

Forekomst af bor i indeklimaet. Et pilotstudie.

T Schneider, Arbejdsmiljøinstituttet.
September 1999

Forekomst af bor i indeklimaet. Et pilotstudie.

Resume

Borsyre og boraks anvendes som imprægneringsmiddel i isolering baseret på papir. I princippet kan bor derfor forekomme i indeklimaet. Elektronisk og manuel litteratursøgning gav ingen artikler der i indeklimaet havde målt luftbårne koncentrationer af borholdige forbindelser. Der blev kun fundet én artikel med data for borsyres fordampning fra og diffusion i papirisolering. I pilotprojektet er udført feltmålinger i huse med papirbaseret isolering og med en konstruktion der repræsenterede værst eller tæt på værst tænkelige forhold. Resultaterne viste at koncentrationer i luften af borsyre og boraks i partikulær og damp form ikke adskilte sig fra kontrolhuse hvor der ikke var anvendt borforbindelser. I gulvstøv blev der kun fundet borsyre/boraks på et niveau der er højere end i kontrolhusene, i et hus der var under opførelse og et hus der var isoleret med papirbaseret isolering med højt indhold af borforbindelser.

Det kan konkluderes at forekomsten af bor i indeklimaet ikke eller kun i meget ringe grad adskiller sig fra baggrundsforekomsten. Konklusionen skal tages med forbehold da der kun er udført meget få målinger. Konklusionen understøttes imidlertid af laboratoriemålinger.

Formål

Formålet med projektet har været ved litteraturstudier og feltmålinger at vurdere størrelsesordenen af bor forekomsten i indeklimaet i huse med og uden isoleringsmateriale imprægneret med borholdige stoffer.

Indledning

Der er udsigt til at Miljøstyrelsen klassificerer bor som reproduktionstoksisk, kategori 2. Dette rejser spørgsmålet om anvendelse af isoleringsmaterialer imprægneret med borsyre og boraks kan give anledning til forhøjede koncentrationer af borholdige forbindelser i indeklimaet. I et hus isoleret med papirbaseret isolering kan der være anvendt ca. 100 kg bor forbindelser. Det ville overraske enhver der er fortrolig med sporstof analyse hvis der ikke kunne påvises bor i indeklimaet. Spørgsmålet er naturligvis hvor meget der forekommer.

COWI (1999) har i et projekt finansieret af Energistyrelsens Udviklingsprogram for miljø- og arbejdsmiljøvenlig isolering opstillet et scenarie til vurdering af den værst tænkelige koncentration af borsyre dampe i indeklimaet. Scenariet fører til høje koncentrationer. Koncentrationerne er imidlertid ikke realistiske fordi der skal en så kraftig afdampning til fra isoleringsmaterialet for at opretholde de høje koncentrationer, at al borholdig imprægnering ville være fordampet på få måneder. For at skabe klarhed over forsvarligheden af at anvende isoleringsmaterialer imprægneret med bor forbindelser er nærværende pilotprojekt gennemført.

Materialer og metoder

Litteratursøgning

Der er foretaget en litteratursøgning i følgende databaser:

TOXLINE 1965 - 1991 (EM)

Bibliografisk database, som dækker toksikologiske virkninger af lægemidler, pesticider og andre kemiske stoffer. Emnæssigt omfatter databasen kræft, mutagenitet, teratogenitet, forurening.

JICST-EPLUS: JAPANESE SCIENCE AND TECHNOLOGY 1985-

Database, der dækker litteratur publiceret i Japan indenfor områderne naturvidenskab, teknologi og medicin.

HAZARDOUS SUBSTANCES 1ST.QTR.'99

Faktuel database, der dækker toksicitet, eksponering (standarder og regler), monitorering og analysemetoder.

ABI/INFORM '71 TO DATE

Business database med over 1,3 mill. citationer fra mere end 1.000 tidsskrifter - halvdelen indekseret cover-to-cover.

SCIENCE CITATION INDEX '87- WK24/'99

Citationsdatabase indenfor naturvidenskab og teknologi.

CURRENT CONTENTS: CONTENTS TABLES, 1995-COPYRIGHT BY ISI, PHILADELPHIA, USA

Database, der indeholder indholdsfortegnelser fra førende tidsskrifter og bøger indenfor naturvidenskab over hele verden.

NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE. '70 TO DATE SERVICE OF THE DEPARTMENT OF COMMERCE OF THE UNITED STATES OF AMERICA. ALL RIGHTS RESERVED. (1991).

Database, der indeholder amerikansk statssponsoreret forskning, udvikling og "engineering".

COMPENDEX (R) '76-COPYRIGHT BY Engineering Index Inc, Hoboken NJ, USA

Databasen omfatter abstracts fra The Engineering Index (ingeniørarbejde og teknologi), som dækker 40 lande og som omfatter tidsskrifter, transactions, rapporter, monografier, proceedings osv.

EMBASE 1974 TO DATE. COPYRIGHT BY Elsevier Science BV, Amsterdam, Netherlands.

Biomedicinsk database, der fokuserer på europæisk litteratur

PASCAL: 1984 TO WEEK 23 '99. COPYRIGHT BY INIST-CNRS, Vandoeuvre, Nancy, France.

