

Erfaringer fra nedrivning af boligblok i Rødbyhavn



SBI-MEDDELELSE 120 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · 2000

Erfaringer fra nedrivning af boligblok i Rødbyhavn

Søren Skibstrup Eriksen
Klaus Hansen
Hanne Krogh



SBI-meddelelser er foreløbige rapporteringer og beretninger om forundersøgelser, konferencer, symposier mv.

Denne meddelelse kan frit læses og downloades fra SBI's hjemmeside: www.sbi.dk.

SBI-publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning og Beton. Publikationerne kan købes gennem boghandlen eller via et SBI-abonnement.

SBI-abonnement er en rabatordning med mange fordele for dem, der vil sikre sig løbende orientering om væsentlige udgivelser inden for byggeforskningsområdet. Kontakt SBI og hør nærmere, eller slå op på SBI's hjemmeside: www.sbi.dk.

ISBN 87-563-1049-8.

ISSN 1399-8447.

Pris: Kr. 105,00 inkl. 25 pct. moms.

Statens Byggeforskningsinstitut

Postboks 119, 2970 Hørsholm.

E-post: sbi@sbi.dk

www.sbi.dk

Eftertryk i uddrag er tilladt, men kun med kildeangivelsen:

SBI-meddelelse 120: Erfaringer fra nedrivning af boligblok i Rødbyhavn. 2000.

Indhold

Forord	4
Indledning.....	5
Baggrund.....	5
Formål.....	5
Omfang.....	5
Konklusion.....	6
Bebyggelsen.....	8
Miljøundersøgelse	9
Nedrivningen	9
Energiforbrug til nedrivning.....	9
Miljøbelastende stoffer i bygningsaffald	11
Indledning.....	11
Formål og metode.....	11
Metaller	12
Organiske, syntetiske materialer	16
Andre materialer.....	16
Andet	18
Beregnete mængder	19
Delkonklusion	20
Bortskaffelsen af bygningsaffald	20
Introduktion til den administrative regulering i forhold til bygge- og anlægsaffald	20
Karakterisering af bygge- og anlægsaffald	22
Faktisk genanvendelse, forbrænding og deponering.....	28
Samlet evaluering	30
Tilstandsundersøgelse	31
Valg af delundersøgelser	31
Planlægning af undersøgelsen.....	32
Resultater	33
Visuel gennemgang af bygningen.....	33
Specialundersøgelser af tag, facade og rør	37
Summary	41
Kilder	43
Bilag 1. Forslag til undersøgelser	45
Bilag 2. Måleinstrumenter	46

Forord

Nedrivningen af en boligblok i Rødbyhavn har givet mulighed for at indsamle viden om selektiv nedrivning og for at foretage en række tekniske undersøgelser, der normalt kun kan finde sted i forbindelse med meget kostbare destruktive indgreb.

Projekter, der er støttet af By- og Boligministeriet, har givet viden om de miljøpåvirkninger der knytter sig til nedrivningen af etageboligbyggeri fra 60-erne og om forskellige målemetoders egnethed til tilstandsundersøgelser.

Miljøundersøgelserne er gennemført af SBI (Afdelingen for Energi og Indeklima) i samarbejde med:

- DEMEX A/S ved Niels Trap, som har bidraget med en registrering af selve nedrivningen og af påvirkninger i form af støv, støj og vibrationer i forbindelse hermed
- RGS 90 A/S ved Karsten Ludvigsen, som har bidraget med afsnittet om bortskaffelsen af bygningsaffaldet
- Karsten Rasmussen A/S, som har bidraget med data til støtte for opgørelsen af energiforbrug til nedrivningen.

De takkes alle for deres medvirken i projektet.

Afsnittet om miljøbelastede stoffer i bygningsaffald er skrevet af Hanne Krogh, og afsnittet om energiforbrug til nedrivning af Ebbe Holleris Petersen. Klaus Hansen har været projektleder for miljøundersøgelsen.

Tilstandsundersøgelsen er foretaget af SBI og Søren Skibstrup Eriksen har været projektleder for den del og har skrevet disse afsnit samt meddelelsens indledende afsnit..

Statens Byggeforskningsinstitut
Afdelingen for Byggeteknik og Produktivitet, februar 2000
Jørgen Nielsen, forskningschef

Indledning

Baggrund

Nedrivning af en boligblok i Rødbyhavn har givet mulighed for at foretage en række miljøtekniske undersøgelser i forbindelse med bortskaffelse af bygningsmaterialerne samt tekniske vurderinger af betydning for vurderingen af bygningers levetid.

Miljøforhold er af stor interesse i forbindelse med SBI's arbejde med indsamling af miljødata og ved en vurdering af de mange miljøpåvirkninger, der samlet knytter sig til livsforløbet af bygningsdele og hele bygninger.

Den tekniske tilstand af bygningen er af stor interesse for "Byggeriets Kvalitetsmålestation", idet det her har været muligt at gennemføre en tilstandsvurdering samt målinger af "skjulte forhold" som har kunnet bekræftes ved den efterfølgende nedrivning.

Formål

Projektet har to formål. Det ene knytter sig til miljøvurdering og det andet til kvaliteten af tilstandsvurderinger samt pålideligheden af hertil hørende måle- og observationsmetoder. På miljøområdet er formålet:

- at indsamle data om miljøpåvirkninger knyttet til nedrivning og bortskaffelse til støtte for miljøvurderingen af byggeprojekter
- at indsamle erfaringer med selektiv nedrivning af elementbyggeri
- at undersøge genanvendelsesmulighederne for nedrivningsmaterialerne
- at bidrage til udviklingen af en mere miljøvenlig byggeskik.

På tilstandsvurderingsområder - det såkaldte obduktionsprojekt - er formålet:

- at gennemføre tilstandsundersøgelser med en række instrumenttyper til bestemmelse af fx korrosion af armering, fugtindhold i materialer, korrosion i varmt- og koldtvandsrør, karbonatisering af beton samt nedbrydning af vådrumsoverflader og af trævinduer.

Omfang

I forbindelse med planlægning af projektet blev der opstillet en række muligheder for undersøgelser, se bilag 1. Disse muligheder blev opstillet under hensyntagen til boligselskabets krav om at tage hensyn til beboerne. Herudover blev det overvejet at gennemføre brandtekniske undersøgelser; men disse måtte opgives.

Såvel de direkte omkostninger til undersøgelserne som de indirekte, der ville blive påført nedrivningsentreprenøren, afgjorde det endelige omfang af undersøgelsen, som rapporteret i denne meddelelse.

Konklusion

Miljøundersøgelsen viste at nedrivningen af betonelementbyggeri indebærer såvel fordele som ulemper i forhold til ældre byggeri. Fordele knytter sig til, at der for nogle bygningsdele er en klar adskillelse mellem primære og sekundære konstruktioner, fx tunge bærende og lette ikke bærende vægge. Ulemperne knytter sig til, at andre bygningsdele er støbt ind i betonen og derfor svære at adskille herfra. Det gælder fx vinduesrammer og ventilationskanaler samt sandwich-elementer, hvor forankringerne mellem for- og bagvæg kan være placeret på en utilgængelig måde.

Energiforbruget til nedrivningen gjaldt primært nedbrydningen af betonkonstruktionerne, fordi nedtagningen af de øvrige bygningsdele i hovedsagen foregik manuelt. Energiforbruget til nedtagningen og adskillelsen af betonkonstruktionerne er dog beskedent sammenlignet med energiforbruget til fremstilling af beton og er derfor uvæsentligt for opgørelsen af energiforbruget for betonkonstruktioners livsforløb.

Registreringen af miljøbelastende stoffer i bygningsaffaldet er alene foretaget i form af en grov vurdering af, hvad det er for stoffer, der kan forventes at optræde ved nedrivningen af bygningen. Der foreligger således ikke en detaljeret kortlægning af mængder eller en direkte analyse af de forskellige materialer. Der peges på, at der kan forventes at optræde tungmetaller i varmforzinkede stålprodukter, låse i faldstammer, elinstallationer og trykimprægneret træ. Herudover kan der forventes at optræde phthalater og klorparafiner i elinstallationer og asbest i rørisolering og plastiske fugemasser.

I forhold til den faktiske affaldsbortskaffelse i forbindelse med nedrivningsprojektet i Kongeledet må det fastslås, at alene en ubetydelig mængde blev deponeret på den lokale losseplads, og at intet affald blev tilført det fælleskommunale affaldsforbrændingsanlæg. Samlet må det altså konkluderes, at affaldsbortskaffelsen lever op til regeringens målsætning om at minimere mængden af affald til deponering og forbrænding, hvori der ikke er formuleret nogle kvantitative mål. Status i forhold til bortskaffelse af bygge- og anlægsaffald viser herudover, at der endnu ikke er tilvejebragt genanvendelsesmuligheder for gipsplader og isoleringsprodukter, der må forventes at fremkomme i stigende mængder de kommende år som følge af nedrivning og renovering af nyere bygninger som fx Kongeledet.

Tilstandsundersøgelsen har i det store og hele bekræftet, at de benyttede målemetoder har fungeret som de skulle. Det gælder især fugtmåleudstyr som Troxler og Dækskanner, hvormed man var i stand til at kortlægge områder med kritisk fugt. Når disse områder var udpeget kunne man få mere præcise målinger ved åbning af taget og brug af Gann og Strenometer. Undersøgelsen førte endvidere til udvikling og afprøvning af en ny målemetode til bestemmelse af korrosion i rørsystemer, og til afdækning af et behov for en egnet målemetode til bestemmelse af korrosionstilstanden i trådbindere.

Undersøgelsen har endvidere givet et billede af nedbrydningsgraden i et betonelementbyggeri fra 1960'erne. På facaderne sås en del afskalninger, men skaderne var lokale og armeringen kun korroderet, hvor den lå frit (især ved kanterne af elementerne). En gavlbeklædning med Robertsonplader så ud til at have fungeret efter hensigten. Derimod blev der konstateret fugtproblemer i tagelementerne til trods for at den oprindelige tagbelægning var totalrenoveret en gang. På flere punkter fremstod bygningen som noget nedslidt. Det gælder vinduer, trapperum og badeværelser. Badeværelserne var flere steder fugtige selv om de ikke havde været benyttet i længere tid forud for undersøgelsen.

Bebyggelsen

Bebyggelsen var en 4 etagers boligblok, Kongeledet, Rødbyhavn, se figur 1. Bebyggelsen var opført i 1962 og blev revet ned i 1997.



Figur 1. Facade på boligblokken i Rødbyhavn.

Kælderen var udført med beton støbt på stedet. Facaderne var udført af betonelementer, som indeholdt 50 mm isolering. Udvendigt var betonelementerne belagt med småsten. Indvendigt var der en ren betonoverflade. Også etageadskillelser var betonelementer. Taget bestod af betonelementer, som var isoleret og afsluttet med tagpap.

Nogle af de indvendige vægge var af betonelementer, medens andre var træskeletvægge med gipsplader. De gennemgående vægge var af betonelementer ligesom væggen omkring vådrum, medens vægge omkring kammer og entre var træskeletvægge med gipsplader.

Der var en installationskakt placeret ved vådrummet. Denne indeholdt afløb fra køkken og bad, varmt og koldt vand til bad og køkken samt ventilationskanal til køkken og bad.

Radiatorfremføringerne var placeret langs med facaderne.

El-installationen var udført som skjult rørinstallation i hovedsagen fremført under gulv. Afbrydere og stikkontakter var udført som planforsænket.

Vinduerne var med termoruder, og rammerne var støbt direkte ind i facadeelementerne.

Gulvene var parketgulve på strøer.

Siden opførelsen var gavlene blevet efterisoleret og inddækket med Robertsonplade, og taget var blevet efterisoleret med polystyrenplade og nyt lag tagpap oven på den nye isolering. Bygningen var løbende blevet vedligeholdt.

Miljøundersøgelse

Ved miljøvurdering af byggeprojekter er det vigtigt at iagttage hele livsforløbet for det påtænkte byggeri; ved vurderingen af eksisterende bygninger gælder dette primært det fremtidige livsforløb. Det er således af stor interesse at kunne foretage en miljøundersøgelse af nedrivningen af et relativt nyt etageboligbyggeri, fordi der herved kan indhentes viden til støtte for miljøvurderingen af andre nye og eksisterende bygninger og dermed også for udviklingen af en mere miljøvenlig byggeskik.

