|---|---|---|
| Mængde: | Bagmur i facader - stue | 21.000 sten |
| | Bagmur i facader - 1. sal | 21.000 sten |
| | Lejlighedsskel | 19.000 sten |
| | Indvendige skillevægge | 29.000 sten |

Leveres på byggepladsen i perioden uge 39-46 1992.

Af hensyn til forprøvning og prøvemuring skal en kvalitativ prøve på 150 sten af hver stenklasse leveres omkring 01. maj 1992.

## Kontrol

Leverandøren skal dokumentere stenenes styrke. (Endelig udformning af kontrolkrav skal ske i samarbejde med Kalk- og Teglværkslaboratoriet.)

## KONSTRUKTIONSTRÆ

### Anvendelse

Træet skal anvendes til tagkonstruktion og til den glasoverdækkede konstruktion i trapperummet og have en styrke svarende til K18 i henhold til DS 413.

### Træspecifikation

Træet skal sorteres i henhold til sorteringsreglerne i DS 413 anneks A, kvalitetsklasse K18.

Træet skal stamme fra en selektiv nedrivning af et traditionelt boligbyggeri. Træet skal være gennemgået for svampesporer.

### Omfang

Træ til spærfremstilling:

Dimension 60 x 170 mm:

Mængde: 105 længder på 5,4 m - ialt 567 lbm
18 længder på 5,8 m - ialt 105 lbm

Dimension 60 x 130 mm:

Mængde: 55 længder på 2,5 m - ialt 138 lbm
215 længder på 1,2 m - ialt 258 lbm
3 længder på 3,0 m - ialt 9 lbm

Dimension 50 x 100 mm:

Mængde: 14 længder á 300 cm

Dimension 100 x 100 cm:

Mængde: 34 længder á 300 cm

Leveres på byggepladsen i uge 45 1992.

Træet leveres til forarbejdning hos spærfabrikanten 1 måned før d.v.s. omkring uge 41 1992.

Øvrigt konstruktionstræ:

Dimensioner 150 x 150 mm:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mængde: | 42 længder på 3,0 meter | - ialt | 126,0 lbm |
| | 10 længder på 8,5 meter | - ialt | 85,0 lbm |
| | 5 længder på 6,5 meter | - ialt | 32,5 lbm |
| | 3 længder på 5,0 meter | - ialt | 15,0 lbm |

Leveres på byggepladsen i uge 1 1993.

Træet leveres til forarbejdning hos tømreren samtidig.

Af hensyn til prøvning skal 20 længder på 5 m i dimension 60 x 170 mm opskæres omkring 01. maj 1992.

Kontrol

Leverandøren skal dokumentere træets styrke og garantere, at det ikke indeholder råd eller svamp. (Endelig udformning af kontrolkrav skal ske i samarbejde med SBI.)

## GULVBRÆDDER

### Anvendelse

Brædderne skal anvendes som gulve i alle rum i boligerne, eksklusiv badeværelser.

### Træspecifikation

Brædderne skal stamme fra selektive nedbrydninger.

Træet skal være renset for søm o.l., samt være tykkelseshøvlet og renskåret til ens bredde. Brædderne skal have islået ny fer og not, samt være overfladepudsede.
Træet skal være gennemgået for svampesporer og borebiller.

### Omfang

Gulvbrædder (færdig dækbredde ca. 12 cm) 700 $m^2$ = 5.850 lbm.

Leveres på byggepladsen i perioden uge 2 1993 - uge 6 1993.

### Kontrol

Leverandøren skal dokumentere, at træet ikke indeholder levende borebiller, råd eller svamp (kontrolkrav udføres i samarbejde med SBI).

## GULVSTRØER OG LÆGTER

### Anvendelse

Som gulvstrøer i forbindelse med trægulve, og som lægter i forbindelse med tagkonstruktion.

### Træspecifikation

Strøer og lægter opskæres af tømmer, der stammer fra selektive nedbrydninger. Træet skal være renset for søm o.l.. Træet skal være gennemgået for råd og svampesporer inden opskæring på savværk.

### Omfang

Gulvstrøer - 50 x 50 mm 1.400 lbm

Leveres på byggepladsen i perioden uge 2 1993 - uge 6 1993.

Taglægter - 38 x 56 mm 2.500 lbm

Leveres på byggepladsen i uge 45 1992.

### Kontrol

Leverandøren skal dokumentere, at træet ikke indeholder levende borebiller, råd eller svamp (kontrolkrav udføres i samarbejde med SBI).

## SNEDKERTRÆ

### Anvendelse

Fodlister og gerichter i alle boliger.

### Træspecifikation

Brædder 19 x 100 mm opskæres af tømmer, der stammer fra selektive nedbrydninger. Træet skal være renset for søm o.l.. Træet skal være gennemgået for råd og svampesporer.

### Omfang

Brædder - 19 x 100 mm 1.300 lbm

Leveres på byggepladsen løbende fra uge 5 1993.

### Kontrol

Leverandøren skal dokumentere, at træet ikke er angrebet af råd eller svamp (kontrolkrav udføres i samarbejde med SBI).

# FORSKALLING

## Anvendelse

Spredt forskalling på 2. sal som underlag for gipspladeskråvægge.

Forskalling til bræddeskillerum ved depoter i kælder og til gangbro i tagrum.

Forskalling på kviste som underlag for zinkbeklædning.

## Træspecifikation

Forskallingsbrædder (25 x 100 mm og 25 x 125 mm) opskæres af tømmer, der stammer fra selektive nedbrydninger. Træet skal være renset for søm o.l.. Træet skal være gennemgået for råd og svampesporer.

## Omfang

| | | |
|---|---|---|
| Forskalling - | 25 x 100 mm | 2.550 lbm |
| Forskalling - | 25 x 125 mm | 110 lbm |

Leveres på byggepladsen løbende fra uge 46 1992.

## Kontrol

Leverandøren skal dokumentere, at træet ikke er angrebet af råd eller svamp (kontrolkrav udføres i samarbejde med SBI).

## INDVENDIGE DØRE

### Anvendelse

Samtlige indvendige døre incl. karme i boligerne.

### Specifikation

Dørene skal stamme fra selektive nedbrydninger.

Dørene skal afrenses for maling og lak ved varmebehandling/slibning.

Dørene skal pletspartles, slibes, grundes, mellemslibes og grundes, så de leveres færdige til slutmaling.

Karmene skal behandles som dørplader og udstyres med bundstykke i hårdt træ. Karme skæres af bredde til fælles mål 110 mm.

Døre og karme beslås med nye beslag, låsekasser og greb.