En multidisciplinær database med hovedvægt på emnerne: biologi, medicin, kemi, fysik, energi, "engineering, mechanical and civil"

BIOSIS PREVIEWS 1993 TO DATE (Biological Abstracts)

Databasen indeholder over 10,5 mill. referencer fra Biological Abstracts (worldwide indenfor biologi og biomedicinske videnskaber)

ENVIROLINE '71-05/'99

Database, der omfatter en bred vifte af emner indenfor miljø: teknisk, videnskabelig, socioøkonomisk og politisk. Områder som teknologi, kemi, biologi mv. er medtaget dersom det er miljørelateret.

PIRA DATABASE '75-V99:ISS23

Databasen omfatter "business" og teknisk litteratur indenfor papirindustrien - herunder miljø, affald, genanvendelse.

POLLUTION ABSTRACTS. '70-

Databasen omfatter miljørelateret international litteratur indenfor forurening (dets kilder og kontrolforanstaltninger hermed). Emnerne dækker luft, (spilde-)vand, land, støj, miljøkvalitet, affald, stråling og pesticider.

Den anvendte søgeprofil i ovenstående databaser var:

```
1 BORON OR (BORIC ADJ ACID) OR ORTHOBORIC ADJ ACID OR (BORACIC ADJ ACID)
OR BORAX
2 1 AND INDOOR
```

Desuden er andre kilder som forfatteren havde kendskab til indgået i vurderingen.

Målinger

Der er udvalgt 6 boliger til undersøgelsen. 4 boliger var isoleret med papirbaseret isolering imprægneret med borsyre og boraks. Boligerne blev valgt ud fra at de kunne forventes at repræsentere værst tænkelige tilfælde, dvs. der er anvendt produkter med høj koncentration af borforbindelser, i væsentlige mængder og i en bygningskonstruktion der er åben indadtil. Boligerne er udvalgt i samarbejde med Statens Byggeforskningsinstitut. Der blev udvalgt to referenceboliger, et 3.5 år gammelt parcelhus i bymæssige omgivelser og et 11 år gammelt parcelhus i landlige omgivelser, begge nær Galten.

Totalstøv

Luftbårent totalstøv blev opsamlet på 0.8 µm membranfiltre ved en volumenstrøm på 1.9 l min⁻¹. Der blev benyttet pumper af typen SKC 224/Air Check. Filtrene blev vejjet og der blev korrigeret for ændringer i luftfugtighed.

Bor-forbindelser

Partikulære og gasformige forbindelser er opsamlet på membranfilter efterfulgt af vaskeflaske indeholdende en svag basisk opløsning af natriumhydroxid (0.05N). Filter og vaskeflaske blev efter opsamling analyseret for bor indhold hver for sig. Filterfraktionen rapporteres som partikulære borforbindelser mens eventuelt indhold i vaskeflasken rapporteres som gasformige borforbindelser.

Analyse af filtre er foretaget ved ekstraktion med 0.05N natriumhydroxid. Ekstrakter og indhold i opsamlingsvæsker (vaskeflasker) er analyseret spektrofotometrisk (reaktion med curcumin under dannelse af et farvet produkt). Denne metode er valgt fordi den er mere følsom end normal atomabsorptions spektrofotometri og fordi borholdigt glas der anvendes i det mere følsomme ICP

udstyr skønnes at give en baggrundsforurening som der ikke kan korrigeres tilstrækkeligt for. Den spektrofotometriske metode medtager foruden borsyre også boraks og diboran. Resultaterne er angivet i masse rent bor. Der kan benyttes følgende omregningsfaktorer for massen (WHO, 1998):

$$\text{Bor} = \text{borsyre} \times 0.175$$

$$\text{Bor} = \text{boraks} \times 0.113$$

Da analysemetoden har positiv interferens for nitrat er alle prøver analyseret for nitrat.

Gulvstøv

Støv fra boligernes stuer er opsamlet med en filtertragt (VacuuMark, Petersen-Bach, Bjerringbro) tilsluttet en husholdningsstøvsuger. Der er søgt efter steder med meget støv (hjørner, under møbler etc.). Der er typisk støvsuget et areal på 12 m².

Udendørs koncentrationer

Udendørs støv er opsamlet som PM₁₀ fraktion ved hjælp af impaktor forudskiller (ifølge EPA standard) efterfulgt af membranfilter. Eventuelle gasformige bor forbindelser opsamles i efterfølgende vaskeflaske med 0.05N natriumhydroxid. Der er hvert sted foretaget målinger i to rum - typisk stue og soveværelse.

Andre faktorer

Måling af temperatur og lufthastighed blev foretaget med svingspykrometer.

Oplysninger om brugsvaner er indsamlet ved samtale med beboeren i den enkelte bolig i forbindelse med målingerne. Der er spurgt om vaner med hensyn til rengøring og udluftning.

Resultater

Litteratursøgning

Litteratursøgningen frembragte ingen artikler der beskriver forekomst af borsyre eller boraks i indeklimate luften.

Feltmålinger

Ved de aktuelt målte nitrat koncentrationer er der ikke risiko for interferens.

Alle koncentrationer af bor i udeluften var under detektionsgrænsen. Detektionsgrænsen er for partikelfasen 0.007 mg bor m⁻³ og for gasfasen 0.04 mg bor m⁻³.

Måleresultaterne fra indeklimaet fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Resultater af målingerne i pilotprojektet. Resultaterne er angivet som bor omregnet til borsyre, selv om en del kan være boraks. <xx betyder mindre end detektionsgrænsen xx.