Miljøundersøgelserne i forbindelse med nedrivningen af Blok B i Kongeledet omfattede en registrering af:

- Nedrivningen og af støv, støj og vibrationer, som foreligger i en særskilt rapport udarbejdet af DEMEX A/S,
- Energiforbrug til nedrivningen,
- Miljøbelastende stoffer i bygningsaffald
- Bortskaffelsen af bygningsaffald.

Undersøgelserne er rapporteret i de efterfølgende afsnit, som fremstår som relativt selvstændige rapporteringer.

Nedrivningen

Rapporteringen heraf kan rekvireres hos DEMEX A/S.

Rapporteringen omfatter dels en beskrivelse af nedrivningen, dels målinger af støj, støv og vibrationer.

Energiforbrug til nedrivning

Nedrивeren oplyser, at der i alt fremkom 4.300 t nedrivningsprodukter. Kun asfalt og beton samt bygningsdele indstøbt heri, som tilsammen udgjorde 4.050 t, antages nedrevet med maskine. Energiforbruget hertil er oplyst til 900 l dieselolie. Alle øvrige bygningsdele, som tilsammen udgjorde ca. 250 t blev fjernet manuelt. Disse bygningsdele omfatter primært parketgulve, lette indervægge, ikke indstøbte installationer, fast inventar, lette beklædninger og isolering på gavle og tag samt vinduer.

Efter nedrivning blev større betonbrokker klemt med en gravemaskine med smasher. Da betonelementerne mv. efter nedrivningen ofte forelå i relativ store stykker, er det antaget, at alle 4.052 t beton og asfalt er blevet klemt. Energiforbruget hertil er oplyst til 4055 l dieselolie.

Derefter nedknuses beton og asfalt under anvendelse af knuser, gravemaskine og gummiged. Nedriveren oplyser, at ca. 2.430 t beton er solgt til senere nedknusning. På pladsen er derfor kun nedknust 1.470 t beton og asfalt. Energiforbruget hertil er oplyst til 4.497 l dieselolie.

Elforbruget på pladsen til skurvogn, håndværktøj, belysning mv. foreligger der ingen oplysninger om, og dette er derfor ikke medregnet

i opgørelsen. Det forventes dog at være beskedent og uden betydning for det samlede energiforbrug.

Under disse antagelser er nedenstående dieselforbrug ved nedrivning og nedknusning beregnet.

Tabel. 1. Dieselforbrug ved nedrivning og knusning af beton og asfalt.

Aktivitet	Dieselforbrug (l)	Beton og asfalt (t)	Dieselforbrug (l/t)
Nedrivning	900	4052 ¹⁾	0,22
Nedknusning			
- klemning	4055	4052 ¹⁾	1,00
- knusning	4497	1622 ²⁾	2,77
I alt	9452		4,00

1) Beton og asfalt.

2) Ca. 2.430 t beton solgt til senere knusning.

Der foreligger ingen oplysninger om de faktiske emissioner, som de anvendte maskiner giver anledning til. Det antages derfor, at maskinerne giver anledning til de samme emissioner som lastbiler, og emissionerne er derfor beregnet ud fra standardemissioner for store lastbiler (30 t).

Kun CO₂, SO₂ og NO_x er beregnet. At behandle gravemaskinerne som lastbiler kan umiddelbart syntes at være en grov tilnærmelse, men for de her beregnede emissionstyper vil fejlen være beskeden. Både lastbiler og gravemaskiner er dieseldrevne, og CO₂ og SO₂ emissionen for dieseldrevne maskiner afhænger kun af det anvendte brændsel, ikke af den enkelte maskine. Kun NO_x emissionen kan evt. være anderledes, da den bl.a. afhænger af en række maskinspecifikke forhold. De beregnede emissioner fremgår af nedenstående tabel.

Tabel. 2. Energiforbrug og emissioner ved nedrivning og knusning af beton og asfalt.

Aktivitet	Dieselforbrug (l/t)	Energiforbrug ¹⁾ (MJ/t)	Emissioner		
			CO ₂ (kg/t)	SO ₂ (g/t)	NO _x (g/t)
Nedrivning	0,22	10	0,7	0,9	10
Nedknusning					
- klemning	1,00	46	3,1	3,9	45
- knusning	2,77	127	8,6	10,9	125
I alt	4,00	183	12,3	15,7	179

1) Beregnet som øvre brændværdi (dieselolie: 45,85 MJ/kg), eksklusive precombustion.

Til sammenligning er der i tabel 3 angivet energiforbrug og emissioner ved fremstilling af 1 t betondæk inklusive indvinding og produktion af de hertil anvendte råstoffer og byggevarer.

Tabel. 3. Energiforbrug og emissioner ved henholdsvis produktion af 1 t betondæk og nedrivning og knusning af 1 t beton og asfalt.

Aktivitet	Energiforbrug ¹⁾ (MJ/t)	Emissioner		
		CO ₂ (kg/t)	SO ₂ (g/t)	Nox (g/t)
Fremstilling af 1 t betondæk	1500	175	280	620
Nedrivning og knusning af 1 t beton	183	12,3	15,7	179

1) Beregnet som øvre brændværdi, eksklusive precombustion.

Som det ses, udgør energiforbruget til nedrivning i størrelsesordenen 12 % af energiforbruget til fremstilling af 1 t betonelement. Tilsvarende udgør emissionerne i størrelsesordenen 7 % (CO₂), 6 % (SO₂) og 28 % (NO_x). NO_x-emissionen er som nævnt behæftet med den største usikkerhed, så dette tal skal tages med et vist forbehold.

Miljøbelastende stoffer i bygningsaffald

Indledning

Der kan opstå miljøproblemer, når byggematerialer skal bortskaffes. Bortskaffes disse ved forbrænding, kan der opstå miljøbelastende forbindelser under forbrændingsprocessen, fx dannes der muligvis dioxin under forbrænding af polyvinylchlorid (PVC), eller tungmetaller i materialerne ophobes i slagge eller slam fra røggasrensningen.

Deponeres byggematerialer med miljøbelastende stoffer, skal deponeringen ske under kontrollerede forhold, således at der ikke sker udslip til grundvandet. En deponering udsætter miljøproblemer, men løser dem ikke.

Kommunerne giver derfor retningslinier for, hvorledes de enkelte byggematerialer skal håndteres.

Formål og metode

Formålet med dette projekt har været at skabe et overblik over miljøbelastende forbindelser i byggeaffaldet, der opstår ved nedrivning af en bygning fra 1960'erne. Det har ikke været formålet at kortlægge størrelsen af problemet, hvorfor der er foretaget grove skøn og ikke direkte analyser af de forskellige materialer.

Oplysninger til brug for beregning af byggevarer og miljøbelastende forbindelser er opnået gennem:

- Besøg på nedrivningspladsen
- Oplysninger fra tegningerne
- Enhedstal fra lignende projekter
- Oplysninger fra byggevareproducenter
- Oplysninger fra specialister.

Tabel 4. Oversigt over sortering af bygge- og anlægsaffald (Miljøkontrollen, 1996).

Fraktioner	Bygningsmaterialer
Genanvendelige materialer	Teglbrokker Naturskifer Beton Asfalt Rent glas Koks og slagger Blæsemidler Jern og metal Andre genanvendelige materialer
Brændbart affald	Træ Urent papir og pap Plast (ikke PVC) Tomme malerspande af plast Andet brændbart materiale
Affald til fyldplads	Mørtelpuds Keramik og porcelæn Ikke genbrugsegnet glas Let- og gasbeton Indskudsler Nyt eternit (ikke asbestholdigt) Leca Gips Hele asbestholdige materialer
Affald til losseplads	Støvende/ikke støvende asbestholdigt affald Imprægneret træ PVC Isoleringsmaterialer (glasuld og stenudd) Træbeton Tagpap Støvsugerposer
Affald til specialbehandling	Forurenet jord Stærkt støvende asbest Olie- og kemikalieaffald

Begrænsninger

Som nævnt ovenfor kan der være store usikkerheder på mængder og data. Resultaterne kan dog give et overblik over, hvor store problemerne er ved bortskaffelse af de forskellige fraktioner af bygningsaffaldet.

Ikke alle byggevarer er undersøgt, men der er foretaget en vurdering af, hvor der især kan forekomme miljøbelastende stoffer. I projektet er der fx ikke nøjere undersøgt de midler, der blev benyttet til at vedligeholde vinduerne under renoveringen af bygningen.

Metaller

I bygningen fandtes der følgende metaller:

- Stålprodukter
- Kobber i elektriske ledninger
- Zink til ventilationshætter
- Messing til armaturer (behandles ikke yderligere her).

Stålprodukter

Der anvendes følgende produkter:

- Armeringsstål i dæk og ydervæg
- Stålplader til beklædning af gavle
- Trapperiste af galvaniseret stål
- Galvaniseret rør, vandrør til koldt og varmt vand
- Rør af støbejern til faldstammer fra køkken og bad.

Armeringsstål

Bygningen er opført af betonelementer; loft, gulv og bærende tværvægge består af betonelementer. Betondækkene går på langs med bygningen, og tværvæggene er således bærende. Der indgår armeringsstål i dæk og i ydervæg. Armeringsstål består af ulegeret stål, ca. 0,05-0,45 % kulstof (C). Der indgår 5-10 kg stål pr. m² dæk og ydervæg. I facader er der enkelte steder anvendt armering af rustfri stål.

Stålplader

I 1978 blev bygningens gavle efterisoleret og beklædt med korrugerede stålplader (Ferrolite 35). Stålpladerne består af ulegeret stål, der er varmforzinket ca. 275 g zink pr. m², og dernæst fra fabrikken belagt med en plastbelægning (polyvinylidenfluoridbelægningen PVDF eller PVF), (Gaselle, 1998). Zink var tidligere forurenset med cadmium (Cd), fx indeholdt zink til varmforzinkning 0,1 % Cd. I 1978 blev der i Vesttyskland indført et krav på max. 0,01 % Cd i zink, der anvendes til varmforzinkning. I dag indeholder zink ca. 7,5 ppm eller 7,5 10⁻⁴ % Cd, (Cadmiumforurening, 1980 og Jensen, 1993).

Trapperiste og rør

Trapperiste og vandrør er af ulegeret stål, der er varmforzinket svarende til et zinkindhold på 4 %.

Der benyttes støbejernsrør til faldstammer. Støbejern indeholder 2,5 - 4 % kulstof (C), 3,5 % silicium (Si) samt mindre mængde mangan (Mn), phosphor (P) og svovl (S). Rør af støbejern samles med en støbejernsmuffe. Mellemrummet mellem rør og muffe indpakkes med pakgarn af hamp, og derefter støbes der bly i mellemrummet. Forbrug pr. samling er 0,8 kg bly ved en rørdiameter på 70 mm og 1,5 kg ved en rørdiameter på 100 mm, (Geismar, 1965). Der er konstateret bly i samlinger i faldstammer.

Tabel 5. Oplysninger om stålprodukter.

Produkter	Sammensætning	Mængde
Armeringsstål	0,05- 0,4 % C små mængde af andre legeringsstoffer	
Stålplader (Ferrolite 35)	Korrugeret stålplade, tykkelse 0,75 mm Zn: 275 g pr. m ² PVDF: overside 20-25µm underside 10µm	8,2 kg/m ² (Gaselle, 1998)
Trapperiste	0,05-0,4 % C Skøn: 4 % Zn	
Vandrør	0,05-0,4 % C Skøn: 4 % Zn	1/2" rør: 1,27 kg/m (Ehrhardt, 1998)
Støbejernsrør	2,5-4 % C 3,5 % Si Mn, P, S	50 mm rør: 4,3 kg/m (SAV, 1998)

Bortskaffelse af stålprodukter

Armeringsstål skal være befriet for beton og indgår i skrottypen uspecificeret stålskrot (art 120) på Det Danske Stålvalseværk, (Andersen, 1995). Denne type skrot må højst indeholde 10 % armeringsstål, da armeringsstålet indeholder flere urenheder end andre stålkvaliteter, og disse urenheder kan genere bearbejdningen af råstålet.