### Omfang

9 M x 21 M døre:

Højrehængte - 21 stk.
Venstrehængte - 23 stk.

Leveres på pladsen fra uge 5 1992.

Leveres til maler til færdigbehandling.

### Kontrol

Leverandøren skal dokumentere, at døre og karme ikke er angrebet af råd eller svamp (kontrolkrav udføres i samarbejde med SBI).

## VINDUER OG UDVENDIGE DØRE

### Anvendelse

Udvendige døre og vinduer udført af opskåret genbrugstræ.

### Specifikation

Afrenset tømmer, der skal være gennemgået for råd- og svampesporer, opskæres på savværk. Tømmeret skal være trykspulet og renset for søm o.l.

### Omfang

Vinduer:

| | | |
|---|---|---|
| V-1 | (118,8 x 158,8 cm) | : 58 stk. |
| V-2 | (160,8 x 158,8 cm) | : 8 stk. |
| V-4 | ( 94,8 x 158,8 cm) | : 8 stk. |

Karm: (dimension)

| | | |
|---|---|---|
| 125 x 50 mm | - længde á 160 cm | : 165 stk. |
| 125 x 50 mm | - længde á 130 cm | : 130 stk. |
| 125 x 50 mm | - længde á 170 cm | : 20 stk. |
| 125 x 50 mm | - længde á 105 cm | : 20 stk. |

Rammer: (dimension)

| | | |
|---|---|---|
| 63 x 75 mm | - længde á 165 cm | : 195 stk. |
| 63 x 75 mm | - længde á 125 cm | : 130 stk. |
| 63 x 75 mm | - længde á 100 cm | : 20 stk. |

Midterpost: (dimension)

| | | |
|---|---|---|
| 75 x 100 mm | - længde á 165 cm | : 10 stk. |

Sprodser: (dimension)

| | | |
|---|---|---|
| 63 x 63 mm | - længde á 160 cm | : 140 stk. |
| 63 x 63 mm | - længde á 90 cm | : 10 stk. |

Leveres på pladsen uge 47 1992.

Udvendige døre:

| | | |
|---|---|---|
| Højrehængt | 10 M x 21 M facadedør | : 4 stk. |
| Venstrehængt | 10 M x 21 M facadedør | : 4 stk. |

Dimension:

| | | |
|---|---|---|
| 63 x 125 mm | - længde á 215 cm | : 35 stk. |
| 63 x 125 mm | - længde á 105 cm | : 45 stk. |
| 50 x 125 mm | - længde á 105 cm | : 8 stk. |
| 19 x 100 mm | - længde á 180 cm | : 140 stk. |

Leveres på pladsen uge 47 1992.

Kontrol

Leverandøren skal dokumentere, at træet ikke er angrebet af råd eller svamp. (Kontrolplan gennemføres på sorteringspladsen i samarbejde med SBI.)

## NATURSKIFER

### Anvendelse

Naturskifer til tagdækning på hele bygningen, eksklusiv trapperum.

### Specifikation

Naturskiferen skal stamme fra selektive nedbrydninger. Skiferen skal være rengjort, afrenset og i hele stykker uden synlige revner eller brud.

### Omfang

14" skifer : 7.000 stk.

Antallet er fastsat udfra et formodet "overforbrug" (spild) på 2 stk./$m^2$ så forbruget bliver 13 stk./$m^2$.

Leveres på byggepladsen uge 51 1992.

### Kontrol

Tillæg V

# Grundstensdokument

Det er fredag den 30. oktober 1992 kl. 11.00 og grundstenen til dette byggeri bliver indmuret.

Byggeriet består af 14 almennyttige boliger i et byhus, og byggematerialerne, som anvendes ved opførelsen, består for en stor del af genbrugte materialer fra nedrevne bygninger. Murstenene, tømmeret og naturskiferen kommer fra bygninger, som har ligget i umiddelbar nærhed af dette projekt.

Dette forsøg gennemføres for at vise nye veje for genanvendelse af byggematerialer i det industrialiserede byggeri og for at reducere miljøbelastninger og ressourceforbrug og samle erfaringer, som kan anvendes på fremtidigt byggeri.

Første projektmøde blev afholdt den 14. maj 1991, men allerede forud for dette var ideen bearbejdet og undersøgt. Byggestarten fandt sted den 22.09.1992, og byggeriet forventes klar til indflytning den 01.09.1993.

Den samlede anskaffelsessum udgør 10 mill. kr., og derudover har Miljøstyrelsen ydet støtte på kr. 2.240.000,- til gennemførelse af forsøget.

Opgaven har været i indbudt licitation, og udførelsen er overdraget i hovedentreprise til Højgaard & Schultz Vest A/S.

Som et minde til eftertiden om denne begivenhed på byggepladsen, er dette dokument indlagt i blyrør i muren sammen med et eksemplar af dagbladet Fyens Stiftstidende og et eksemplar af gangbar mønt år 1992.

Grundstenen bliver lagt af:

Rådmand Lennart Larson, Magistratens 2. afdeling, lægger den første sten, som repræsentant for de kommunale myndigheder. Murerskeen bliver derefter videregivet til Miljøstyrelsen og Byfornyelsesselskabet Odense ved formand Edvind Witved som repræsentant for fremskaffelsen og koordineringen af genbrugsmaterialer fortsætter indmuringen, og finpudsningen og afslutningen står bygherrens repræsentant for ved formand Erik Nielsen fra Andelsboligforeningen Højstrup.

Til projektet er følgende samarbejdspartnere tilknyttet:
Arkitekt m.a.a. Torkild Kristensens Tegnestue A/S.
Rådgivende ingeniører, Axel Nielsen - Carl Bro as.
Miljøstyrelsen, v/Genbrugsrådet.
Rådgivende ingeniører, Demex A/S.
Byfornyelsesselskabet Odense.
Odense kommune, Projekt bygningsrenovering.
Byggeadministration: Arbejderbo.
Andelsboligforeningen Højstrup, afd 43,
som er bygherre.

Med ønsket om at dette byggeri må leve op til de forventninger, som forsøget indebærer og samtidig kan blive rammen for trivsel og glæde for de kommende beboere i Boligforeningen Højstrup's afd. 43, lukkes og indmures dette dokument.

Andelsboligforeningen Højstrup.

# DTI: Materialeprøvninger

Axel Nielsen A/S
Rådgivende Ingeniører
Att. Inge Lise Schæchter
Vermehrensvej 14
5230 Odense M

1993.02.05
jab045/lib

**Genbrugshuset, Georgsgade/Carlsgade, Odense**

---

Som aftalt pr. brev 1993.01.21 og efterfølgende fax har jeg 1993.01.28 gennemgået et parti planker (dim. ca. 63 x 175 mm), skåret af genbrugstømmer. Plankerne var lagret på Kildenmosevej 12, Odense.