Bolig	Opførelsesår	Totalstøv, mg m ⁻³		Bor, partikel fase, mg m ⁻³	Bor, gas fase, mg m ⁻³	Andel bor i gulvstøv, mg g ⁻¹	Bor på gulv, mg m ⁻²	Borforbindelser i isoleringen. Vægtandel (*)	Mulighed for ind- trængning af bor som følge af bygnings- konstruktionen
		stue	Sove- værelse						
København	Under opførelse	0.23	0.23	<0.007	<0.04 (spor)	0.025	0.0023	6%	Værst tænkeligt
Sjælland	1996 og 98	0.09	<0.07	<0.007	<0.04	0.039	0.0026	25%, 16%	Nær værste tilfælde
Jylland A	1993	0.06	0.11	<0.007	<0.04	<0.01	<0.001	6%	Værst tænkeligt
Jylland B	1993	0.11	<0.07	<0.007	<0.04	<0.02	<0.001	6%	Værst tænkeligt
Galten		<0.07	<0.08	<0.007	<0.04 (spor)	<0.01	<0.001	Kontrol	
Skanderborg		0.12	0.10	<0.007	<0.04 (spor)	0.019	0.001	Kontrol	

(*) Der tilsættes normalt nogenlunde lige store vægtmængder borsyre og boraks.

Diskussion

Måleresultaterne (tabel 1) viser at koncentrationen af bor i indeklimaluften er under detektionsgrænsen. Der er dog fundet spor (under kvantificeringsgrænsen) både i en bolig med og en uden papirbaseret isolering.

Det vides fra bygninger isoleret med mineraluld at mineraluldsfibre fra isoleringen kan nå frem til luften i indeklimaluften. Da imprægneringsmidlerne i papirbaseret isolering ikke er bundet særlig fast til papirfibre kan det derfor ikke udelukkes at også borholdige partikler kan findes i luften i indeklimaluften. Det er lykkedes at opspore en reference, der indeholder data der kan anvendes til vurdering af en overgrænse for forekomsten af bor i indeklimaluften (Chiou og Yarbrough, 1990). En granskning af en rapport af Nisson (1997) har sandsynliggjort at der ikke er andre. Chiou og Yarbrough (1990) har bestemt ligevægtsdamptrykket ved at måle borkoncentrationen i mættede dampe over borsyre. Resultaterne er gengivet i tabel 2, tillige med beregnede ligevægtskoncentrationer af borsyre beregnet som bor i luft. Det er derfor sandsynligt at koncentrationen af borsyre damp i praksis i indeklimaluften er lavere end $0.001 \text{ mg bor m}^{-3}$.

Tabel 2.

	70 C, 100%RH	70 C, 0.5%RH	20 C, 100%RH	20 C, 0.5%RH
Ligevægtsdamptryk, Pa	<0.012	<0.01	<0.001	<0.002
Ligevægtskoncentration, mg bor m^{-3} §	< 0.05	<0.04	<0.004	<0.007

§ $22.4 \text{ mg borsyre m}^{-3} \text{ Pa}^{-1}$.

Bor er kun påvist i gulvstøvet, herunder i eet kontrolhus. I lighed med erfaringen for mineraluld, vil en måling af forekomsten på overflader være mere følsom (i betydningen om bor kan påvises) end måling af koncentrationen i luft (Schneider, 2000). Udover i en kontrolbolig er bor-forbindelser påvist i gulvstøvet i en bolig isoleret med papirisolering med højt indhold af bor imprægnering og i en bolig (København) der var i den sidste del af byggefasen og bar præg af at den afsluttende rengøring ikke var foretaget. Totalstøv koncentrationen i boligen i København var høj sammenlignet med de andre boliger. Dette underbygger at der generelt var en større støvbelastning på grund af byggeriet. I huse isoleret med mineraluld kan der i de fleste tilfælde findes mineraluldsfibre på overflader. Ligeledes vides fra flere målinger udført før, under og efter isoleringsarbejde med mineraluld at der midlertidigt forekommer en forhøjet koncentration af mineraluldsfibre i indeklimaluften (Schneider, 2000).

Gulvstøvet blev opsamlet fra de steder på gulvet hvor der var mest støv. Hvis alt gulvstøv blev ophvirvlet og blandet i hele lokalet ville det resultere i en kortvarig koncentration af borholdige partikler i luften på under $0.001 \text{ mg bor m}^{-3}$.

Verdenssundhedsorganisationen WHO sætter det tolerable indtag (TI) til $0.4 \text{ mg bor mg}^{-1} \text{ dag}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ uanset om optag sker gennem munden eller ved indånding. Hvis alt gulvstøvet i stuen med det højeste målte borindhold blev spist ville indtaget af bor være under TI. Den mængde et legende barn ville få i munden i praksis er meget lille i forhold hertil og dermed meget langt under TI.

Ved indånding af 20 m³ luft per døgn og 100% optagelse, optages maksimalt 20 x 0.007 + 20 x 0.001 = 0.16 mg bor dag⁻¹. Til sammenligning indtages 1-2 mg bor dag⁻¹ gennem vand og føde (WHO, 1998). Disse regneeksempler skal tjene til at give en fornemmelse af størrelsesordenen af de målte bor koncentrationer. En egentlig toksikologisk vurdering kan findes i COWI (1999).

Chiou og Yarbrough (1990) har målt borsyres diffusionskoefficient til 0.114 cm²s⁻¹ ved 90 C og benyttet dette til at beregne massetab af borsyre fra et isoleringslag ved diffusion til et loftvolumen hvori er et luftskifte på 1-2 per time. Tiden der går indtil borsyre koncentrationen er faldet til 5 vægt % er vist i tabel 3 for en temperatur på 70 C. Denne temperatur anses for at være overgrænsen på den varme side af et isoleringslag i et loftsrum. Der var ikke lavet beregninger ved lavere temperaturer.