Plader af ulegeret stål kan indgå i gammelt skrot og benævnes uspecificeret stålskrot. Der stilles krav til størrelsen af skrottet max. 0,6 x 0,5 x 0,5m. Stålet skal være frit for armeringsstål, kobber, bly samt legeret stål. Stålvalseværket modtager også plader, der er malet eller galvaniseret. Det vides ikke, om plastbelægningen, der indeholder fluor, giver problemer ved omsmelting af pladerne.

Trapperiste af galvaniserede stål kan direkte leveres til Det Danske Stålvalseværk. Zinken er som nævnt forurennet med cadmium. Både zink og cadmium damper af under smeltning af skrottet og optages i filtret for røggasrensningen. Støvet indeholder ca. 26 % Zn og 0,05 % Cd og eksporteres til Spanien, hvor det oparbejdes til zink.

Stålrør af varmforzinket stål omsmeltes sammen med stålplader af ulegeret stål.

Støbejernsrør som faldstammer fra toilet og køkken sorteres fra og går til en skrothandler, hvorfra de eksporteres til indvinding. Støbejern kan bruges i stedet for råjern ved fremstilling af stål. Bly leveres til skrothandler, der eksporterer blyet efter en sortering. Der sorteres i blødt bly og hårdt bly. Blyet bruges til fremstilling af nye produkter.

Kobber og PVC i elektriske ledninger og kabler

Elektriske ledninger består af kobber, der er isoleret med blød polyvinylchlorid (PVC).

Der benyttes mange forskellige kabler i bygninger, og disse indeholder en forskellig mængde PVC pr. løbende meter, (Lauritzen,

1997). Installationskabler består af elektriske ledninger og en fyldkappe omgivet af en kappe, begge af blød PVC.

Telekabler består af kobberledninger beklædt med papir indpakket i bly og omgivet af en blykappe.

Der er indsamlet prøver af elektriske ledninger og elektriskerrør. Disse er analyseret ved IR-spektroskopi, der viste, at elisolering bestod af PVC blødgjort med phthalsyreester, og elektriskerrør af PVC, der indeholdt meget lidt blødgørende ester, (Skaarup, 1996).

Sammensætningen af blød PVC, der er anvendt i 1960'erne, er opgivet af nuværende kabelproducent og kan i tabel 3 sammenholdes med sammensætning af PVC-kabelskrot, der forekommer i dag.

Tabel 6. Sammensætning af kabelisolering, (Winther-Jensen, 1997).

	Kabelisolering fra 1960'erne	Blandet PVC- kabelskrot i dag
PVC	57 %	45 %
Blødgører	28 % (DOP)	24 % (DOP/DEHP) ¹⁾
Fyldstof	12 % (CaCO ₃)	30 % (87 % CaCO ₃)
Stabilisator (blycarbonatkompleks)	1 % Pb	1 % Pb

1) DEHP: Di(2-ethylhexyl)phthalat
DOP: Dioctylphthalat.

Der anvendes brandhæmmere i PVC til kabler. Muligheder for brandhæmmere i 1960'erne var antimontrioxid (0,5-2 %), aluminiumhydrat (20-30 %) eller klorparaffiner (<10 %). Klorparaffiner (C₁₃-C₁₇) har også en blødgørende virkning (Additiver, 1996). Det er oplyst af NKT, at der sidst i 1960'erne anvendtes klorparaffiner som brandhæmmere.

Der indgik tungmetaller som bly og cadmium i farvet PVC. Det er oplyst, at der i den rød-gule farve for NKT-kabler sandsynligvis indgik bly og ikke cadmium, (Winther-Jensen, 1997).

I dag kan der fås installationskabler og ledninger af PVC, der ikke indeholder klorparaffiner og bly (max. 0,04 % Pb) (Winther-Jensen, 1997).

Bortskaffelse

Kablerne oparbejdes til kobberaffald og PVC. Kablerne shreddes, og affaldet separeres mekanisk. Kobberet raffineres, inden det bruges på ny. I øjeblikket deponeres PVC-kabelskrot, men i udlandet genbruges det til sekundære plastprodukter, (Eldan-recycling, 1997).

PVC fra 1960'erne indeholder således bly, phthalater samt klorparaffiner, alle miljøbelastende forbindelser. Dette skal der tages hensyn til, når materialet deponeres.

Zink

Metallet zink er brugt til ventilationshætter, udluftningshætter m.m. Zinkplader fremstilledes af "high grade" zink, der indeholdt max.

30 ppm Cd, men i dag indeholder zinkplader ca. 7,5 ppm, (Cadmium-forurening, 1980 og Jensen, 1993).

Bortskaffelse

Zink kan indsamles og bruges til fremstilling af nyt zink.

Organiske, syntetiske materialer

Der bruges følgende organiske, syntetiske materialer:

- Tagpap til tagdækning
- Ekspanderet polystyrenplader til tagisolering af taget
- Udvendige fugemasser fx mellem beton og træ.

Tagpap

Der er anvendt tagpap som tagdækningsmaterialer. Bygningen har et tag bestående af 50 mm polystyrenplader, der er dækket med tagpap. Ved efterisoleringen i 1978 blev der lagt yderligere 70 mm polystyrenplader, der blev dækket med tagpap. Der blev anvendt en tolags dækning af tagpap Sicoral PF 2000 med polyesterfilt og dernæst I-copal GF/PE 4000 T med glasfilt og polyester.

Tagpap består af et armeringslag, der på begge sider har et lag bitumen. Overfladen er bestrøet med fx skifer. Armeringen kan i dag være fx polyesterfilt, glasfilt/polyethylen. Tidligere er anvendt armering af råpap og jute, (Tagdækning, 1988).

Der er fremsendt to prøver af tagpap til analyse, en prøve af tagpap fra gammel tag og en prøve af tagpap fra renovering af taget. Prøverne er analyseret for bitumenindhold. Prøven fra 1962 indeholdt 8 kg bitumen pr. m² og havde et metalindlæg af zink (0,4 mm). Prøven med skiferbestrøning indeholdt ca. 14 kg bitumen pr. m², (Stovgaard, 1996).

Tabel 7. Analyse af prøver af tagpap, (Stovgaard, 1996).

	Mængde pr. m ²
Tagpap fra 1962 med metalindlæg	8 kg bitumen med 0,4 mm Zn-indlæg
Tagpap fra 1978 med skiferbestrøning	14 kg bitumen

Bortskaffelse

Tagpap genvindes eller forbrændes. I Tyskland er der et anlæg til genvinding af bitumen ud fra tagpap, men i øjeblikket er markedet for lille i Danmark. Bitumen har en brændværdi på ca. 42 GJ pr. t, og der er forsøg i gang med at brænde tagpap på kraftværker. I dag deponeres tagpap, (Stovgaard, 1996).

Andre materialer

Der anvendes:

- Trykimprægneret træ til lister til befæstelse af stålplader
- Plastiske fugemasser
- Træbeskyttelse af glastætningslister i 1978
- Maling af vinduer i 1978.

Trykimprægning

Der anvendes trykimprægneret træ. Trykimprægneringsmidler indeholdt i 1978 15 % arsen (As), 19,5 % chrom (Cr) og 11 % kobber (Cu). I dag indeholder trykimprægneringsmidler kun 12 % Cu. Det er kun muligt at trykimprægner splintræ, da imprægneringsmidlet ikke trænger ind i kernetræ. Der bruges ca. 12 kg imprægneringsmiddel pr. m³ splintræ, (Henriksen, 1998).

Bortskaffelse

Trykimprægneret træ anbefales deponeret, da metallerne fra imprægneringsmidlet ved forbrændingen opsamles i slaggen og derved formindsker anvendelsen af denne.

Fugemasser

Der er anvendt meget lidt fugemasse i bygningen. Der er ikke anvendt fugemasser omkring vinduer og imellem de enkelte glaslag i vinduet. Der er anvendt ikke hærdende oliebaseeret fugemasse (Secomastic) og termoplastisk kit (Evomastic) udvendig mellem beton og træ i både vandrette og lodrette fuger. Ikke hærdende, oliebaseerede fugemasser indeholdt op til ca. 1970 asbest. Der er anvendt plastisk fugemasse bag trælistes mellem tværskillevægge og facader. Der blev brugt 1260 m plastisk fugemasse i 1978.

Tabel 8. Sammensætning af oliebaseerede fugemasse og termoplastisk kit, (Sebastian 1998, Bieneman 1967 og Håndbog 1965).

Materialer	Fugemasse før 1970	Fugemasse efter 1970	Termo- plastisk kit
Olier og opløsningsmidler			
Soyabønneolie	31 %	30 %	7,0 %
Polybuten		15 %	
Linolie			2,0 %
Soyafedtsyrer	3,6 %	2,0 %	0,2 %
Mineralsk terpentin		8,5 %	1,8 %
Fyldstoffer			
Calciumcarbonat	26 %	36 %	86 %
Fibrøs talkum (magnesium silikat)	33 %	8,4 %	3,5 %
Asbest fibre	3,6 %		
Titanium-calcium	3,6 %		
Farve			
Cobolt naphthenat (farve)	0,07 %	0,5 %	

Bortskaffelse

Fugemasser med polysulfid indeholdt polychlorerede biphenyler (PCB). Disse fugemasser må i dag ofte behandles som miljøfarligt affald. Det er ikke sandsynligt, at denne type fugemasse er anvendt i denne bygning. Det er sandsynligt, at der er anvendt fugemasser, der indeholder asbest. Hvorledes affald fra denne type fugemasse skal håndteres vides ikke.

Overfladebehandling af træ

Ved efterisoleringen i 1978 er de udvendige trælister, vinduer og altandøre vedligeholdt. Trælister mellem tværskillevægge og facader er behandlet med træimprægnering (Gori 44). Vinduer og altandøre er afslebet, og bare pletter er behandlet med en grundingsolie (Flügger 96) og derefter 2 gange med acrylplastmaling (Dækso-plast 25). Falsene mellem karm og rammer er behandlet 1 gang med alkydoliemaling (Dækso-alkydoliemaling 25).

Bortskaffelse

Malet træ sendes til forbrænding.

Andet

I Sverige er der registreret miljøfarligt affald i forbindelse med nedrivning eller ombygning af bygninger. I tabel 9 er opgjort mængden af miljøfarligt affald i forbindelse med 12 ombygnings- og nedrivningstilfælde.

Tabel 9. Mængde af miljøbelastende stoffer ved ombygning eller nedrivning (Sigfried, 1993).

	Mængde pr. lejlighed
Kviksølv i elektriske måleinstrumenter	0,3 g
Bly i samlinger mellem støbejern	13 kg
CFC gasser i køleskab og fryser, i ekstruderet polystyren (XPS) og polyurethanskum (PUR)	} 1

Kviksølv forekommer i fx tidsrelæer til trappebelysning (10-12 g Hg pr. stk.), i niveaumålere (10 g Hg pr. stk.) og i termometre (6-10 g Hg pr. stk.) samt i lysstofrør (15-20 mg HG), (Sigfried, 1993). I 1960'erne brugtes tidsrelæer til trappebelysning. Der må derfor regnes med, at der er kviksølv i ikke udskiftede tidsrelæer til trappebelysning (Byggehåndbog, 1965). I denne bygning er der ikke undersøgt, om tidsrelæer eller andet reguleringsudstyr indeholdt kviksølv.

Der er som nævnt anvendt bly til samlinger i faldstammer af støbejern.

Der er ikke anvendt XPS og PUR til isolering af bygningen. En del køleskabe og fryserne må påregnes at indeholde CFC-gasser. I Sverige er der i skrot af hvidevarer fundet CFC-gasser. Disse gasser er brugt både som kølemiddel og i isoleringen, i køleskabe er der brugt henholdsvis 100 og 500 g og i fryserne 200 og 700 g.

Der er konstateret asbest omkring rør i kældere. Det er ikke sandsynligt, at der er brugt fugemasser blødgjort med polysulfidpolychlorede biphenyler (PCB). Derimod kan gamle lysstofrør indeholde PCB. Dette er ikke undersøgt.

Bortskaffelse

Kviksølv må betragtes som miljøfarligt affald og skal derfor aftappes og sendes til Kommunekemi.

Isoleringsmaterialer med asbest skal sendes til specialbehandling.

Beregnete mængder

De beregnede mængder af affald og miljøbelastende stoffer er udført ud fra mængden af byggevarer og deres sammensætning. Mængderne af byggevarer er enten beregnet eller skønnet, og oplysninger om sammensætningen af byggevarerne stammer fra byggevarereproducenter og fra litteraturen. Der er i enkelte tilfælde udført analyser på affaldet. Der er ved analyser konstateret, at plasten i elledninger bestod af PVC, og at tagpappet indeholdt bitumen. Forudsætningerne for beregningerne er angivet under tabellen.