Ved starten af dette genbrugsprojekt har jeg sidste år - jf. brev 1992.05.20 - besigtiget et mindre parti planker, til samme byggeri.

Formålet med gennemgangen 1993.01.28 var specielt at vurdere forekomster af dybe svindrevner og forskellige udskæringer, der havde givet høj kassationsprocent ved sortering til DK 18.

De planker, der var lagt til side som ringere end DK 18, blev gennemgået.

På baggrund af denne gennemgang kan følgende tilføjes til de retningslinier for skæring og sortering af planker af genbrugstømmer, som er anført i brev af 1992.05.20:

1. Svindrevner må ikke være gennemgående fra bredside til bredside. Bedømmelse af denne type revner kan være vanskelig, og bør derfor indøves inden start på sortering.

2. Svindrevner på smalsiderne (kanterne) kan give problemer ved sømning af lægter m.m.. Dette skal der tages hensyn til ved anvendelsen.

3. Vandkant må efter reglerne for DK 18 højst være ½ x sidemål.
   Det skønnes, at kravet til vandkant kan lempes til maks. 3/4, såfremt det ved indbygningen sikres, at vandkanten ikke svækker de anvendte samlinger.

4. Ved styrkesortering til DK 18 kan emner med boltehuller og udskæringer medtages efter nærmere aftale med den projekterende. Den projekterende fastsætter, hvor store tværsnitsreduktioner der kan tillades ved den aktuelle anvendelse af træet.



Dansk Teknologisk Institut
Taastrup
Gregersensvej
Postboks 141
DK-2630 Taastrup
Telefon 42 99 66 11
Telefax 42 99 54 36
Giro 4 65 65 63

Teknologiparken
DK-8000 Aarhus C
Telefon 86 14 24 00
Telefax 86 14 77 22
Giro 4 65 65 63

1993.02.05
jab045/lib

På grundlag af de anførte punkter 1-4 blev en større del af de gennemgåede planker klassificeret som DK 18.

Som nævnt ved gennemgangen, bør der i forbindelse med genbrugsprojektet laves en vurdering af fordele og ulemper ved anvendelse af tømmer i originaldimension - kontra planker skåret heraf.

Foruden sortering af planker, blev styrkesortering af taglægter også drøftet. Til orientering vedlægges en kort artikel om dette emne.

Med venlig hilsen
**Træteknik**

Jan Buchter

Vedlagt.
Artikel

Axel Nielsen A/S
Rådgivende Ingeniører
Att.: Inge Lise Schächter
Vermehrensvej 14
5230 Odense M

20. maj 1992
JAB217/-/sgr

Vedr.: Konstruktionstræ til genbrugshuset, Odense

Som aftalt jfr. brev 1992.05.06 har jeg 1992.05.13 besigtiget et mindre parti 60 x 130 mm planker skåret af genbrugstømmer.

Formålet var at vurdere plankernes kvalitet jfr. styrkesorteringsreglerne for DK 18 i DS 413 "Norm for Trækonstruktioner".

De synede planker var overvejende af træarten fyr samt en mindre del gran.

Plankerne var uden vankant, skåret 2 stk. ud af et stykke tømmer, således at marven lå nogenlunde midt i den ene bredside på plankerne. Af de planker, der blev gennemgået, opfyldte ca. 3/4 kravene til DK 18, mens der i de resterende var fejl, som ikke er tilladt.

Der blev fundet følgende fejltyper, som ikke er tilladt i konstruktionstræ:

1. Ringrevner, d.v.s revner, der følger årringenes retning.

2. Brud, muligvis skade der er påført tømmeret inden opskæring til planker

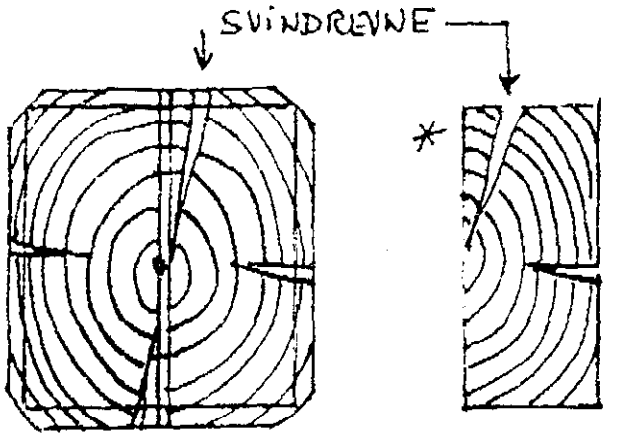
3. Boltehuller og udskæringer fra den tidligere anvendelse af tømmeret.

Disse fejl skal afkortes, hvis plankerne skal anvendes som DK 18.

Herudover var der emner med enkelte brune striber (råd) i gran og mindre angreb af borebiller. De gældende styrkesorteringsregler tillader ikke sådanne fejl. Såfremt emnerne skal medtages, bør det kun ske efter sagkyndig vurdering af fejlens omfang, betydning for styrke og risiko for senere udvikling af angrebet.

Generelt må det frarådes at anvende planker som de synede til tandpladesamlede spær, idet placering og størrelse på svindrevner kan ødelægge tandpladernes forankring.

I stedet kan spærene samles med sømplader, bolte eller sømmede lasker. Uanset den valgte samlings form skal det sikres, at svindrevnerne ikke er placeret, så de svækker samlingerne.




* Planker skåret af genbrugstømmer bør ikke samles med tandplader idet svindrevnerne kan svække tandpladernes forankring.

Forslag til retningslinjer for skæring og sortering af planker af genbrugstømmer:

1. Der bør kun skæres 2 planker af hvert stykke tømmer - således at marven kommer til at ligge nogenlunde midt i den ene bredside på plankerne.

2. Tømmeret bør have overmål i forhold til plankerne, således at evt. vridninger eller krumninger i tømmeret ikke giver undermål på plankerne.