Tabel 3. Tab af borsyre ved 70 C.

Luftskifte per time	Tid, ved initialt 15 vægt %	Tid, ved initialt 20 vægt %
1	520 år	1560 år
2	337 år	1010 år

Tabel 3 viser at tab af borsyre ved fordampning/sublimering selv fra den varme del af loftsisolering (max 70 C, RH tæt ved 100%) er forsvindende lille.

Konklusion

Forekomsten af bor i indeklimaet adskiller sig ikke eller kun i meget ringe grad fra baggrundsforekomsten. Koncentrationerne må karakteriseres som meget lave. Tiltag til reduktion af isolatørernes eksponering gennem udvikling af mere støvsvage produkter eller substitution af bor vil reducere disse koncentrationer yderligere

Medvirkende

Projektet er gennemført for en bevilling af Energistyrelsens Udviklingsprogram for miljø- og arbejdsmiljøvenlig isolering, projekt 990020.

Litteratursøgningen er foretaget af Elisabeth Bengtson, Arbejdsmiljøinstituttet.

Måling af bor og beskrivelse af beboernes vaner er foretaget af MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S, se vedlagte rapport.

Den bygningstekniske beskrivelse er foretaget af Bygge- og Miljøteknik ApS, se vedlagte rapport. Søren Skibstrup Eriksen, Statens Byggeforskningsinstitut takkes for at have etableret kontakten til beboerne af de undersøgte boliger isoleret med papir.

Referencer

Chiou N and Yarbrough DW. Permanency of Boric acid used as fire retardant in cellulosic insulation. Energy and Building 1990;14:351-361.

COWI. Udredning om flammehæmmere og biocider i isoleringsmaterialer, 1999.

Nisson JDN. The fiber war: Loose insulation for houses. Energy design Update. Newsletter from Cutter Information Corp. 1997.

Schneider T. Synthetic vitreous fibers (SVF). In: Spengler J, Samet JM, McCarthy JF (eds). Indoor Air Quality Handbook. McGraw-Hill. In preparation.

WHO, International Program on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 204. Boron. World Health Organisation, Geneva, 1998.



Bygge- og Miljøteknik ApS

**BYGGETEKNISK BESKRIVELSE OG VURDERING AF TRE
EENFAMILIEHUSE MED ISOLERING AF PAPIRGRANULAT**

Sag nr.: B748

August 1999

Rekvirent: Arbejds miljøinstituttet



Byggeteknisk beskrivelse og vurdering af tre eenfamiliehuse med isolering af papirgranulat

I henhold til aftale med afdelingsleder Thomas Schneider, Arbejds miljøinstituttet har Bygge- og Miljøteknik ApS foretaget en byggeteknisk vurdering af tre eenfamiliehuse, hvori der er anvendt papirgranulat som isolering.

Formålet har været, at disse oplysninger skulle indgå i en samlet vurdering af den eventuelle risiko for forekomst af bor i indeklimaet.

Virum, den 3. august 1999

Georg Christensen
civilingeniør
Bygge- og Miljøteknik ApS



Eenfamiliehus under opførelse, træskelethus.

Beliggenhed:	København
Generel beskrivelse:	Træskelethus med paralleltag dvs tagflade og loftflade er parallelle. Huset er under opførelse og har derfor i princippet kun eet rum i sin nuværende stand. Huset er dog i princippet lukket.
Opførelsesår:	1999
Geometri:	Husets grundareal er på ca. 60 m ² . Køkken og toilet optræder som ”knaster” på huset med arealer på henholdsvis ca. 9 m ² og 6 m ² . Samlet rumvolumen er ca. 250 m ³ .
Ventilation:	Der findes endnu ikke anbragt egentlige ventilationsåbninger i huset, idet udluftning sker ved åbning af døre. I toiletrummet findes tørkloset. Der er installeret brændeovn og på længere sigt vil der blive installeret emhætte i køkkenen.
Konstruktioner:	
Terrændæk:	Der er anvendt terrændæk med trægulv på sand og 150 mm trykfast polystyrenisolering (Thermisol). I toiletrum er klinkegulv.
Ydervægge:	Ydervæggene består af en 200 mm træskeletkonstruktion udfyldt med papirisolering. (Borsaltindhold 6%). Udvendig findes en bræddebeklædning med et bagved liggende 25 mm ventileret hulrum. På skelettets yderside er en 9 mm vindgips. På skelettets inderside er 2 lag 13 mm gipsplader. Der er således ingen yderligere vind- eller dampbremse i væggen.
Indervægge:	Der er endnu ikke installeret indervægge.
Tag:	På tagets overside er anvendt profilerede metalplader med et undertag af Huntonit. På loftet er udlagt 200 mm papirisolering (Borsaltindhold 6%) uden nogen form for dampbremse. På en del af loftfladen findes 2 lag 13 mm gipsplader og i den øvrige del af loftet er der kun én 13 mm gipsplade.
Vinduer:	Der er dels anvendt genbrugsvinduer og dels nye vinduer. I begge tilfælde med to lag glas.