Tabel 10. Mængder af byggevarer og tungmetaller.

Byggevarer	Mængde t	Bly kg	Cadmium g	Kviksølv g
Stålplader	3 ¹⁾		80	
Vandrør	2 ²⁾		60	
Faldstammer		330 ³⁾		
Stabilisatorer (0,1 %Pb)				
hård PVC	0,06 ⁴⁾	0,06		
blød PVC	0,31	0,3		
Kviksølv i relæer				140 ⁵⁾

- 1) Stålplader vejer 8,2 kg/m² og indeholder 275 g/m² Zn, zinken indeholder 0,1 % Cd.
- 2) Vandrør vejer 1,3 kg pr. m ved 1/2". Der er regnet med, at vandrør har et zinklag svarende til 4 % Zn.
- 3) Der er regnet med fire låse pr. lejlighed, i alt 63 lejligheder. Der bruges 0,8 kg pr. lås ved en diameter på 70 mm (1 stk. pr. lejlighed) og der bruges 1,5 kg ved en diameter på 100 mm (3 stk. pr. lejlighed).
- 4) Der er brugt nøgletal for forbrug af PVC i bygningen, 0,013 kg hård PVC og 0,068 kg blød PVC pr. m² etageareal (Lauritzen, 1997).
- 5) Der er regnet med 2 stk. tidsrelæer pr. opgang, i alt 7 opgange.

Tabel 11. Byggevarer og mængde af tungmetaller.

Byggevarer	Mængde t	Zink kg	Kobber kg	Chrom kg	Arsen kg
Stålplader	3	80			
Vandrør	2	60			
Trykimprægneret træ	8 m ³		11	19	15

Tabel 12. Miljøbelastende stoffer i blød PVC anvendt til elinstallationer.

Byggevarer	kg	Phthalater	Klorparaffiner
		kg	kg
Blød PVC	310	90	30

Delkonklusion

I dette projekt er der fremkommet byggevarer, der indeholder miljøbelastende stoffer.

Tabel 13. Oversigt over mulige miljøbelastende stoffer i affald ved nedrivning af bygningen.

Forekommer i	Miljøbelastende stoffer
Varmforzinket stålprodukter	Zink og cadmium
Låse i faldstammer	Bly
I PVC til elinstallationer	Blyforbindelser Phthalater Klorparaffiner
Trykimprægneret træ	Arsen, krom og kobber
Tidsrelæer til trapper m.m.	Kviksølv
Isolering af rør, plastisk fugemasse	Asbest

Der er i dag regler for bortskaffelse af bygningsaffald. Ved bortskaffelse af bygningsaffaldet kan de miljøbelastende stoffer give forurening af miljøet. Ved forbrænding kan de enten emitteres til luften og/eller opsamles i slammet fra røggasvaskningen. Ved deponering af bygningsaffald, der indeholder miljøbelastende stoffer, er der risiko for forurening af vand- og jordmiljø.

Bortskaffelsen af bygningsaffald

Bygningen er opført 1962 i fire etager plus kælder med et grundareal på ca. 1.140 m². Bygningen er opført som betonelementbyggeri med bærende gavle og skillevægge samt ophængte facadeelementer. Bygningen har fladt tag bestående af asfaltpap. Der er foretaget efterisolering af tag og gavle.

DEMEX A/S har foretaget en skønsmæssig og vejledende opgørelse over materialesammensætningen i bygningen, og har opgjort den samlede mængde til ca. 3.900 t (se bilag A).

Introduktion til den administrative regulering i forhold til bygge- og anlægsaffald

Allerede i 70'erne oplevede Danmark et stadigt voksende problem med de stigende affaldsmængder. Skærpede miljøkrav til indretning, lokalisering og drift af lossepladser gjorde det svært at finde egnede deponeringssteder. Som et resultat af dette begyndte genanvendelse i 80'erne rigtigt at vække gehør. Genanvendelsesinteressen skal dog også ses som en reaktion mod "brug og smid væk samfundet" og med

baggrund i et ønske om at begrænse udnyttelsen af de naturlige råstoffer. Adfærdsreguleringen er sket gennem indførelsen af en række styringsmidler, hvor specielt nedenstående har haft indflydelse på bortskaffelsen/genanvendelsen af bygge- og anlægsaffald:

- Lov nr. 358 af 1991.06.06 om miljøbeskyttelse (med senere ændringer), der bl.a. giver Miljøministeren hjemmel til at indgå frivillige aftaler med forskellige brancher om tilbagetagning af produkter, samt at fastsætte regler om pant og rabatordninger for bestemte produkter. Loven foreskriver herudover at stoffer, produkter og materialer, der kan forurene grundvand, jord og undergrund ikke uden tilladelse må nedgraves i jorden, udledes eller oplægges på jorden eller afledes til undergrunden. Tilladelser gives af amtsrådet med mindre Miljøministeren fastsætter andre regler, herunder dispenserer for tilladelse i visse tilfælde.
- Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 581 af 1996.06.24 om bortskaffelse, planlægning og registrering af affald, der pålægger kommunerne at regulere bortskaffelsen af alt affald, herunder genanvendelige materialer.
- Lov om nr. 674 af 1994.07.13 (med senere ændringer) om afgift af affald og råstoffer, der foreskriver at der som udgangspunkt skal svares statsafgift i forbindelse med deponering og forbrænding af affald. Told- og Skattestyrelsens vejledning om affaldsafgift af februar 1992 fritager en række affaldsprodukter for statsafgift ved deponering eller forbrænding.
- Miljøstyrelsens cirkulære nr. 94 af 21. juni 1995 om kommunale regulativer om sortering af bygge- og anlægsaffald med henblik på genanvendelse, der indeholder bestemmelser om kommunalbestyrelsens pligt til at udarbejde og vedtage regler om sortering af bygge- og anlægsaffald.
- Miljøministeriets cirkulæreskrivelse af 27. marts 1990 om anvendelse af rent, sorteret bygningsaffald til bygge- og anlægsformål, der fastsætter regler i forhold til anvendelse af sten, tegl og betonmaterialer i bygge- og anlægsarbejder.
- Miljøministeriets cirkulæreskrivelse af 15. juni 1985 om anvendelse af opbrudt asfalt til vejbygningsformål mv., der regulerer anvendelsen af asfalt i bygge- og anlægsarbejder.

Rødby Kommune har i henhold til Miljøministeriets bestemmelser fastsat regler i forhold til bortskaffelse og genanvendelse af affald. Reglerne er samlet i Rødby Kommunes affaldsregulativ. De vigtigste bestemmelser i forhold til bortskaffelse/genanvendelse af bygge- og anlægsaffald er:

- At der ved nybygning, renovering eller nedrivning, hvor der frembringes mere end 10 t affald og genanvendelige materialer, skal indgives anmeldelse om forventede affaldsmængder og bortskaffelse.
- At bygherren er forpligtet til at sørge for at frasortere alt genanvendeligt materiale og aflevere det efter kommunalbestyrelsens anvisning til genbrugsvirksomheder eller anden form for genbrug, samt til at sortere det øvrige affald i henholdsvis brændbart og ikke-brændbart affald. Brændbart affald skal tilføres I/S Refa. Sorteringskravene er gengivet i bilag 1.

- Såfremt genanvendelige materialer som beton-, sten- og teglmateriale ikke afsættes til genbrugsvirksomhed, men genbruges til f.eks. vejfyld, skal der til kommunen gives en kort beskrivelse af, hvortil materialerne afsættes (kortskitse med angivelse af beliggenhed vedlægges).

Karakterisering af bygge- og anlægsaffald

Bygge- og anlægsaffald er et vidt begreb, og dækker over et utal af delmaterialer: beton, tegl, asfalt, glas, metaller, plast m.v. Affaldet opstår i forbindelse med nedrivning, renovering, nybyggeri og produktion af byggevarer.

En nødvendig forudsætning for at kunne genanvende bygge- og anlægsaffald er, at der gennemføres en grundig sortering. Dette kan enten ske ved kilden eller på et særskilt behandlingsanlæg. En sortering ved kilden er ofte at foretrække, da man herved i takt med nedrivningsforløbet kan foretage en grundig sortering i forskellige materialefraktioner. Sorteringen foretages med henblik på at kunne frasortere genanvendelige materialer samt adskille affald til deponering og forbrænding. Rødby Kommunes krav til kildesortering er beskrevet i afsnit 2.

I de fleste tilfælde vil der ske en sortering i følgende hovedgrupper:

- Betonbrokker
- Teglbrotter
- Træ
- Andet brændbart (papir, plast m.m)
- Metal
- Andet ikke-brændbart
- Asfalt
- Jord.

De dominerende fraktioner er brokker, asfalt og jord. I forbindelse med nedrivningsarbejdet i Rødby blev der kun registreret mindre mængder asfalt i form af asfaltpap på taget. Der blev ikke bortkørt jord fra projektet. Med baggrund i dette vil asfalt og jord ikke blive behandlet yderligere i det følgende, og rapporten vil således koncentrere sig om bygningsaffald.

Hvorvidt det er muligt at genbruge byggematerialer må bero på, om det er muligt at undgå at beskadige produkter gennem selektiv nedrivning, og i hvilken udstrækning det efterfølgende er nødvendigt at rense/rengøre materialerne. Ligeledes er det nødvendigt at håndtere disse materialer særskilt, således at der ikke efterfølgende sker en sammenblanding med andre materialer eller materialerne bliver beskadiget under transport m.v. Det vurderes, at genbrug af byggematerialer i vid udstrækning skal tage udgangspunkt i selve nedrivningsprocessen, således at hele materialer kan køres direkte til genbrug eller alternativt til et oparbejdningsanlæg, hvor der kan foregå den nødvendige rengøring.

Hvorvidt det er økonomisk attraktivt at genbruge byggematerialer beror på stykprisen af det enkelte produkt, og således om omkostningerne i forbindelse med den selektive nedbrydning og evt. efterfølgende rengøring kan modsvare den salgspris, der vil kunne opnås.

Endelig skal håndteringen af materialerne kunne ske på arbejdsmiljømæssig forsvarlig måde, hvilket i de fleste tilfælde vil stille krav til bl.a. omfanget af manuelle løft samt støv- og dampudvikling i forbindelse med sortering og rensning/rengøring.

Traditionelt bliver følgende byggematerialer forsøgt direkte genbrugt:

- Træ: Parket- og plankegulve, døre, karme, køkkenelementer, genbrugstræ
- Vinduer
- Jern og metal
- VVS, komfurer, køleskabe, radiatorer, blandingsbatterier.

Såfremt materialerne ikke direkte genbruges, vil det for flere produkter være muligt at genanvende disse indenfor bygge- og anlægssektoren. Eksempelvis vil beton og tegl almindeligvis blive nedknust med henblik på at blive anvendt indenfor vejbygning eller som råmateriale i forbindelse med produktion af ny beton.

Genanvendelsesindsatsen har primært været koncentreret om at finde anvendelsesområder for de store affaldsfraktioner: Beton, asfalt og tegl. Eftersom genanvendelsen i forhold til disse materialer i dag er op mod 100 %, er der i dag en stigende interesse for at finde genanvendelse for fraktioner som gips, isoleringsmaterialer og knust planglas. I det følgende vil genanvendelse/bortskaffelse af nedenstående materialer blive diskuteret yderligere, da disse materialer fremkommer i forbindelse med nedrivningen i Rødby:

- Beton, herunder sandwichelementer
- Tegl
- Gips
- Isoleringsmateriale - Rockwool
- Planglas
- Spildtræ.

Beton

Størstedelen af vores boligmasse fra 50'erne er blevet opført i beton, evt. suppleret med en formur af tegl. Beton fremstilles ved at sammenblande sand og sten samt en række hjælpestoffer som flyveaske, mikrosilica og plastificeringsmiddel.