3. Selv om det ikke kræves til DK 18, bør sortering foretages af en autoriseret T-virke sorterer.

4. Sortereren skal være særlig opmærksom på forekomst af ringrevner og brud (mekaniske skader).

5. Emner med råd - eller insektangreb - bør kun medtages efter besigtigelse foretaget af en specialist.

Med venlig hilsen
**TRÆTEKNIK**

Jan Buchter

FOTOKOPI

| TKT | Modt.: 13.01.93 | | |
|---|---|---|---|
| | Sag nr.: 91.16 | | |
| Init.: | Dato: | Kopi: | Dato: |
| TK | 13.1 | LS | 15.1 |
| IF | 14.1 | JR | 15.1 |
| SV | 14.1 | CN | 15.1 |
| | | P= | 15.1 |

Arkitekter m.a.a.
Torkild Kristensens Tegnestue A/S
Chr. Winthersvej 27 B
5230 Odense M

1993.01.12
JSO/BDL

Vedr.: Andelsboligforeningen Højstrup, afd. 43, Genbrugshus i Odense.

Med brev af 12. november 1992 modtoges 5 stk. genbrugssten, der oplystes at være udtaget på paller leveret til opmuring på pladsen.

Stenenes ene løberside var misfarvet af mørkt materiale, og ud for disse sten blev et påført vandskuringslag misfarvet.

I brevet var der stillet følgende spørgsmål:

"Hvad består disse "misfarvninger" af og hvorledes sikres det, at der til foråret kan foretages betryggende malerbehandling uden risiko for nye udtræk?"

På DTI-Kemiteknik er den misfarvede løberside undersøgt på 2 mursten ved hjælp af XRF-analyse og no-standard-beregning, se bilag A. Til sammenligning er tilsvarende analyse udført på ren brudflade. Se bilag B, hvor de omhandlede prøver er mærket nr. 1 og 2.

Endvidere er der på Murværkscentret foretaget en saltindholdsbestemmelse, se bilag C.

Konklusion.

Undersøgelsen viser, at de misfarvede stenoverflader indeholder betydelige mængder af skadevoldende materiale, der er opløselig i vand - især kalciumsulfat (gips).

Det må forventes, at dette materiale kan medføre misfarvninger på et påført malingslag og/eller det kan medvirke til afskalninger. Derfor er det nødvendigt at fjerne det mørke lag på murværkets synsflade.

Med venlig hilsen
Murværkscentret

Jens Østergaard

Byggeteknisk Institut
Murværkscentret

○ Gregersensvej
Postboks 141 · 2630 Taastrup
Tlf. 42 99 66 11 · Fax 42 52 46 90
Giro 4 65 65 63

● Teglbækvej 20
Postboks 70 · 8361 Hasselager
Tlf. 86 28 38 11 · Fax 86 28 34 54
Giro 4 65 65 63

○ Teknologiparken · 8000 Århus C
Tlf. 86 14 24 00 · Fax 86 14 70 06
Giro 4 65 65 63

○ Dr. Neergaards Vej 13
Postboks 82 · 2970 Hørsholm
Tlf. 42 86 63 11 · Fax 42 86 90 84
Giro 4 65 65 63

1993.01.07
252-2-6143
HLH/BNO/BDL
Bilag B

# SALTINDHOLD I OVERFLADELAG PÅ MURSTEN.

## 1. Indledning.

Murværkscentret (MUC) har for Thorkild Kristensens Tegnestue A/S, Odense, undersøgt saltindholdet i mørke overfladelag på mursten.

MUC modtog 13-11-1992 tre gule genbrugssten, hvis oprindelige synsflader havde sorte eller mørkegrå fladedækkende misfarvninger. Disse misfarvninger mistænktes for at være årsag til sorte udtræk gennem senere påførte vandskuringslag.

## 2. Laboratorieundersøgelser.

Sort eller gråt overflademateriale blev udtaget fra alle 3 sten ved slibning med smergellærred.
Herefter blev der afvejet en analyseprøve på 1,3 g. Heri bestemtes indholdet af opløselige salte som beskrevet i bilag 1.
I opløsningen bestemtes desuden indhold af jern og mangan.
Resultaterne er vist i efterfølgende tabel.

| | | Vægt% |
|---|---|---|
| Natrium | Na | 0,11 |
| Kalium | K | 0,09 |
| Magnesium | Mg | 0,05 |
| Kalcium | Ca | 0,84 |
| Jern | Fe | <0,001 |
| Mangan | Mn | 0,001 |
| Sulfat | $SO_4^{2-}$ | 4,35 |
| Klorid | $Cl^-$ | 0,02 |

## 3. Kommentarer.

Analysen viser et stort indhold af kalciumsulfat (gips, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$), mindre indhold af natrium, kalium og magnesium, der formentlig også findes som sulfater.

Hasselager, den 7. januar 1993
Murværkscentret

Helge Hansen

Bente Nørgaard

**Byggeteknisk Institut**
*Murværkscentret*

○ Gregersensvej
Postboks 141 · 2630 Taastrup
Tlf. 42 99 66 11 · Fax 42 52 46 90
Giro 4 65 65 63

○ Teglbækvej 20
Postboks 70 · 8361 Hasselager
Tlf. 86 28 38 11 · Fax 86 28 34 54
Giro 4 65 65 63

○ Teknologiparken · 8000 Århus C
Tlf. 86 14 24 00 · Fax 86 14 70 06
Giro 4 65 65 63

○ Dr. Neergaards Vej 13
Postboks 82 · 2970 Hørsholm
Tlf. 42 86 63 11 · Fax 42 86 90 84
Giro 4 65 65 63

1992.12.09
vni/bygg/10487.jsc
310 2 6044
Bilag C

Byggeteknisk Institut
Murværkscentret
Jens Østergaard
252 2 6144

**Undersøgelse af teglsten**

Kemiteknik, Dansk Teknologisk Institut, har efter aftale undersøgt mørkfarvet overflade på gule teglsten ved hjælp af XRF-analyse og no-standard-beregning. Til sammenligning er tilsvarende analyse udført på ren brudflade.

**Følgende emner er undersøgt:**

Prøve 1: Gul sten med sort overflade

Prøve 2: Gul sten med grå overflade

Prøve 3: DSB - gul sten med sort overflade

Fra prøverne 1 og 2 er der slået skaller af på 2-5 mm i tykkelse, og XRF-analyse er lavet på begge sider.

Prøve 3 består af en skal, og samme analyse er udført.

Beregningerne tager kun hensyn til de elementer, der ses i spektret, og lette grundstoffer ses ikke, hvorfor beregningen i realiteten giver for høje værdier, idet fx ilt ikke medregnes. Til sammenlignende vurdering er beregningerne ganske gode. Det må i øvrigt erindres, at analyseresultaterne opnås i den øverste ½-1 mm af prøven.