- Døre:** Der findes i realiteten ingen indvendige døre. De udvendige døre er af træ med glaspartier. Glaspartier er med to lag glas.
- Særlige forhold:** Huset er under opførelse og elledninger er i enkelte tilfælde trukket ud gennem klimaskærmen således, at der kan ses direkte ind til papirisoleringen.
- Generelt:** Der er i dette hus ikke anvendt nogen form for dampbremse eller vindspærre på isoleringens varme side. Samtidig er der fri adgang til papirisoleringen (Miljøisolering) i endnu ikke tillukkede åbninger. Ventilationen er endnu ikke etableret som tiltænkt. Det må derfor skønnes, at huset må siges at være "det værst tænkelige" tilfælde. I denne forbindelse må der også tænkes på den forurening, som uundgåeligt er i alle helt nye huse under og direkte efter selve byggeprocessen.



Bebyggelse Jylland

Beliggenhed:	Jylland A + B
Generel beskrivelse:	Rækkehusbebyggelse i to etager med rejst tag og loft til Kip (paralleltag). Mindre kælderrum i forbindelse med hus.
Opførelsesår:	1993
Geometri:	Husets grundareal er på ca. 62 m ² og det samlede boligareal er på ca. 112 m ² idet en solstue er i to etager. Husets rumvolumen er på ca. 240 m ³ .
Ventilation:	Der er naturligt aftræk fra køkken og bad, idet der dog er mekanisk ventilation gennem emhætte i køkken.

Konstruktioner:

Terrændæk:	Traditionel terrændækkonstruktion med isolering af 300 mm løs Leca, 80 mm beton og ludbehandlet trægulv på strøer. Ingen fugtspærre i gulv.
Ydervægge (excl. bad):	100 mm træskelet med påforing på begge sider af 50 mm lægter. 200 mm papirisolering (6% borsaltindhold). Udvendig afdækning af isolering består af en 9 mm vindgipsplade og indvendig afsluttes med en 15 mm gipsplade. Udvendig beklædning er thujabrædder med bagved liggende 25 mm ventileret hulrum. Der er ingen dampspærre eller dampbremse, men langs alle hjørnesamlinger, ved vinduestilslutninger, dørtilslutninger samt tilslutning til loft er der indlagt en 500 mm bred 0,15 mm PE folie til sikring af lufttæthed. Endvidere er alle samlinger imellem gipsplader i hjørner ekstra sikret lufttæthed med en fugemasse.
Ydervæg (baderum):	Indvendig del af væggen består af en 100 mm Leca-beton og udenfor denne findes 100 mm papirisolering (6% borsaltindhold) i et træstolpeskelet. Yderst er væggen beklædt med Thujabrædder foran et 25 mm ventileret hulrum.
Tag:	200 mm høje bjælkespær med påforing af 50 mm trælægter på begge sider. 300 mm papirisolering (6% borsaltindhold) som mod rummet er afsluttet med en 15 mm gipsplade og udvendig med en 9 mm vindgips. Yderst er pandeplader på lægter med et bagved liggende ventileret hulrum. Afstandslisters har en højde på 25 mm
Indervægge:	70 mm træskelet med 15 mm gipsplader på begge sider. I hulrummet er indblæst papirisolering (6% borsaltindhold). Mod solstuen er indervæggen (ydervæggen) identisk med den tidligere omtalte lette ydervæg. Indervægge mod baderum består af 100 mm Lecabeton
Etageskillelse:	225 mm højt træbjælkelag med 100 mm indblæst papirisolering. På oversiden et ludbehandlet trægulv og på undersiden en 15 mm gipsplade. I etageadskillelsen over baderum/toilet er indlagt en 0,15 mm PE-folie for at forhindre fugt og lugttransport til det overliggende rum.
Vinduer:	Der er anvendt traditionelle udadgående trævinduer med termoruder med en glasafstand på 13 mm.
Døre:	Der er anvendt traditionelle trædøre som er indadgående i entre og solstue men udadgående ved køkken.



- Kælder:** Under og udfor toilet/bad findes et mindre kælderrum opbygget af beton og Lecabetonblokke. Adskillelsen imellem den indvendige og den udvendige del af kælderrummet består af et 100 mm gipspladebeklædt stolpeskelet med papirisolering i hulrummet.
- Væg mod nabohus:** Indervæggen mod nabohus består af 290 mm ubrændte lersten.
- Ventilation:** Der er naturligt aftræk fra køkken og bad. Dog er der mulighed for at anvende forceret ventilation ved hjælp af en emhætte i køkken og en ventilator anbragt i ydervæg i badeværelse.
- Generelt:** Der er ikke i huset anvendt nogen form for dampspærre i klimaskærmen, men til gengæld er alle samlinger mellem bygningdele gjort lufttætte ved indlægning af en 50 mm bred strimmel af PE-folie ligesom der er anvendt fugemasse i kritiske samlinger. Huset må til trods herfor siges at repræsentere ”det værste tænkelige tilfælde”, når det gælder måling af et eventuelt borindhold i rumluften.