Råvaresammensætningen har betydet, at beton betragtes som værende miljømæssigt uproblematisk, og det kan således benyttes nedknust i bygge- og anlægsarbejder i henhold til Miljøstyrelsens cirkulæreskrivelse af 27. marts 1990. Dette gælder imidlertid ikke for materialer, der gennem deres placering har været eksponeret for forurening (skorstene m.v.). Ligeledes foreskriver Miljøministeriet i sin cirkulæreskrivelse, at nedknust beton, der ønskes anvendt til vejbygningsformål, ikke må indeholde rester af maling/lak, træ og andet organisk materiale, tjæreholdige materialer, PCB-fugemasse og skorstensrester.

Som tidligere omtalt vil beton typisk blive nedknust med henblik på at kunne genanvendes indenfor vejbygning eller som råmateriale i ny beton. Så vidt vides, er der kun ringe erfaring med selektiv nedtagning af betonelementer med henblik på direkte genbrug. Anven-

delsesmulighederne for nedknust beton er løbende blevet vurderet, og de overordnede anbefalinger er samlet i tabel 14.

Tabel 14. Undersøgte anvendelsesområder for nedknust beton.

Anvendelse	Anbefal.	Bemærkninger	Kilder
Ubundne bærelag	ja	Der foreligger endnu ikke egentlige anbefalinger fra Vejdirektoratet, hvorfor anvendelsen i forbindelse med tungt trafikerede veje bør vurderes nøje.	/1, 2/
Fyldmateriale	ja	Kan herudover med fordel iblandes råjord med stort vandindhold for herigennem at lette indbygningen.	/1, 2/
Råmateriale til Betonproduktion	ja	Nedknust beton kan anvendes til beton i passiv og moderat miljøklasse. Anbefalingerne omhandler generelt fraktionen 4/32 mm. Såfremt 0/4 mm fraktionen ønskes anvendt, skal forsvarligheden eftervises ved forsøg. Nedknust beton kan erstatte op til 20% af sandfraktionen (0/4 mm) i betonproduktet. Materialet skal opfylde en række kvalitetskrav.	/3, 4/

Kildeangivelse til tabel 14 og 15.

1. Axel Nielsen - Carl Bro A/S, (1995).
2. Koch L. (1995).
3. Dansk Betonforening, (1989).
4. Dansk Betonforening, (1995).
5. Dansk Vejbeton A/S og Vejdirektoratet, (1989).
6. Berg F., O. Milvang, N. Moltved, (1992).
7. Falkenberg, J. I., Faldager, (1993).
8. Falkenberg J., (1990).

Sandwichelementer udgør et særligt problem i forbindelse med genanvendelse, da det i forbindelse med oparbejdningen er nødvendigt at skille elementerne ad med henblik på at kunne fjerne isoleringsmaterialet. Sorteringen kan med fordel foregå i forbindelse med neddelingen af elementerne til mindre stykker, da denne håndtering normalt vil resultere i, at betonlagene falder fra hinanden, hvorved isoleringsmaterialet kan fjernes manuelt eller nødtørftigt med gravemaskine.

Tabel 15. Undersøgte anvendelsesområder for nedknust tegl. Kildehenvisning se tabel 14.

Anvendelse	Anbefaling	Bemærkninger	Kilder
Ubundne bærelag	i visse tilfælde	Anbefales anvendt til vejkatgorierne 0 trafik og let trafik. Anbefales <i>ikke</i> anvendt til vejkatgorierne middel og tung trafik. Det anbefales, at materialet overholder en række kvalitetskrav	/5,6/
Cementbundne Bærelag	ja	Dog ringe dokumentation og kun i form af laboratorieundersøgelser.	/5/
Ubundne bundsikringslag	nej	På grund af meget ringe permeabilitet.	/6/
Fyldmateriale	ja	Kan herudover med fordel iblandes råjord med stort vandindhold for herigennem at lette indbygningen.	/6/
Fyld omkring ledninger	ja	Undersøgelsen foretaget på fraktionen 0/4 mm. Resultaterne godtgør alene, at de ledningstekniske forhold er tilgodeset. Vurderinger i forhold til vejbefæstelsen er ikke foretaget.	/7/
Fliseunderlag	ja	Som flisegrus på gang- og stiarealer.	/8/
Kapillarbrydende lag	måske	Der anbefales yderligere forsøg til dokumentation af den kapillære stighøjde	/8/
Filtermateriale omkring dræn	måske	Filteregenskaberne bør vurderes på længere sigt.	/8/
Råmateriale til teglproduktion	ja	Renhedskrav	
Råmateriale til betonproduktion	ja	Nedknust tegl kan anvendes til beton i passiv miljøklasse. Anbefalingen omhandler alene fraktionen 4/32 mm. Fraktionen 0/4 mm kan <i>ikke</i> anvendes. Materialet skal opfylde en række kvalitetskrav.	/3, 4/

Tegl

Tegl er et begreb, der dækker over en række produkter, hvoraf facadesten udgør den største mængde. Tegl fremkommer ved brænding af ler og evt. magringssand samt en række hjælpestoffer: Savsmuld, kalk, barium og mangan. Tegl var indtil elementbyggeriets indtog det altdominerende bygningsmateriale. De seneste år er tegl primært benyttet som facademateriale.

Råvaresammensætningen har betydet, at tegl betragtes som værende miljømæssigt uproblematisk, og kan således benyttes i bygge-

og anlægsarbejder i henhold til Miljøstyrelsens cirkulæreskrivelse af 27. marts 1990. Dog kan materialet være kontamineret som følge af materialets placering. Tilsvarende beton vil tegl almindeligvis blive nedknust med henblik på at blive anvendt indenfor vejbygning. I de seneste 10 år er der gennemført forskellige projekter, der har skullet vurdere anvendelsesmulighederne for nedknust tegl. De overordnede erfaringer fra dette arbejde er samlet i tabel 15.

Der eksisterer i dag et beskedent genbrug af hele teglsten. Dette kræver imidlertid, at stenene renses for mørtel, hvilket erfaringsmæssigt er en arbejdsintensiv proces. Stenene skal først sorteres efter størrelse for sidenhen at blive nødtørftig renset i hånden. Genanvendelse af hele mursten er i dag således ikke økonomisk attraktivt, og den manuelle håndtering er ikke arbejdsmiljømæssigt optimal. For at muliggøre genanvendelse af hele teglsten er der forsøgt udviklet en maskine til rensning af brugte mursten.

Udviklingsarbejdet har været varetaget af virksomheden Brick Cleaner Co. ApS, der har indgået et samarbejde med Københavns Kommune om modtagelse af hele mursten til rensning. Det er virksomhedens vurdering, at der fortsat forestår en del udviklingsarbejde, inden en effektiv og økonomisk rensning kan præsenteres. Virksomheden har konstateret en stigende interesse for anvendelse af gamle mursten i forbindelse med renoveringsarbejder i København, hvor der er et ønske om at bibeholde bygningernes patina. Ligeledes er der i forbindelse med enkelte nybyggerier i København anvendt gamle mursten ud fra en økologisk betragtning. I disse tilfælde har det bl.a. været argumentet, at der i murstenene er "gemt" betydelige mængde energi stammende fra produktionen, som det ud fra et miljømæssigt synspunkt vil være fornuftigt at genanvende.

Gipsplader

Gipsplader finder anvendelse i en lang række sammenhænge i byggeriet, hvor vægge dog udgør den største mængde. En færdig gipsplade består altovervejende af CaSO_4 - gips (95 %), hvorpå der sidder karton, lim og glasfibre. Pladerne fremstilles dels ved anvendelse af industrigips og dels ved brug af naturgips. Industrigips er restproduktet fra den våde røgrensningsproces på kulfyrede kraftværker.

Gipsplader produceres i Danmark af Gyproc A/S og Danogips A/S. Begge virksomheder har de seneste år gennemført en række undersøgelser, der har skulle vurdere muligheden for at tilbagetage gipsaffald med henblik på genbrug i produktionen. Resultaterne har været positive, hvorfor virksomhederne har varslet en tilbagetagningsordning for gipsaffald fra nybyggeri. Ordningen vil i første omgang blive begrænset til afklip/rester fra nybyggeri, da disse materialer ikke er blevet forurennet med tapet, maling m.v. En udvidelse af ordningen til også at omfatte gipsplader fra nedrivninger og renoveringer er endnu ikke planlagt og vil ifølge gipsproducenterne være betinget af, at materialerne kan renses for urenheder.

Et alternativ til en tilbagetagningsordning for gips kan være at anvende materialet som gødningsmiddel indenfor landbruget, hvor det specielt er materialets indhold af svovl, der er af interesse. Erfaringsmæssigt bliver gipsplader fra nedrivninger i dag deponeret.

Isoleringsmaterialer og planglas

I Danmark benyttes primært glasuld og stenuld som isoleringsmaterialer i bygninger. I forhold til byggeriet i Rødby er der alene anvendt rockwool og æggebakker som isoleringsmiddel. Rockwool eller stenuld fremstilles på basis af smeltet diabas (en bjergart). Diabasen blandes med koks og kalk og smeltes ved en temperatur på omkring 1500°C, hvorefter den flydende stenmasse slynges ud til fibre. Fibrene tilsættes et bindemiddel i form af phenolplast og bliver derefter imprægneret med olie, hvorefter stenulden hærdes. Det vurderes, at miljøskadelige stoffer i rockwool-affaldet primært vil relatere sig til den anvendte diabas samt det benyttede bindemiddel.

Rockwool A/S har indført tilbagetagningsordning for overskudsisolering stammende fra nybyggeri med henblik på gensmeltning i produktionen. Modtagekrav i forhold til levering af materiale til Rockwool A/S er gengivet i tabel 16.

Tabel 16. Modtagekrav i forhold til levering af materialer til Rockwool A/S.

-
- Der skal være tale om isoleringsrester, der er fremkommet i forbindelse med opsætning og montage af Rockwool.
 - Rockwool-produkter med belægning af alufolie, trådvæv og bitumen kan ikke genanvendes.
 - Nedrivningsrester og plastfolie fra Rockwool-pakkerne kan ikke genanvendes.
 - Isoleringsrester med indhold af urenheder i form af brugte murskeer, knækkede tommestokke m.v. afvises.
-

Det er endnu ikke lykkedes at finde genanvendelse for gammel isolering, der fremkommer i forbindelse med renovering eller nedrivning. Dette skyldes, at råvaresammensætningen løbende har ændret sig bl.a. som følge af skærpede emissionskrav, hvorfor gensmeltning af gammel uld med ukendt sammensætning kan give problemer i forhold til at overholde de nuværende emissionskrav samt kvalitetskravene til den færdige uld. Hvorvidt det er muligt, at tilvejebringe rene fraktioner af gammel uld, hvis sammensætning kan identificeres gennem udførelse af materialeanalyser, er ikke undersøgt. I positivt fald vil en genanvendelse af gammel uld bygge på en konkret økonomisk vurdering.

Tabel 17. Renhedskrav i forhold til levering af planglas til Glasuld A/S.

-
- Planglas omfatter vinduesruder og bilruder, dog ikke hærdet glas, lamineret glas, bagruder med varmetråde og trådglass i øvrigt
 - Glasaffaldet må ikke indeholde urenheder, der kan give anledning til problemer i forbindelse med produktionsprocessen. Der må under ingen omstændigheder forefindes:
 - Porcelæn, keramik, lervarer
 - Patentpropper, elsikringer o.l.
 - Jern, metal, rustansamlinger og kanyler
 - Fyldte glas og flasker
 - Sten, ler, sand, grus, jord o.l.
-

I den udstrækning, det ikke er muligt at finde afsætning for hele vinduer, har Glasuld A/S etableret en ordning for modtagelse af skår. Skåraffaldet modtages med henblik på at anvende materialet som erstatning for sand i forbindelse med produktionen af glasuld.

Spildtræ

Med hensyn til træprodukter vil en del af disse kunne genbruges direkte. Ligeledes vil brædder o.l. kunne genanvendes i nye konstruktioner eller benyttes til forskalling. Til trods for dette vil der typisk være træ til overs, som det ikke er muligt at genanvende. Almindeligvis vil de kommunale regulativer anvise dette spildtræ til forbrænding på kommunale affaldsforbrændingsanlæg. At træet ønskes afbrændt på affaldsforbrændingsanlæg skyldes et forsigtighedsprincip i forhold til den del af materialet, der vil være behandlet med maling eller trykimprægneret. Det er ofte vanskeligt at afgøre i hvilket omfang træet er behandlet, og alle tilfælde er det vanskeligt at indføre et kontrolsystem. I alle tilfælde skal de kommunale regler følges; alternativt skal kommunen acceptere en afbrænding af dele af det brændbare affald.