I bilagene ses beregningerne. Prøve 1 viser et mærkværdigt resultat med stort siliciumindhold i sort overflade kontra brud. Det kunne ligne en overfladebehandling med siliconeolieholdigt materiale. Desuden ses øget indhold af fosfor og svovl samt jern og bly. Bly kan tilskrives udstødningsgas fra benzindrevne biler.

1992.12.09
vni/bygg/10487.jso
310 2 6044

Prøve 2 viser kun mindre øgning i absolut mængde af fosfor og svovl i overfladen, hvorimod jern er steget markant.

Prøve 3 viser kraftig øgning af svovl i overfladen. Her ses også øget Si-signal samt kalium og jern.

De observerede ændringer er vanskelige at uddrage sikre konklusioner af, og forsigtighed må tilrådes ved vurdering. Yderligere kendskab til behandling, eksposition etc. er nødvendig før nærmere vurdering.

Venlig hilsen
Kemiteknik

Vagn Nielsen
Akademiingeniør

Bilag

DTI

DEMEX
Rådgivende Ingeniører A/S
Hejrevej 26, 3. sal
2400 København NV

1994.01.18
pbk/sol

**Renere teknologianalyse og delrapport fra genbrugshuset i Odense**

Vedlagt fremsendes ovennævnte.

Med venlig hilsen
Murværkscentret

Per Kristensen


***Murværkscentret***
***DTI Byggeteknisk Institut***
***Dansk Teknologisk Institut***

○ *Gregersensvej*
*Postboks 141*
*DK-2630 Taastrup*

*Tlf. 43 50 43 50*
*Fax 43 50 40 99*
*Giro 4 65 65 63*

○ *Teglbækvej 20*
*Postboks 70*
*DK-8361 Hasselager*

*Tlf. 86 28 38 11*
*Fax 86 28 34 54*
*Giro 4 65 65 63*

○ *Teknologiparken*
*DK-8000 Århus C*

*Tlf. 89 43 89 43*
*Fax 89 43 81 43*
*Giro 4 65 65 63*

1992.10.21
252-2-5115
PBK/HRA/GN

# PROJEKT DET GENANVENDTE HUS I ODENSE.

## 1. Indledning.

I forbindelse med projektet **Det genanvendte Hus i Odense**, har Murværkscentret (MUC) foretaget den i Dansk Ingeniørforenings norm for murværkskonstruktioner, 4. udgave, juli 1991, Dansk Standard DS 414, afsnit 1.1.3 anførte typeprøvning for murværk, idet der dog kun blev foretaget bestemmelse af basistrykstyrken for 6 skifter høje 1-stenspiller.

## 2. Materialer

**Mursten:**
De til prøvningerne anvendte mursten blev indleveret af rekvirenten den 19-5-1992. Der blev ialt modtaget 4 x 160 stk. brugte mursten. Murstenene blev indleveret på 4 stk. europaller, som var mærket henholdsvis med et gult F, gult B, rødt F og rødt B.

**Mørtel:**
Den til prøvningerne anvendte mørtel blev efter rekvirentens ønske leveret af Danroc a/s, Vejle.
Der blev anvendt to typer tørmørtel - KC 50/50/750 og KC 35/65/650.
Tørmørtlerne blev modtaget henholdsvis den 25-5-1992 og den 26-5-1992.

## 3. MUC oplysninger.

De indleverede brugte mursten blev på MUC inddelt i 4 serier, som blev muret med KC 50/50/750 og 4 serier som blev muret med KC 35/65/650.
Der blev ialt opmuret 36 stk. 1-stens-piller til prøvning.
Murstenenes inddeling og den anvendte mørteltype er angivet i tabel 1.



**Byggeteknisk Institut**
*Murværkscentret*

○ Gregersensvej
Postboks 141 · 2630 Taastrup
Tlf. 42 99 66 11 · Fax 42 52 46 90
Giro 4 65 65 63

● Teglbækvej 20
Postboks 70 · 8361 Hasselager
Tlf. 86 28 38 11 · Fax 86 28 34 54
Giro 4 65 65 63

○ Teknologiparken · 8000 Århus C
Tlf. 86 14 24 00 · Fax 86 14 70 06
Giro 4 65 65 63

○ Dr. Neergaards Vej 13
Postboks 82 · 2970 Hørsholm
Tlf. 42 86 63 11 · Fax 42 86 90 84
Giro 4 65 65 63

Tabel 1. Murstenenes inddeling, mørteltyper samt prøvelegemernes fordeling på mørtelblandingerne.

| Rekvirentens oplysninger | MUC OPLYSNINGER | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Serie nr. | 1-stens-pille nr. | Anvendt mørteltype | Mørtelblanding nr. |
| Rød F facademur, formur | B | 1-6 | KC 50/50/750 | 1 |
| Rød B indvendig mur | A | 7-9 | KC 50/50/750 | 1 |
| Rød B indvendig mur | A | 10-12 | KC 50/50/750 | 2 |
| Gul B | C | 13-18 | KC 50/50/750 | 2 |
| Gul F | D | 19-24 | KC 50/50/750 | 3 |
| Rød F facademur, formur | B | 25-27 | KC 35/65/650 | 4 |
| Rød B indvendig mur | A | 28-30 | KC 35/65/650 | 4 |
| Gul B | C | 31-33 | KC 35/65/650 | 5 |
| Gul F | D | 34-36 | KC 35/65/650 | 5 |

## 4. Prøvninger.

A. Bestemmelse af de friske mørtlers vandbehov, konsistens, vandudskillelse, vandholdeevne, luftindhold og densitet.

B. Bestemmelse af de hærdnede mørtlers densitet, bøjningstræk- og trykstyrke, fuldt karbonatiserede areal og vandindhold ved prøvning.

C. Bestemmelse af basistrykstyrken for 6 skifter høje 1-stenspiller, samt beregning af de karakteristiske værdier.

## 5. Fremstilling og lagring af prøvelegemer.

Opmuringen af prøvelegemerne indledtes den 25-5-1992. Mørtlerne blev fremstillet i takt med opmuringen af prøvelegemerne.

Der blev ialt fremstillet 5 mørtelblandinger baseret på 100 kg tørstof.
Blandingen skete i en tvangsblander, hvor der først blev blandet tørt i 1 minut.
Mørtlen blev derefter blandet i 5 minutter, hvor vandtilsætningen skete inden for det første minut, derefter henstod mørtlen 15 minutter i blandekarret. Inden sammenmuringen blev mørtlen yderligere omrørt 1 minut i blandekarret. Vandmængden blev fastsat i samråd med den murer, der skulle mure prøvelegemerne og den blev tilpasset således, at mureren fandt mørtlen bekvem til opmuring af de aktuelle 1-stenspiller.