Eenfamiliehus med tilbygning, tømmerpanelhus, Sjælland

Beliggenhed:	Sjælland
Generel beskrivelse:	Fritliggende eenfamiliehus med tilbygning. Både hovedbygning og tilbygning har rejst tag (ca. 25 graders hældning). Tagbeklædningen er af tegl. Der er anvendt tømmerpanelvægge med indvendig isolering. Både hovedbygning og tilbygning har terrændæk.
Opførelsesår:	1996 og 1998
Geometri:	Hovedbygningen har et areal på 60 m ² og tilbygningen et areal på 55 m ² . Areal af hovedbygning og tilbygning er ca. 115 m ² . Hovedbygningens volumen er ca. 150 m ³ og tilbygningens volumen er ca. 140 m ³ .
Ventilation:	I hovedbygningen er der naturligt aftræk fra køkken suppleret med forceret udluftning ved hjælp af emhætte. I hovedbygningen findes en brændeovn som bidrager til ventilationen. I baderum i tilbygningen er der naturligt aftræk.
Konstruktioner:	
Gulvkonstruktion:	I begge bygningsafsnit findes terrændæk. I hovedbygningen findes klinkegulv på beton hvorunder der er isoleret med 160 mm polystyren. I tilbygningen er der på oversiden af betonpladen anbragt en kraftig dampspærre som underlag for 100 mm Eco – fiberisolering (16% borsalt). Endvidere 26 mm ludbehandlet brædegulv på strøer..
Ydervægge:	I begge bygningsafsnit er udvendigt anvendt 100 mm massivt tømmerpanel. Indvendig et 45x120 mm træskelet opfyldt med Eco-fibre. I hovedbygningen er anvendt Eco-fiberisolering med 25% borsalte og i tilbygningen Eco-fiberisolering med 16% borsalte. Isoleringtykkelsen er i begge tilfælde 120-125 mm. (De ekstra 5mm kommer fordi skeletvæggen ikke står helt tæt på tømmerpanelvæggen, og ved indblæsning kan der derfor regnes med at isoleringtykkelsen bliver 125 mm.) Indvendig vægbeklædning af 13mm gipsplade. Under den indvendige gipsplade findes en diffusionsåben dampbremse. Der findes således ingen egentlig dampspærre i væggen, men lufttætheden opnås med dampbremsen. I hovedhuset er væggene malede. I tilbygningen er der på både vægge og lofter afsluttet med et malet glasfibervæv som dækker alle samlinger.
Ydervæg (baderum):	Samme vægkonstruktion som ovenfor dog er den indvendige gipsplade erstattet med en kalciumsilikatplade. Denne er malet bortset fra i brusenichen hvor der er flisebeklædning.
Tag:	Der er tagbeklædning af tegl, som ligger på lægter der igen ligger på 25mm afstandslister. Herunder er en relativt diffusionsåben pap som afdækker 25mm rupløjede brædder. Spærkonstruktionen har en højde på 200 mm som helt udfyldes med Eco-fiberisolering. I hovedbygningen med et borsaltindhold på 25% og i tilbygningen på 16%. I hovedbygningen er der under spær en diffusionsåben dampbremse. Denne er udeladt i tilbygningen hvor lufttætningen sikres ved det før omtalte malede glasfibervæv. I begge bygningsafsnit afsluttes mod rummet med en spredt forskalling og en 13 mm gipsplade.
Indervægge:	Indervægge består i begge bygningsafsnit af træskeletvægge beklædt med 13 mm gipsplader på begge sider.



- Vinduer: Der er almindelige termovinduer med to lag glas samt rammer og karme af træ. Det er oplyst, at vinduet i soveværelset normalt står åbent – undtagen i måleperioden.
- Døre: Der er anvendt almindelige malede trædøre.
- Tilslutning: Tilbygningen står i forbindelse med hovedbygningen gennem en mellemgang uden dørparti.
- Generelt: Der er hverken i hovedbygningen eller tilbygningen anvendt almindelige dampspærre, men der er ved diffusionsåbne membraner tilstræbt en god lufttæthed af konstruktionerne – især i tilbygningen. De kritiske samlinger imellem væg og loft ser således ud til at være omhyggeligt udført, således at lufttætheden er i orden. Det skønnes, at huset hvad angår borbelastning ligger meget nær ”det værste tilfælde” da der ikke er dampspærre. Dog tyder den omhyggelige lufttætning på, at der næppe tilføres beboelsesrummene bordampe på grund af konvektion igennem konstruktionerne



Rapport

Måling for borsyre

Maj 1999

Rekvirent: Arbejdsmiljøinstituttet
Thomas Schneider
Lersø Parkalle 105
2100 København Ø

Dato: 30. august 1999 - PM/lbk

Udført af: MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S
Smedeskovvej 38, DK-8464 Galten

Peter Mortensen
cand.scient

Michael Pedersen
civilingeniør



Indholdsfortegnelse

1 Indledning	3
2 Baggrund og formål	3
3 Gennemførte målinger	3
4 Måleomstændigheder	4
5 Metoder	4
6 Resultater	5

Bilagsfortegnelse

Bilag I: Resultatskema for måling af borsyre



Indledning

MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S har i perioden 12.- 25. maj 1999 ved miljøtekniker Alfred Larsen foretaget måling for luftbårent og aflejret borsyre i 6 boliger i Danmark.

Målingerne er rekvireret af Arbejdsmiljøinstituttet ved Thomas Schneider.

Baggrund og formål

I forbindelse med udvikling af alternative isoleringsmaterialer er der bl.a. gennemført forsøg med papirmaterialer imprægneret med borsyre.

Som led i disse forsøg ønskes der foretaget måling for borsyre i et antal boliger isoleret med dette alternative materiale. Der er desuden foretaget måling for samme stof i boliger isoleret med traditionelle materialer (referenceboliger).

Formålet er således at foretage måling for borsyre i et antal udpegede boliger. Det er ikke formålet med denne opgave at vurdere de fremkomne resultater.

Gennemførte målinger

Måleprogrammet er fastlagt af rekvirenten.