Faktisk genanvendelse, forbrænding og deponering

I det følgende vil erfaringer indsamlet i forbindelse med nedrivningsprojektet i Kongeledet blive gennemgået.

Nedrivningsforløbet

Entreprenøren havde inden arbejdets udførelse udarbejdet nedenstående nedrivningsplan:

1. Etablering af arbejdsplads og adgangsvej.
2. Tagpap og isolering fjernes manuelt.
3. Asbestsanering gennemføres.
4. Løst og fast inventar samt installationer nedtages og fjernes fra bygningen.
5. Råhuset nedrives med hydraulisk gravemaskine med skovl.
6. Carport og skure m.v. nedrives med hydraulisk gravemaskine og ved hjælp af håndarbejde.
7. Nedrivningsmaterialerne sorteres med hydraulisk gravemaskine og ved hjælp af håndarbejde. Jernet klippes med hydraulisk gravemaskine med jernsaks.

Følgende kommentarer skal knyttes til ovenstående:

- Gavle bestående af stålplader, rockwool og trykimprægneret træ fjernet under pkt. 2.
- Punkt 4 blev gennemført som et udsalg for private.
- Gipsvægge med isolering fjernet under pkt. 4.
- Det var ikke muligt at fjerne vindueskarme af træ, da disse var støbt ind i betonen.
- Inden nedrivning af råhuset var stort set alt inventar fjernet; dog ikke trækarme fra vinduespartierne, mindre mængder isolering, ventilationskanaler, enkelte rør samt glaserede emner som wc-kummer, fliser o.l.
- Råhuset nedrives med gravemaskine med skovl. Nedrivningen foregår opgangsvis. I forbindelse med nedrivningen foretages en

grov fraktionering, hvor bl.a. ventilationskanaler og dele af armeringsjernet placeres separat. Når en opgang er nedrevet, foretages en manuel sortering, hvor metal, træ og isoleringsmaterialer placeres i hver sin container. Eventuelle andre urenheder placeres sammen med isoleringsmaterialet. En gravemaskine hjælper med at "rode" rundt i bunkerne.

- Efter frasortering af urenheder bliver betonen neddelt af gravemaskine med saks. I forbindelse med neddelingen fjernes armeringsjernet. Betonen neddeles til fraktionen 0/200.

Materialer til genanvendelse

Alt indenfor nedenstående materialefraktioner er blevet genbrugt eller genanvendt 100%:

- Parketgulve inkl. lægter.
- Stålblader i gavle incl. isolering og træ.
- Komfurer, køleskabe, blandingsbatterier o.l.
- Beton og tegl i fraktionen 0/200 med mindre indhold af urenheder.
- Jern og metal.
- Kælderrum af træ.
- Polystyrenplader fra taget.

Der er herudover blevet genbrugt eller genanvendt en større eller mindre andel af nedenstående fraktioner:

- Køkkenelementer.
- Vinduer (- karme).
- VVS.
- Døre.
- Hele Rockwool-plader (isolering).

Det har ikke mængdemæssigt været muligt at kvantificere det faktiske genbrug eller den aktuelle genanvendelse.

Materialer til deponering og forbrænding

Alt indenfor nedenstående affaldsaktioner er deponeret på I/S Refa's losseplads:

- Gipsplader.
- Asfaltpap fra tag.
- Asbest.
- Trækrør af plast.
- Æggebakker.

I det omfang nedenstående fraktioner ikke er blevet genanvendt, vil disse være deponeret på I/S Refa's losseplads:

- Rockwool-isolering.
- Mineraluld fra sandwichelementer.

Det træ, som det ikke har været muligt at genbruge eller genanvende, er afhændet som brænde til private.

Samlet evaluering

I forhold til den faktiske affaldsbortskaffelse i forbindelse med nedrivningsprojektet i Kongeledet må det fastslås, at alene en ubetydelig mængde blev deponeret på den lokale losseplads, og at intet affald blev tilført det fælleskommunale affaldsforbrændingsanlæg. Såfremt disse forhold lægges til grund for en vurdering af genanvendelsen, må det konkluderes, at mængdemæssigt blev stort set alt affald genanvendt.

Ønskes en mere nuanceret beskrivelse af den faktiske genanvendelse kan følgende noteres:

- Den alt dominerende affaldsfraktion er beton, hvorfor bortskaffelsen af denne mængde alt andet lige vil bestemme den opnåede genanvendelsesprocent. I relation til dette kan genanvendelsesaspektet i forhold til den faktiske bortskaffelse i Kongeledet diskuteres. Eksempelvis kunne opfyldningen af kælderen i princippet være sket med råjord, og betonen kunne være anvendt som bærelag indenfor vejbygning og herved erstatte forbruget af grus. Ligeledes kan det diskuteres, hvorvidt betonen, der blev anvendt indenfor vejbygning, ikke skulle være yderligere nedknust, således at materialet var et reelt alternativ til stabilt grus (0/32 mm). Almindeligvis vil det ikke være muligt at indbygge materialer i traditionelle vejbefæstelser, såfremt den maksimale partikelstørrelse overstiger 50 mm.
- Det gennemførte "åbent hus udsalg" var afsætningsmæssigt en succes og viser, at der eksisterer et afsætningspotentiale for direkte genbrugelige byggematerialer. I forhold til fremgangsmåden bør forholdet til arbejdsmiljø og kommunens affaldsregulativ dog afklares.
- For så vidt angår salg af spildtræ til private, skal dette ske med affaldsmyndighedens billigelse, som i de fleste tilfælde vil have nogle forpligtelser i relation til et fælleskommunalt affaldsforbrændingsanlæg. Endelig skal afbrænding af spildtræ i private fyr ske i henhold til gældende lovgivning.
- Samlet må det konkluderes, at affaldsbortskaffelsen lever op til regeringens målsætning om at minimere mængden af affald til deponering og forbrænding, hvori der ikke er formuleret nogle kvantitative mål. Status i forhold til bortskaffelse af bygge- og anlægsaffald viser herudover, at der endnu ikke er tilvejebragt genanvendelsesmuligheder for gipsplader og isoleringsprodukter, der må forventes at fremkomme i stigende mængder de kommende år som følge af nedrivning og reovering af "nyere" bygninger - jf. Kongeledet.

Tilstandsundersøgelse

Der er gennemført en række tilstandsvurderinger af udvalgte, normalt skjulte, forhold ved hjælp af visuelle observationer samt målinger med gængse instrumenttyper. Under nedrivningen konstateredes pålideligheden af tilstandsvurderingen ved at gennemføre de nødvendige destruktive indgreb. På denne baggrund er det vurderet, om ændringer af observations- eller målemetoder er nødvendige, og om der eventuelt er behov for udvikling af nye måleinstrumenter.

Der er først blevet foretaget en visuel gennemgang af hele boligblokken for at få et overblik over bygningens generelle standard. Derefter er der blevet afholdt et møde med nogle af dem, der har haft ansvar for drift og vedligehold af bebyggelsen for at få verificeret de områder, som den visuelle gennemgang havde indikeret som interessante.

Valg af delundersøgelser

Med udgangspunkt i dette samt en vurdering af hvor der var mulighed og behov for at fremskaffe ny viden, blev der udpeget syv emner for tilstandsundersøgelsen:

Bestandigheden af klimaeksponeret beton

Baggrunden for undersøgelsen var, at gavlene for en del år siden var blevet efterisoleret og beklædt med Robersonplade, og det kunne være interessant at se, hvilken udvikling der var sket bag denne beklædning med hensyn til armeringen.

Korrosion af armering, forankring og bindere i sanddwichelementer

Normalt foretages en sådan tilstandsvurdering ved en relativ bekostelig elektrokemisk potentialmåling, EKP måling. En sådan havde SBI tidligere udført på en boligblok af samme type, godt nok et andet sted i landet, og andre havde tidligere foretaget målinger på denne boligblok, så der var et udgangspunkt for at afprøve mulighederne for at anvende enklere metoder.

Korrosion i rørsystemer

På SBI har man arbejdet med at undersøge korrosion i jern- og kobberør med små dimensioner, men der har aldrig været mulighed for at måle i en bygning og derefter nedtage installationen og undersøge den nærmere med henblik på at foretage sammenlignende målinger i laboratoriet.

Fugtforhold i gulve ved facader

Normalt måler man fugten i gulvbrædderne, og ud fra måleresultatet vurderes det, om der skal ske en udbedring. Her var der mulighed for direkte at måle fugt og så med det samme se om vurderingen holdt.

Fugtforhold i vådrumsvægge

Ved undersøgelse af vådrum foretages normalt fugtmålinger, og det er dem, som afgør, om der skal ske en udbedring. I dette tilfælde var der mulighed for at undersøge gulvet ekstra grundigt. Det var et terrassegulv, og i dette byggeri var det udført med en bund som hele vådrummet var placeret på. På bundpladen var der en form for opkant, som også var af interesse.

Fugtforhold i isoleringsmaterialer

Taget er opbygget med 2 lag isoleringsmaterialer, da der er foretaget en efterisolering af taget, og da det gamle tag ikke er fjernet i forbindelse med, at der er lagt ny isolering ovenpå det gamle tag. På den baggrund ville det være interessant at undersøge, om de gængse undersøgelsesmetoder kunne bruges til at konstatere fugt i taget med tilhørende isolering.

Nedbrydning af trævinduer

Da vinduer er støbt sammen med facadeelementer, kunne det være interessant at finde ud af, hvordan træværket havde det.

Planlægning af undersøgelsen

Da der næsten indtil den dag boligblokken skulle nedrives var beboere i blokken, var det ikke muligt at få rådighed over hele blokken. Derfor blev undersøgelsen tilrettelagt og opdelt således, at man kunne komme ind i så mange lejligheder, at man fik et repræsentativt billede af lejlighedernes standard uden at genere beboerne. Da en del af de undersøgelser, der skulle finde sted kunne støje, blev det aftalt, at dette kun måtte foregå i et bestemt tidsrum. Endvidere ville de håndværkere, som skulle nedrive boligblokken, komme på et forud bestemt tidspunkt, og inden de kom, skulle målingerne være færdige, således at støv og støj fra nedbrydningen ikke generede målingerne.

Undersøgelsen blev opdelt i følgende:

- En visuel gennemgang af hele bygningen med brug af små håndinstrumenter, såsom stikbensmåler og fugtindikator.
- En måling med større og mere avancerede instrumenter, efterfulgt af en destruktiv undersøgelse de steder, hvor dette kunne lade sig gøre.
- En måling med større og mere avancerede instrumenter efterfulgt af en afventning af, at boligblokken blev nedrevet, hvorefter det kunne konstateres om målemetoden var egnet til den pågældende undersøgelse. Se bilag 2 vedrørende måleinstrumenter.

Nogle af de lejligheder der indgik i undersøgelsen havde ikke været beboet et stykke tid. Dette måtte tages i betragtning ved vurdering af resultaterne, idet fx badeværelser kunne være blevet mere tørre på grund af, at de ikke havde været i brug et stykke tid.

Resultater

Visuel gennemgang af bygningen

Bortset fra lejlighederne var der ingen problemer med at komme ind og se det, der var nødvendigt for at kunne udføre en tilstandsvurdering af hele boligblokken.

På det tidspunkt, da den visuelle gennemgang blev foretaget, var flere af lejlighederne endnu beboet, og tilstandsvurderingen af lejlighederne bygger især på en gennemgang af ubeboede lejligheder.

Følgende blev konstateret:

Facader

Der var en hel del afskalninger af betonen, hvilket medførte at armeringsjernene flere steder var synlige, se figur 2. Det var især ved kanterne af elementerne, at der var afskalning af betonen. Enkelte steder var der løbet rust ned af elementerne fra den synlige armering. De steder hvor der var stenbeklædning på facaderne var der ikke afskalning. Ved stikprøvemåling med Gann blev der konstateret det for årstiden normale fugtindhold i facaderne.



Figur 2. Betonen er afskallet på elementet og armeringen er synlig.

Gavle

Gavlene var blevet beklædt med Robertsonplade og samtidigt blevet efterisoleret, se figur 3. De fremtrådte nydelige og uden rustpletter eller anden beskadigelse. Ved stikprøvemåling på den synlige beton med Gann blev der konstateret det for årstiden normale fugtindhold.