Pillerne blev muret med 3 skifter på 200 mm.

Efter opmuringen af 1-stenspillerne, henstod prøvelegemerne i konditioneringsrum ved 20±2°C og 65±5% relativ fugtighed, indtil prøvningen fandt sted 28±1 døgn efter opmuringen.

## 5.1 Fremstilling, lagring og prøvning af mørtelprøvelegemerne.

Af hver af de to mørteltyper blev der fremstillet og prøvet nogle mørtelprøvelegemer efter Nordisk Pudskomités regler. Prøvelegemerne bestod af 20·20·120 mm mørtelstænger, som blev udstøbt i formrammer indrettet til 3 stænger liggende side om side. Der blev ialt udstøbt 6 mørtelstænger af hver mørteltype.

Murstenenes sugning blev efterlignet ved sugning fra 4 lag trækpapir over og 4 lag under mørtlen. Mørtelstængerne blev afformet efter 3 timer. Stængerne blev lagret i et lukket rum med vandmættet luft i 7 døgn og derefter 21 døgn i luft i klimarum ved 20±2°C og 65±5% relativ fugtighed indtil prøvning fandt sted.

# 6. Prøvningsresultater.

## 6.1 Bestemmelse af de friske mørtlers vandbehov, konsistens, vandudskillelse, vandholdeevne, luftindhold og densitet.

./. De anvendte prøvningsmetoder er beskrevet i bilag 1.
De fundne resultater er indført i tabel 2.

Tabel 2. De friske mørtlers vandbehov, rystebordstal, vanddudskillelse, vandholdeevne, luftindhold og densitet.

| Blanding | Tilsat vand ved blanding | Ryste-bords-tal | Vanddudskillelse i ml efter | | Vand-holde-evne (Afgi-vet vand) | Luftindhold | | Densi-tet |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 time | 3 timer | | MUC metode | Pressur-meter | |
| nr. | vægt% | | | | g | rum% | rum% | kg/m³ |
| 1 | 17,5 | 1,62 | 1,2 | 1,4 | 3,3 | 2,8 | 2,6 | 2054 |
| 2 | 17,5 | 1,62 | | | | | | |
| 3 | 17,5 | 1,63 | | | | | | |
| 4 | 17,7 | 1,74 | | | | | | |
| 5 | 17,7 | 1,75 | 2,3 | 2,5 | 5,8 | 2,0 | 2,3 | 2085 |

Til blanding nr. 1, 2 og 3 er der anvendt KC 50/50/750 og til blanding nr. 4 og 5 er der anvendt KC 35/65/650.

## 6.2 Bestemmelse af de hærdnede mørtlers densitet, bøjningstrækstyrke, trykstyrke, fuldt karbonatiserede areal og vandindhold ved prøvningen.

./. De anvendte prøvningsmetoder er beskrevet i bilag 2. De fundne resultater er indført i tabel 3, hvor værdierne er middeltal for 6 stænger.

Tabel 3. De hærdnede mørtlers densitet, bøjningstrækstyrke, trykstyrke, fuldt karbonatiserede areal og vandindhold efter 7 døgn i fugtig luft og 21 døgn i klimarum ved 20°C og 65% relativ fugtighed.

| Blanding | MØRTELSTENGERNES | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | densitet | bøjningstrækstyrke | trykstyrke | fuldt karbonatiserede areal | vandindhold ved prøvning |
| nr. | kg/m³ | MPa | MPa | % | vægt% |
| 1 | 1925 | 2,8 | 7,9 | 55 | 1,4 |
| 5 | 1949 | 3,6 | 14,1 | 45 | 1,5 |
| De angivne værdier er middeltal for 6 stænger | | | | | |

Til blanding nr. 1 er der anvendt KC 50/50/750 og til blanding nr. 5 er der anvendt KC 35/65/650.

## 6.3 Bestemmelse af basistrykstyrken for 6 skifter høje 1-stenspiller, samt beregning af de karakteristiske værdier.

Der blev ialt prøvet 36 stk. 1-stenspiller, prøvningen blev foretaget som beskrevet i DS 438.14.
./. Den anvendte prøvningsmetode er beskrevet i bilag 3.
./. Den anvendte metode til beregning af karakteristisk værdi er beskrevet i bilag 4.
De fundne resultater er indført i tabel 4 og 5.

Tabel 4. Trykstyrke af 1-stenpiller af brugte mursten, muret med KC 50/50/750.

Serie A. KC 50/50/750

| 1-stenspiller | |
|---|---|
| Pille nr. | Trykstyrke MPa |
| 7 | 6,01 |
| 8 | 6,49 |
| 9 | 6,80 |
| 10 | 8,33 |
| 11 | 6,18 |
| 12 | 6,99 |
| Middel | 6,80 |
| Karakteristisk værdi | 4,89 |

Serie B. KC 50/50/750

| 1-stenspiller | |
|---|---|
| Pille nr. | Trykstyrke MPa |
| 1 | 7,61 |
| 2 | 6,47 |
| 3 | 6,54 |
| 4 | 5,60 |
| 5 | 6,62 |
| 6 | 7,20 |
| Middel | 6,67 |
| Karakteristisk værdi | 5,17 |

Serie C. KC 50/50/750

| 1-stenspiller | |
|---|---|
| Pille nr. | Trykstyrke MPa |
| 13 | 8,21 |
| 14 | 8,69 |
| 15 | 9,41 |
| 16 | 8,03 |
| 17 | 7,89 |
| 18 | 7,42 |
| Middel | 8,28 |
| Karakteristisk værdi | 7,02 |

Serie D. KC 50/50/750

| 1-stenspiller | |
|---|---|
| Pille nr. | Trykstyrke MPa |
| 19 | 8,56 |
| 20 | 9,25 |
| 21 | 9,81 |
| 22 | 8,36 |
| 23 | 8,97 |
| 24 | 11,09 |
| Middel | 9,34 |
| Karakteristisk værdi | 7,19 |

1992.10.21
252-2-5115

Tabel 5. Trykstyrken af 1-stenspiller af brugte mursten, muret med KC 35/65/650.