Målesteder Der er foretaget måling på følgende adresser:

- København
- Sjælland
- Jylland A
- Jylland B
- Galten
- Skanderborg

De to sidste boliger er referenceboliger udvalgt af MILJØ-KEMI.

Måleprogram Hvert sted er der foretaget måling for luftbårent totalstøv samt for partikulært og gasformigt luftbårent borsyre. Målingerne er hvert sted foretaget i to rum - typisk stue og soveværelse. I hver bolig er der desuden foretaget måling for aflejret borsyre i stue.

Brugsvaner Sideløbende med målingerne i boligerne er der hvert sted foretaget måling for støv og borsyre i udeluften (udreference).
I forbindelse med målingerne er der indhentet oplysninger om beboernes vaner med hensyn til rengøring og udluftning samt foretaget måling af temperatur og luftfugtighed i de enkelte boliger.



Måleomstændigheder

Måledatoer er fastlagt af S. Skibstrup Eriksen, Statens Byggeforskningsinstitut på vegne af rekvirenten. Målingerne er foretaget under de omstændigheder, som var til stede ved ankomsten. Vinduer og døre er holdt lukkede i måleperioden.

Klimaforhold Ude- og indeklimatiske forhold fremgår af resultatskemaer i bilag I.

Referenceboliger De to referenceboliger er dels et 3,5 år gammelt parcelhus i bymæssige omgivelser og et 11 år gammelt parcelhus i landlige omgivelser.

Metoder

Totalstøv Måling for totalstøv er foretaget ved, at kendte luftmængder er suget gennem 0,8 µm membranfiltre med pumper af typen SKC 224/Air Check.

I laboratoriet er filtrene analyseret for opsamlet støvmængde ved følgende metode:

Støv i luft (massebestemmelse)

Princip: Støv opsamles på membranfilter og vejes før og efter eksponering med efterfølgende korrektion for temperatur og luftfugtighed. Opsamlingsflow: 1,9 l/min.

Referencer: AMI-metode nr. L15

Luftbærent
borsyre

Måling for borsyre er foretaget på serieforbundne membranfiltre og vaskeflasker indeholdende en svag basisk opløsning af natriumhydroxid (0,05N). Filter og vaskeflaske blev efter opsamling analyseret separat for borsyre. Filterfraktionen rapporteres som partikulært borsyre mens eventuelt indhold i vaskeflasken rapporteres som gasformigt borsyre. Analyse af filtre er foretaget ved ekstraktion med 0,05 N natriumhydroxid og efterfølgende analyse for borsyre. Ekstrakter og indhold i opsamlingsvæsker (vaskeflasker) er analyseret ved følgende metode:

Borsyre

Princip: Borsyre som reagerer med curcumin under dannelse af et farvet produkt, som bestemmes ved spektrofotometrisk analyse. Metoden medtager foruden borsyre også diboran og borax. Resultatet er omregnet som borsyre.



Metoden har positiv interferens for nitrat. Alle prøver er derfor analyseret for nitrat. Der er ikke risiko for interferens ved de aktuelle koncentrationer.

Aflejret støv	<p><i>Referencer:</i> Egen metode</p> <p>Der er opsamlet støv fra boligernes stuer ved at anvende en husholdningsstøvsuger forsynet med sugemundstykke med filterindsats af typen VacuumMark. Der er søgt efter steder med meget støv under støvsugningen (hjørner, under møbler etc.). Der er typisk støvsuget et areal på ca. 12 m².</p>
Udereference	<p>Støvet er efter opsamling analyseret for indhold af borsyre ved samme metode som for luftbårent partikulært støv.</p> <p><i>Princip:</i> Støv er opsamlet som PM10 fraktion. Der er anvendt en impaktion-forudskiller. Opsamlingsflow: 2,0 l/min. PM10 fraktionen opsamles på membranfilter placeret efter forudskilleren. Eventuelt gasformigt borsyre opsamles i efterfølgende vaskeflaske med 0,05N natriumhydroxid. Analyseved samme metoder som for totalstøv og borsyre i boligerne.</p>
Termiske målinger	<p><i>Referencer:</i> EPA Standard</p> <p>Måling af temperatur og lufthastighed foretages med svingspykrometer.</p>
Brugsvaner	<p>Oplysninger om brugsvaner er indsamlet ved samtale med beboeren i den enkelte bolig.</p>
Måleusikkerheder	<p>Målinger er forbundet med en anslået usikkerhed på 20-30% afhængigt af den påvist mængde.</p>

Resultater

Resultaterne for de enkelte målesteder er angivet i bilag I.

Bilag I: Resultatskema for måling af borsyre

Målested: København
 Måledato: 25.05.1999
 Måleperiode: 07.22-15.50

Luftmålinger

Måleposition	Totalstøv, mg/m ³	Borsyre	
		Partikulært, mg/m ³	Gasformigt, mg/m ³
Stue	0,23	<0,04	<0,2
Soveværelse	0,23	<0,04	<0,2*
Udreference	0,14	<0,02	<0,4

*: spor af borsyre påvist, koncentrationen er under metodens kvantifikationsgrænse
 <: betyder mindre end den angivne detektionsgrænse

Måling i aflejret støv

Måleposition	Borsyre	
	mg/gram	mg/m ²
Stue	0,14	0,013

Brugsvaner

Rengøring	fejning: flere gange pr. uge; støvsugning: 1 gang pr. uge
Udluftning	1 gang pr., døgn; 10-15 minutter