Figur 3. Gavlen er blevet beklædt med Robertsonplade.



Figur 4. En del af taget.

Tag

Tagbeklædningen, som var tagpap, var udlagt noget bulet med flere lunger, se figur 4. Det så også ud til, at der var foretaget reparationer flere steder, idet der var flere små stykker tagpap påsat, især omkring gennemføringerne i taget. Kanten langs med taget (beton) så noget medtaget ud. Tagpappen, som var lagt ud på taget ved renoveringen, sluttede ikke tæt til den aluminiumsliste, som dannede afslutning på taget. Der blev ikke foretaget stikprøvemålinger på taget med små håndinstrumenter, da disse ikke kan måle igennem hele det tykke isoleringslag samt de 2 gange tagdækning, der også var i taget.

Vinduer

Vinduerne så meget nedslidte ud, og det så også ud til, at de havde taget fugt til sig på et tidspunkt. Der blev foretaget stikprøvemålinger

med stikbensmåler i vinduets gående del og i karmtræet. Ingen af delene viste fugtindhold over det for årstiden normale.

Kælder

Kælderen fremstod generelt som nydelig, men ved at undersøge den lidt nærmere kunne det konstateres, at der var lidt opstigende grundfugt, og at kældergulvet var knækket flere steder, se figur 5. Flere af afløbsrørene var blevet skiftet ud med plastrør. Afspærringsventilerne til en del af stigestregene var blevet udskiftet til kugleventiler.



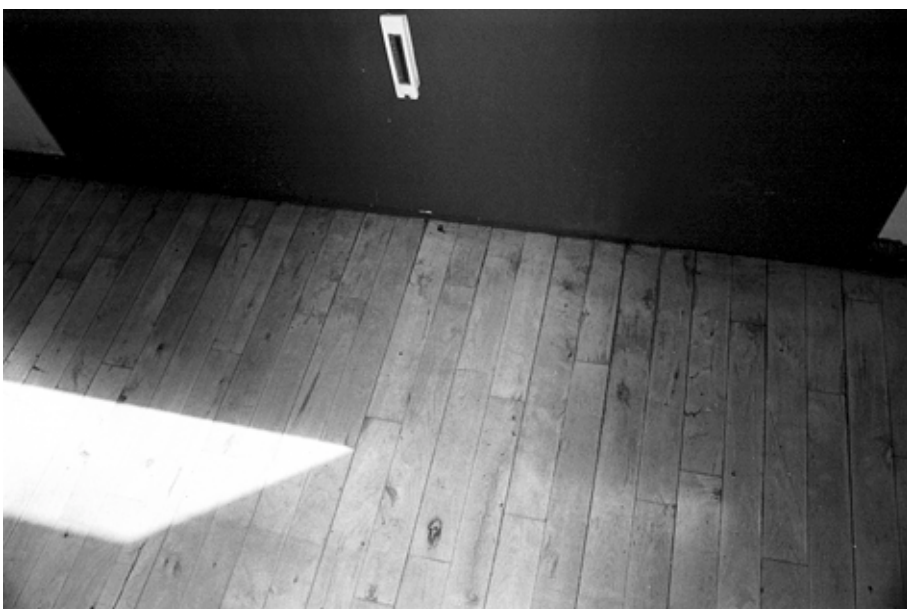
Figur 5. Kældergulvet er revnet og ved måling på væggen kunne det konstateres, at der var lidt opstigende grundfugt.

Trapperum

Selve trappen, som var udført af terrasso, var en del nedslidt og flere steder var armeringen synlig, se figur 6. Trappen var de fleste steder knækket ved samlingerne. I venstre side af trapperummet i nr. 9 var der en sætningsrevne. Denne var især synlig på 2. sal. Ved stikprøvemåling med Gann i trapperum, blev der konstateret at fugtindholdet var normalt.



Figur 6. Armeringsjernet er synligt flere steder på trappen og terrasogulvet er knækket.



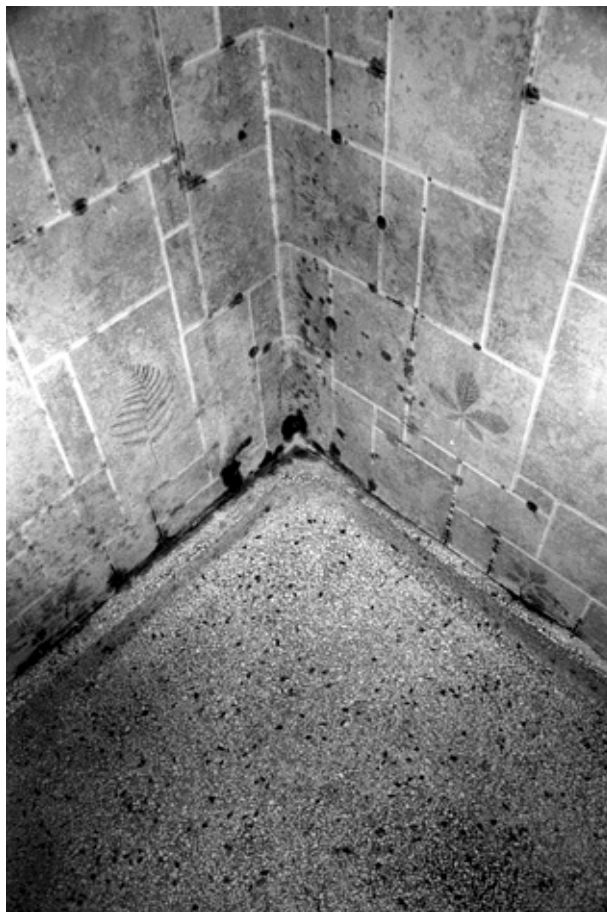
Figur 7. Gulvene langs facaderne har på et tidspunkt været opfugtet.

Lejlighederne

Lejlighederne virkede en del nedslidte. Dette gælder alle dele af lejlighederne. Langs facaderne var gulvet meget gråt. Det kunne tyde på, at der på et tidspunkt har stået fugt på gulvet, eller at der er trængt vand ind igennem facaden. Det kan dog også skyldes en kuldebro.

Et badeværelse virkede stadig fugtigt selv om det var et stykke tid siden, det var blevet brugt. Der blev konstateret begroninger på enkelte af væggene, især ved overgang imellem gulv og væg, se figur 8.

En del af terrasogulvene virkede også fugtige. Det kan skyldes, at nogle af toiletterne var revnede, så der er løbet vand ud. Installationsrørene havde rustpletter enkelte steder. Det kunne tyde på, at de på et tidspunkt har været lidt utætte, måske som følge af korrosion.



Figur 8. Begroninger på vægge i badeværelse.

Specialundersøgelser af tag, facade og rør

Nedenfor er omtalt tre specialundersøgelser. Ud over disse blev det forsøgt at afprøve noget ultralyd-udstyr til at indikere problemer med lydtransmission gennem lejlighedsskel, men egentlige undersøgelser blev ikke gennemført, da det hurtigt viste sig, at kræve større resurser end der var til rådighed i projektet.

Undersøgelse af tag

Der er i princippet 4 måleinstrumenter til rådighed for måling af fugt i et tag:

- Troxler
- Dækscanner (gulvmoppen)
- Strenometer
- Gann.

De to sidstnævnte instrumenter blev hurtigt opgivet, da taget var meget tykt. Det skyldes, at der er 2 lag isolering, dels fra det gamle tag og dels fra det nye tag og imellem disse 2 lag isolering ligger stadig det gamle tagpap. Det kan ikke forventes, at disse 2 måleinstrumenter kan måle fugten helt nede i betonen.

Måling med Troxler

Troxler - eller neutronmåleren - er navnet på et instrument, der ved hjælp af en radioaktiv kilde kan give et mål for fugtindholdet i en konstruktion.

Tagpappen ligger i baner på langs af bygninger, i alt 15 baner, og hver enkelt bane blev gennemmålt med en afstand af 1 meter pr. måling i længden og 2 målinger pr. bane. Grunden til denne tætte måling er, at Troxleren måler på et forholdsvist lille areal. Resultatet af målingerne viste, at de største tal (måleværdier) fandtes midt på taget i bygningens længderetning. Det er også her at alle gennemføringerne fra ventilationen og nedløbene er placeret, selv om der fandtes lavere punkter (lunker) på taget. Især bane 8 var meget opfugtet, men også bane 7 og 9 var opfugtet (måleværdier større end 20) så betonen skulle være opfugtet. Konklusionen på undersøgelsen var, at der var fugt i taget, især under bane 8.

Måling med dækskanner

En dækskanner er et instrument, der måler fugt ved hjælp af et elektrisk felt. Scannerens måleværdier afhænger bl.a. af fugtindholdet i konstruktioner og ved at køre den hen over taget og måle kontinuert får man en indikation om hvor i taget, der er mest fugt. Værdier større end 110 svarer til et vådt tag.

Da dækskanneren måler løbende og dækker ca. en halv bane af tagpappen, blev der målt på langs af banerne dvs. at der på hver bane blev målt 2 gange. Resultatet af målingerne var, at det også i dette tilfælde var i bane 7, 8 og 9, at fugten var koncentreret. Her blev der målt værdier op til 150, medens værdierne for taget i øvrigt var under 100 svarende til tørt tag.

Åbning af taget

Som det er fremgået ovenfor, viser de to metoder lidt forskellige resultater. Det kan forklares ved at gulvmoppen er følsom over for jern, således at målingerne er vanskelige at tolke nær ventilationshætter og nær tagets begrænsning. Neutronmåleren er mere præcis og kan lokalisere en fugtskade inden for et areal på ca. 15 cm². Alligevel kan man næppe forvente at neutronmåleren får en meget stor udbredelse, da det er forbundet med restriktioner at køre med en radioaktiv kilde og da den endvidere skal stå fast ved hvert målepunkt, så målingerne bliver langvarige.

Efter en nærmere granskning af resultaterne blev det besluttet at åbne taget i bane 9, se figur 9. Her blev det bekræftet at betonelementet var opfugtet, idet Gann måleren viste 102 og Strenometeret viste 9,5, altså tegn på højt fugtindhold i betonelementet.

En af gårdmændene fortalte, at det, efter at taget var blevet renoveret, havde været nødvendigt at få loftet under bane 9 malet flere gange på grund af fugtskjolder på loftet. Han mente, at taget det sidste stykke tid havde været tæt, idet firmaet som havde lavet taget, havde været oppe og lappede det. Det kan tænkes, at lapningen havde medført at de værste huller var blevet lappet, men der var stadig nogle utætheder, som medførte at vandet trængte ned igennem tagpappen og isoleringen og kom ned i betonelementet. Vandmængden var ikke så stor, at den medførte nye fugtskjolder på loftet.

Det var derfor interessant at undersøge tilstanden af armeringen i tagelementerne. Det kunne først konstateres, når elementerne blev taget ned og slået i stykker. Ved nedtagelsen af elementerne blev det konstateret, at der ikke var korrosion i armeringsjernene, dette kan

skyldes, at de har stået i vand hele tiden, således at der ikke har været ilt til at starte en korrosion.



Figur 9. Det øverste lag tagpap er fjernet.

Undersøgelse af facaden

Der blev foretaget to undersøgelser; en vedrørende korrosion af armering i betonen og en vedrørende korrosion af bindere.

Undersøgelsen af armeringen blev foretaget dels i facaden dels i gavlene. Først undersøgtes nogle af de steder, hvor armeringsjernene var synlige for at konstatere, om der var startet en korrosion. Ved ophugning blev det konstateret, at der kun var rust på den del af jernet, der var synlig, og ikke noget på den del, der var dækket af



Figur 10. De blå sedler viser, hvor der er armeringsjer i facaden. Hullet er udført for at se nærmere på armeringsjernene.

betonen, se figur 10. Grunden til at jernet nogle steder var blevet synligt skyldes, at dæklaget på jernet de steder var meget tyndt og derved havde let ved at falde af på grund af temperatursvingninger, fugtvariationer og begyndende korrosion.

Det træskelet som gavpladerne havde været fastgjort til blev målt for fugt for neden. Der var ikke fugt over det normale for årstiden. Da Robertsonpladen på gavlene var nedtaget og isoleringen blevet fjernet kunne man besigtige den oprindelige gavl. Det kunne konstateres, at der var enkelte rustpletter. Da gavlelementet blev slået i stykker kunne man se at armeringsjernene så pæne ud og ikke havde været angrebet af korrosion.