Serie A. KC 35/65/650

| 1-stenspiller | |
|---|---|
| Pille nr. | Trykstyrke MPa |
| 28 | 5,39 |
| 29 | 5,94 |
| 30 | 6,14 |
| Middel | 5,82 |
| Karakteristisk værdi | 4,55 |

Serie B. KC 35/65/650

| 1-stenspiller | |
|---|---|
| Pille nr. | Trykstyrke MPa |
| 25 | 6,42 |
| 26 | 7,27 |
| 27 | 6,69 |
| Middel | 6,79 |
| Karakteristisk værdi | 5,39 |

Serie C. KC 35/65/650

| 1-stenspiller | |
|---|---|
| Pille nr. | Trykstyrke MPa |
| 31 | 6,78 |
| 32 | 7,66 |
| 33 | 9,38 |
| Middel | 7,94 |
| Karakteristisk værdi | 3,53 |

Serie D. KC 35/65/650

| 1-stenspiller | |
|---|---|
| Pille nr. | Trykstyrke MPa |
| 34 | 8,50 |
| 35 | 10,31 |
| 36 | 11,22 |
| Middel | 10,01 |
| Karakteristisk værdi | 5,27 |

Hasselager, den 21. oktober 1992
Murværkscentret

Per Kristensen / Hans Peter Rasmussen

| 4.10 MØRTEL (Bestemmelse af frisk mørtels vandbehov, konsistens, vandudskillelse, vandholdeevne, luftindhold og densitet) | RAPPORTBILAG Side 1 af 2 Rev. 92/05 |
|---|---|

Et kvarter efter blandingens ophør udtages af hver blanding en delportion til bestemmelse af de ovenfor nævnte egenskaber.

**Mørtlens vandbehov.**

Mørtlens vandbehov bestemmes i forbindelse med blandingen som den vandmængde, der skal tilsættes for at opnå en passende konsistens til muringen. Den tilsatte vandmængde udregnes i vægt% af den samlede tørstofmasse.

**Mørtlens konsistens.**

Mørtlens konsistens bestemmes med MUC's rystebord. Ved bestemmelsen bliver der af mørtlen udstøbt en keglestubformet "mørtelkage" på en stiv stålplade, bordet, der kan løftes 9 mm og derefter falde tilbage til den oprindelige stilling ved frit fald. Keglestubformens nedre og øvre, indvendige diameter er 90 og 60 mm, højden 45 mm. Efter 12 fald - 1 pr. sek. - måles den udflydte "mørtelkage's" nedre diameter, og forholdet mellem den og den oprindelige anvendes som mål for konsistensen og betegnes rystebordstallet.

**Mørtlens vandudskillelse.**

Mørtlens vandudskillelse bestemmes ved måling af den vandmængde, der udskilles, når mørtlen henstår i ro i bægerglas. Der anvendes cylindriske, 500 ml bægerglas med ca. 85 mm diameter, og de fyldes med mørtel til 500 ml mærket, hvilket svarer til en mørtelhøjde på ca. 90 mm. Ifyldningen foretages i små portioner med en spiseske, og indesluttet luft lempes til vejrs under forsigtig rystning. Så snart den indesluttede luft skønnes at være undsluppet, stilles bægerglasset på et stabilt bord og dækkes med urglas. Efter 1 og 3 timers henstand hældes væskelaget på mørteloverfladen forsigtigt over i et måleglas, hvor væskemængden måles med 0,1 ml unøjagtighed. De målte væskemængder anvendes som mål for mørtlens vandudskillelse.

**Mørtlens vandholdeevne.**

Mørtlens vandholdeevne bestemmes ved at udstøbe mørtlen i en svær metalring med 100 mm indvendig diameter og 25 mm højde.
Umiddelbart før udstøbningen anbringes ringen på 8 lag tørt trækpapir, hvor det øverste lag er dækket med et lag gaze.



(fortsættes)

| 4.10 MØRTEL (bestemmelse af frisk mørtels vandbehov, konsistens, vandudskillelse, vandholdeevne, luftindhold og densitet) | RAPPORTBILAG Side 2 af 2 Rev. 92/05 |
|---|---|

Trækpapir og gaze, som vejes forud for prøvningen, anbringes på en glasplade. Mørtlen fyldes hurtigt i ringen med en spiseske og fordeles således, at mørteloverfladen ligger 4-5 mm under ringens overkant. Derefter anbringes et cylindrisk lod, der vejer 2,4 kg og kan gå ned i ringen, oven i mørtlen. Nøjagtig 2 minutter efter at loddet er blevet anbragt, fjernes trækpapir og gaze og vejes atter. Vægtstigningen som følge af opsugning af væske fra mørtlen udregnes og anvendes som mål for mørtlens vandholdeevne.

**Mørtlens luftindhold.**

Mørtlens luftindhold bestemmes ved at fylde mørtel i et 500 ml måleglas til ca. ½ højde. Ifyldningen sker under forsigtig rystning. Mørtlens rumfang aflæses, og en vand-sprit-blanding (60 dele vand + 40 dele denatureret sprit) hældes oven i mørtlen indtil 500 ml mærket. Herefter lukkes måleglasset med en prop, rystes og sættes på et plant, stabilt underlag. Efter mindst 15-20 minutters henstand aflæses væskestanden, og niveausænkningen i ml i hele % af det ifyldte mørtelrumfang tages som et mål for mørtlens luftindhold. De anførte værdier er middeltal af to på hinanden følgende bestemmelser.

Luftindholdet bestemmes sideløbende også under anvendelse af et Press-ur-meter. Det anvendte apparat er en 1-liters "Luftgehaltsprüfer" af mærket FORM+TEST SEIDNER, og bestemmmelserne gennemføres i overensstemmelse med brugsvejledningen for apparatet.

**Mørtlens densitet.**

Mørtlens densitet bestemmes ved at fylde mørtlen i et 1-liters målekar med 124 mm indvendig diameter og 83 mm højde. Ifyldningen sker med en spiseske, og mørtlen fordeles under mindst mulig bearbejdning. Karret fyldes til overhøjde, og overskydende mørtel stryges af med en stållineal, hvorefter karret med mørtel vejes med 1 g unøjagtighed.

| 4.40 MØRTEL (bestemmelse af hærdnede mørtlers densitet, bøjningstrækstyrke, trykstyrke, fuldt karbonatiserede areal og vandindhold) | RAPPORTBILAG<br><br>Rev. 92/05 |
|---|---|

**Hærdnede prøvelegemers egenskaber.**

På prøvningsdagen bestemmes mørtelstængernes densitet ved måling med skydelære og vejning, hvorefter først bøjningstrækstyrken og derpå trykstyrken bestemmes.

Ved bestemmelse af bøjningstrækstyrken anbringes stængerne vandret og simpelt understøttet med 100 mm spændvidde og belastes derefter midt mellem understøtningerne med en lodret virkende linielast, der øges jævnt, indtil brud indtræffer.