Klimaforhold

	Udeklima	Indeklima
Temperatur	12,5 °C	18 °C
Luftfugtighed	-	60%RF
Vind	jævn; SV	-
Skydække/nedbør	overskyet, regn	-



Målested: Sjælland
Måledato: 19.05.1999
Måleperiode: 07.59- 15.31

Luftmålinger

Måleposition	Totalstøv, mg/m ³	Borsyre	
		Partikulært, mg/m ³	Gasformigt, mg/m ³
Stue	0,09	<0,04	<0,2
Soveværelse	<0,07	<0,04	<0,1
Udreference	0,03	<0,02	<0,5

<: betyder mindre end den angivne detektionsgrænse

Måling i aflejret støv

Måleposition	Borsyre	
	mg/gram	mg/m ²
Stue	0,22	0,015

Brugsvaner

Rengøring	rengøring med støvsugning 1 gang pr. uge
Udluftning	1 gang pr., døgn; 30-60 minutter

Klimaforhold

	Udeklima	Indeklima
Temperatur	17,5 ° C	22 °C
Luftfugtighed	-	60%RF
Vind	svag, Ø	-
Skydække/nedbør	skyfrit, ingen nedbør	-

Målested: Jylland A
Måledato: 12.05.1999
Måleperiode: 08.42-15.46

Luftmålinger

Måleposition	Totalstøv, mg/m ³	Borsyre	
		Partikulært, mg/m ³	Gasformigt, mg/m ³
Stue	0,06	<0,04	<0,2
Børneværelse, 1. sal	0,11	<0,04	<0,2
Uderefence	-	-	-

<: betyder mindre end den angivne detektionsgrænse
 -: samme uderefence som Hjortshøj Møllevej 178

Måling i aflejret støv

Måleposition	Borsyre	
	mg/gram	mg/m ²
Stue	<0,07	<0,005

Brugsvaner

Rengøring	fejning: flere gange pr. uge; gulvvask: 1 gang pr. uge
Udluftning	2 gange pr. døgn; ca. 5 minutter

Klimaforhold

	Udeklima	Indeklima
Temperatur	8 ° C	19-24 ° C
Luftfugtighed	-	30-40 %RF
Vind	jævn til frisk; SØ	-
Skydække/nedbør	overskyet, byger	-

Målested: Jylland B
Måledato: 12.05.1999
Måleperiode: 08.02-16.30

Luftmålinger

Måleposition	Totalstøv, mg/m ³	Borsyre	
		Partikulært, mg/m ³	Gasformigt, mg/m ³
Stue	0,11	<0,04	<0,2
Børneværelse, 1. sal	<0,07	<0,04	<0,2
Uderefence	0,29	<0,02	<0,4

<: betyder mindre end den angivne detektionsgrænse

Måling i aflejret støv

Måleposition	Borsyre	
	mg/gram	mg/m ²
Stue	<0,1	<0,005

<: betyder mindre end den angivne detektionsgrænse

Brugsvaner

Rengøring	støvsugning: 1 gang pr. uge
Udluftning	1 gang pr. døgn; ca. 5 minutter

Klimaforhold

	Udeklima	Indeklima
Temperatur	8 ° C	20-21°C
Luftfugtighed	-	50 %RF
Vind	jævn til frisk; SØ	-
Skydække/nedbør	overskyet, byger	-

Målested: Galten
Måledato: 18.05.1999
Måleperiode: 09.26-16.51

Luftmålinger

Måleposition	Totalstøv, mg/m ³	Borsyre	
		Partikulært, mg/m ³	Gasformigt, mg/m ³
Stue	<0,07	<0,04	<0,2*
Soveværelse	<0,08	<0,04	<0,2
Udreference	<0,04	<0,02	<0,4

*: spor af borsyre påvist, koncentrationen er under metodens kvantifikationsgrænse
 <: betyder mindre end den angivne detektionsgrænse

Måling i aflejret støv

Måleposition	Borsyre	
	mg/gram	mg/m ²
Stue	<0,06	<0,005

<: betyder mindre end den angivne detektionsgrænse

Brugsvaner

Rengøring	støvsugning: 1 gang pr. uge
Udluftning	2 gange pr., døgn; 20-30 minutter

Klimaforhold

	Udeklima	Indeklima
Temperatur	21 ° C	25-27 ° C
Luftfugtighed	-	40 %RF
Vind	svag, SØ	-
Skydække/nedbør	skyfrit, ingen nedbør	-

Målested: Skanderborg
Måledato: 21.05.1999
Måleperiode: 07.23-16.00

Luftmålinger

Måleposition	Totalstøv, mg/m ³	Borsyre	
		Partikulært, mg/m ³	Gasformigt, mg/m ³
Stue	0,12	<0,03	<0,2
Soveværelse	0,10	<0,04	<0,2*
Udereference	0,13	<0,02	<0,4*

*: spor af borsyre påvist, koncentrationen er under metodens kvantifikationsgrænse
 <: betyder mindre end den angivne detektionsgrænse

Måling i aflejret støv

Måleposition	Borsyre	
	mg/gram	mg/m ²
Stue	0,11	0,0063

<: betyder mindre end den angivne detektionsgrænse

Brugsvaner

Rengøring	støvsugning: 1 gang pr. uge
Udluftning	1 gang pr., døgn; 45 minutter

Klimaforhold

	Udeklima	Indeklima
Temperatur	19,5 °C	23 °C
Luftfugtighed	-	55 %RF
Vind	svag; S	-
Skydække/nedbør	letskyet, ingen nedbør	-