Undersøgelsen af binderne blev indledt med udvælgelse af et facadestykke med stenbeklædning, hvorunder der med sikkerhed var isolering og dermed bindere til at holde for- og bagside sammen. Ved at anvende et Governmeter kunne armeringen indtegnes på elementet, og man kunne samtidig indtegne, hvor der skulle være bindere. I første omgang var der tegn på, at målingen også kunne benyttes til at afgøre, om der var korrosion i binderne, men efter en kontrolmåling blev målingerne tolket på den måde, at det, der blev målt var, hvordan jernet (binderen) var placeret i facaden. Derefter blev elementet ophugget for at konstatere at det var rigtigt, at der var placeret en binder det pågældende sted. Der var ingen korrosion på binderen. Der blev ikke konstateret fugt i for- eller bagside af elementet, og isoleringen var også tør.

Undersøgelse af rør

Der blev foretaget omfattende undersøgelser af vandrørene i bebyggelsen. Undersøgelserne formede sig som en udvikling og afprøvning af et nyt måleprincip udviklet af SBI. Arbejdet omfattede målinger i Rødbyhavn samt målinger og analyser i SBI's laboratorium af rørstykker, som blev taget ud af bebyggelsen.

Resultaterne af disse målinger er rapporteret i SBI-meddelelse 124 "Elektronisk potentiale måling til undersøgelse af korrosion i vandinstallationer", Hans Kaaris, 1999, samt i et baggrundsnotat, "Potentiale måling til undersøgelse af korrosion i vandinstallationer", F5-114 Projektrapport. Hans Kaaris, 1998. Det kan rekvireres af interesserede.

Summary

SBI Bulletin 120

Experience gained from demolition of a housing block in Rødbyhavn

Conclusions

An environmental investigation showed that demolition of concrete element buildings implies advantages as well as disadvantages in comparison with older buildings. The advantages are that for some building parts a clear separation exists between primary and secondary structures, e.g. heavy load-bearing walls and light non-load-bearing walls. The disadvantages are that other building parts are cast integral with the concrete and can be difficult to separate from it. This applies to e.g. window frames and ventilation ducts as well as sandwich elements, where the anchoring between the inner walls may be inaccessible.

The energy consumed for the demolition was primarily used for the demolition of the concrete structures, because dismantling of other building parts was mainly done by hand. The energy consumed for dismantling and separating the concrete structures is modest compared with the energy consumed for producing concrete and it is therefore unimportant for the inventory of the energy consumption for the service life of concrete structures.

Registration of substances in building waste that cause environmental impacts have been made solely as a raw assessment of what substances may be expected to appear at the demolition of the building. A detailed survey of amounts does not exist or nor does a direct analysis of the various materials. It is suggested that heavy metals can be expected to appear in hot-zinc galvanised materials, water seals in waste and drain pipes, electric installations and in pressure treated wood. Moreover, phthalates and chloroparaffin may be expected to appear in electric installations and asbestos in the insulation of pipes and plastic sealants.

Compared with the actual waste disposal in connection with the demolition project in Kongeledet, it was established that only an insignificant amount was deposited at the local waste dump and that no waste was deposited at the joint municipal waste incineration plant. Overall it must be concluded that waste the disposal met the objectives of the government to minimise the amount of waste for disposal and incineration. However, quantitative targets have not been stipulated. Status regarding disposal of building and construction waste shows that possibilities for recycling gypsum board and insulating products have not been provided and increasing amounts may be expected in the future as a result of demolition and renovation of more recent buildings like e.g. Kongeledet.

By and large the condition survey has confirmed that the measuring methods used worked like intended. Especially the moisture measuring equipment such as Troxler and Dæksanner, which made it feasible to survey areas with critical moisture. When these areas were identified more precise measurements were obtained by opening the roof and using Gann and Strenometer. Moreover, the investigations led to the development and testing of a new measuring method for determination of corrosion in pipe systems and to uncovering of the need for a suitable measuring method for determination of corrosion conditions of wall ties.

Furthermore the investigation has illustrated rate of deterioration of a concrete elements buildings from 1960s. The facades showed a lot of peeling but the defects were local and reinforcement only corroded where exposed (particularly at the edges of the elements). Facade cladding with Robertson boards seems to have worked as intended. In contrast moisture problems were registered in the roof elements in spite of the fact that the original roof cladding had already been totally renovated once. The building appeared somewhat worn down in several places such as windows, stairwells and bathrooms. The bathrooms were moist in several places even though they had not been used for a long time before the investigation.

Kilder

Additiv i PVC. Märkning av PVC. (1996). Kemikalieinspektionen. Rapport 6/96. Solna.

Andersen, C. (1995). Genbrug i forbindelse med stålfremstilling. Dansk Ståldag 95. Dansk Stålinstitut. Ingeniørforeningen Danmark.

Berg F., Milvang, O. og Moltved, N. (1992). Ubundne bærelag af knust asfalt. SV rapport nr. 71. Vejdirektoratet. Vejtekhnisk Institut. København.

Bieneman, R.A. (1967). Drying oil caulks. I: Damusis, A. Sealants. New York. Kapitel 12.

Cadmiumforurening. En redegørelse om anvendelse, forekomst og skadevirkninger af cadmium i Danmark. (1980). Miljøstyrelsen. København.

Dansk Betonforenings anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse. (1989). Publikation nr. 34. Dansk Betonforening. København.

Dansk Betonforenings tillæg til anvisning nr. 34 for genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse (1995). Dansk Betonforening. København.

Dansk Vejbeton A/S og Vejdirektoratet. (1989). Anvendelse af nedknust tegl i vejbygning. Vejdirektoratet. København.

Ehrhardt. (1998). Oplysninger om vægt af vandrør. Telefonoplysning. Forhandler af vandrør.

Eldan-recycling. (1997). Oplysning om skrot fra kabler. NKT Research Center.

Falkenberg J. (1990). Genanvendelse af nedknust tegl. Miljøprojekt nr. 145. Miljøstyrelsen. København.

Falkenberg J. og Faldager, I. (1993). Anvendelse af nedknust tegl og beton som fyld i ledningsgrave. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 41/1993. Miljøstyrelsen. København.

Gaselle. (1998). Oplysning om stålplader. Telefonoplysning. Forhandler af stålplader.

Geismar, A.F. (1965). Teknisk vejledning for sanitetsmesterfaget. København.

- Henriksen, K. (1998). Oplysning om sammensætning af trykimprægneringsmiddel og forbrug af imprægneringsmiddel. Telefonoplysning. Institut for Træteknik. DTI.
- Håndbog for Bygningsindustrien, HFB. (1965). København.
- Jensen, A. og Markussen, J. (1993). Forbrug af og forurening med cadmium. Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 123. København.
- Jensen, F. (1997). Bly- og klorparaffinfrie kabler. NKT Cables.
- Koch L. (1995). Eksamensprojekt udført på DTU ved Institut for Veje, Trafik og Byplan (IVTB). Institut for Veje, Trafik og Byplan. Lyngby.
- Lauritzen, E.K. og Christensen, N.K. (1997). Kortlægning af PVC i bygge- og anlægsaffald fra nedbrydning og renovering. Arbejdsrapport nr. 79. Miljøstyrelsen. København.
- Miljøkontrollen. (1996). Oversigt over fraktioner for bygge- og anlægsaffald. København Kommune. København.
- Axel Nielsen - Carl Bro A/S. (1994). Genanvendelse af nedknust byggeaffald i vejbygning. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 53/1994. Miljøstyrelsen. København.
- SAV. (1998). Oplysning om vægt af støbejernsrør. Telefonoplysning. Forhandler af støbejernsrør.
- Sebastian, W. (1998). Oplysning om sammensætning af mastic-fugemasse efter 1970. Telefax. Fugebranchens Samarbejds- og Oplysningsråd.
- Sigfrid, L. (1993). Miljöstörande material i rivningsavfall. En fallstudie av kadmium, kvicksilver, bly, PCB och CFC i byggnader. FoU nr. 81. Stiftelsen REFORSK. Lund.
- Skaarup, K. (1996). IR-spektra af indsendte prøver. Institut for Anvendt Kemi. DTU. Lyngby.
- Stovgaard, K. (1996). Analyse af prøver af tagpap. A/S Phønix Contractors.
- Tagdækning med bitumenprodukter. (1987). Anvisning nr. 17. Tagbranchens Oplysningsråd. Virum.
- Winther-Jensen, B. (1997). Sammensætning af PVC-kabler fra ca. 1962. NKT Research Center.

Bilag 1. Forslag til undersøgelser

1. Opsamling af erfaringer fra selektiv nedrivning.
2. Genbrug - evt. licitation over bygningsdele.
3. Måling af rørkorrosion. SBI-"mus" sendes gennem rørstrengen (varmt og koldt vand). Der måles fra rørenes udvendige side. Rørene kan skæres op og undersøges bagefter.
4. Vurdering af vådrumsoverfladers vandtæthed (vægge og gulve).
5. Fugtindhold i tagisolering. Både i oprindelig isolering og i efterisoleringen. (Fladt tag med isolering oven på den gamle tagpap).
6. Fugemassers tilstand. Fugerne kan skæres op, således at det kan vurderes i hvilken udstrækning der er sket en hærkning. Evt. fugeslip registreres.
7. Korrosion i beslag til fastholdelse af facadeelementer.
8. Korrosion af armeringsjern. Analyse de steder hvor der er sket afsprængninger og ophugninger hvor der tilsyneladende ikke er sket noget.
9. Funktion af mekaniske ventilationsanlæg.
10. Funktion af drænledninger. (Noget besværligt - kræver nok opgravning).
11. Karbonatisering af beton.
12. Tilstandsvurdering af:
 - a. Vinduer (vinduer med koblede rammer)
 - b. Tagbelægning (tagpap)
 - c. Facadeelementer (både lette træfacader og betonelementer)
 - d. Vådrum (malede vægge).

Bilag 2. Måleinstrumenter



Troxler

En radioaktiv måler, som form for fiktiv indikator, hvor undersøgelsesområdets mindste og højeste værdi fastlægges og herefter kan fugtniveauet kortlægges.



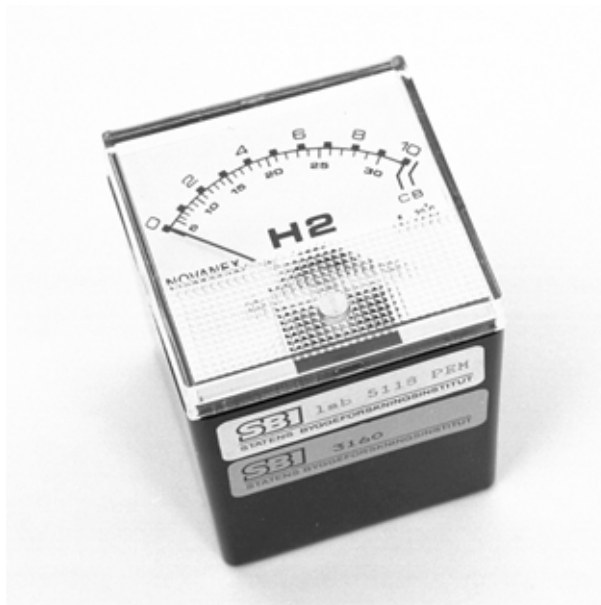
Stikbøjsmåler

En måler som direkte giver fugtindholdet i det undersøgte materiale.



GANN

En fugtindikator, hvor mindste og højeste niveau fastlægges og derefter har man fugtniveauet.



Kapacitiv fugtmåler (Strenometer)

En fugtindikator, hvor mindste og højeste niveau fastlægges og derefter har man fugtniveauet.



Dækscanner

En fugtindikator, hvor mindste og højeste niveau fastlægges og derefter har man fugtniveauet.

Denne meddelelse indeholder en beskrivelse af nedrivningen af et betonelementbyggeri. Der er foretaget en registrering af energiforbrug i forbindelse med nedrivningen og bortskaffelsen samt en registrering af de miljøbelastende stoffer i bygningsaffaldet. Inden bebyggelsen blev revet ned, blev der gennemført en tilstandsvurdering af dele af bygningen. I den forbindelse blev der foretaget en vurdering af de anvendte målemetoders egnethed.