Til bestemmelse af trykstyrken anvendes de ved bøjningsforsøgene fremkomne brudstykker (halve stænger), idet de belastes på midten mellem 2 kvadratiske stålplader med 20 mm sidelinie anbragt over for hinanden henholdsvis under og over brudstykket, således at mørtelstykket imellem stålpladerne svarer til en terning med 20 mm sidelinie.

De ved støbningen lodrette sideflader er tryk- og træksider ved bøjningsforsøgene og tryksider ved trykforsøgene. Spændingen øges ved bøjningsforsøgene med ca. 0,22 MPa og ved trykforsøgene med ca. 0,14 MPa pr. sek. For stærk mørtel - f.eks. KC 20/80/550 - øges spændingen ved trykforsøg dog med 0,75 MPa pr. sek.

Straks efter at mørtelstængerne er knækket ved bøjningsforsøgene, bedømmes hvor stor en del af stængernes brudtværsnit, der er fuldt karbonatiseret, idet en vandholdig fenolftaleinopløsning dryppes på én af brudfladerne til påvisning af, hvor langt karbonatiseringen er trængt ind. Den ikke fuldt ud karbonatiserede del af brudfladen farves rød ved pådrypningen, og som mål anvendes den procentdel af brudfladens areal, som er ufarvet.

Så snart et trykforsøg er udført, vejes de brudstykker, som er nærmest stangmidten og uden fenolftalein. Brudstykkerne tørres til konstant masse ved 105±5°C og vejes atter. Af vægttabene og brudstykkernes tørmasse udregnes mørtlernes vandindhold i vægt%.

| 6.12 BASISTRYKSTYRKE<br>(bestemmelse af murværks basistrykstyrke efter DS 438.14 | RAPPORTBILAG<br><br>Rev. 92/10 |
|---|---|

**Prøvning af 1-stens piller.**

Pillerne bliver trykprøvet i en Amsler 5000 kN hydraulisk presse (klasse I), hvis trykplader begge er lejret i kugleskåle, og prøvningen bliver foretaget i overensstemmelse med de i DS 438.14 givne retningslinier.
Forud for prøvningen afrettes begge trykflader med et lag cementmørtel fremstillet af ens vægtdele Standardcement og mørtelsand, afretningen bliver foretaget mod plane glasplader.
Ved prøvningen påvirkes pillerne centralt med en jævnt voksende last svarende til en spændingsøgning på 0,7-0,8 MPa pr. minut, indtil brud indtræffer.
Inden prøvningen måles pillernes dimensioner med en unøjagtighed på højst 2 mm.
Ud fra trykfladens areal og brudlasten udregnes trykstyrken.
Prøvningen foretages 28±1 døgn efter opmuringen.

1992.10.21
252-2-5115
Bilag 4

MURVÆRKSCENTRET - KVALITETSHÅNDBOG

| 6.10 KARAKTERISTISKE VÆRDIER<br>(Efter DS 414, 4. udgave, juli 1991) | RAPPORTBILAG<br><br>Rev. 92/10 |
|---|---|

**BEREGNING AF KARAKTERISTISKE VÆRDIER.**

Beregningen af de karakteristiske værdier foretages på grundlag af Dansk Ingeniørforenings norm for murværkskonstruktioner, 4. udgave, juli 1991, pkt. 8.3, Kontrol af karakteristiske værdier. Normens vejledning til pkt. 8.3 angiver følgende betingelse ved beregning af de karakteristiske værdier.

$$f_k < \frac{m}{k_n}$$

hvor
- $m$ er stikprøvens gennemsnit,
- $f_k$ er den karakteristiske værdi og
- $k_n$ er den faktor, der i normen er tabelleret i Tabel V 8.3.a. Faktor $k_n$ for ukendt variationskoefficient ($\delta$).

Variationskoefficienten ($\delta$) beskrives ud fra stikprøvens standardafvigelse s og middelværdi m som

$$\delta = s/m.$$

Normens tabel V 8.3.a angiver faktoren $k_n$ for ukendt variationskoefficienter ($\delta$). Normens tabel V 8.3.a er vist i nedenstående tabel.

Tabel V 8.3.a. Faktor $k_n$ for ukendt variationskoefficient $\delta$.

| | n (antal enkeltprøver i stikprøven) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\delta$ | 3 | 4 | 6 | 9 | 15 | 30 | 50 | - |
| 0,02 | 0,99 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,94 | 0,93 | 0,93 | 0,92 |
| 0,04 | 1,10 | 1,05 | 1,02 | 1,01 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,97 |
| 0,06 | 1,23 | 1,15 | 1,10 | 1,07 | 1,05 | 1,04 | 1,03 | 1,01 |
| 0,08 | 1,38 | 1,26 | 1,18 | 1,14 | 1,12 | 1,10 | 1,09 | 1,06 |
| 0,10 | 1,54 | 1,38 | 1,27 | 1,22 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,11 |
| 0,12 | 1,73 | 1,50 | 1,37 | 1,30 | 1,26 | 1,22 | 1,20 | 1,16 |
| 0,14 | 1,93 | 1,64 | 1,47 | 1,39 | 1,33 | 1,29 | 1,27 | 1,21 |
| 0,16 | 2,16 | 1,80 | 1,59 | 1,48 | 1,41 | 1,36 | 1,34 | 1,27 |
| 0,18 | 2,42 | 1,96 | 1,71 | 1,58 | 1,50 | 1,43 | 1,41 | 1,33 |
| 0,20 | 2,70 | 2,14 | 1,83 | 1,69 | 1,59 | 1,51 | 1,48 | 1,39 |
| 0,22 | 3,03 | 2,34 | 1,97 | 1,80 | 1,69 | 1,60 | 1,56 | 1,46 |
| 0,24 | 3,38 | 2,56 | 2,12 | 1,93 | 1,79 | 1,69 | 1,64 | 1,53 |



$\delta$ bestemmes ud fra stikprøvens standardafvigelse s og middelværdi m som $\delta = s/m$.

# Referencer

## Referencer


[1] "Genbrugshus i Odense", Fase I, forprojekt. DEMEX rapport af 09.10.1991

[2] "Genbrugshus i Odense", Fase II, projektering og fremskaffelse af genanvendte materialer. DEMEX rapport af 21.05.1992

[3] "Bestemmelse af murværks basistrykstyrke", DS438.14. Dansk Ingeniørforening

[4] "Dansk Betonforenings anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse". Dansk Betonforening, publ. nr. 34, oktober 1989

ISSN 0908-9195 ISBN 87-7810-510-2
Pris (inkl. 25% moms): kr. 75,-
Kan købes hos: Miljøbutikken
Telefon: 33 37 92 92 Fax: 33 92 76 90

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00