

Miljøprojekt Nr. 651 2001

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Dorte Glensvig
Kampsax A/S

Peter Mortensen
Miljø-Kemi - Dansk Miljøcenter A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

INDHOLD	3
RESUMÉ	6
1 PROJEKTETS BAGGRUND OG FORMÅL	9
1.1 INDLEDNING	9
1.2 BAGGRUND	9
1.3 FORMÅL	10
1.4 MÅLGRUPPER	10
1.5 FØLGEGRUPPE	11
2 BESKRIVELSE AF PROJEKTETS INDHOLD	12
3 DELPROJEKT I	13
4 DELPROJEKT II - TETRACHLORETHYLEN I INDEKLIMAET	14
4.1 DEN EKSISTERENDE VIDEN	14
4.1.1 <i>Kilder til luftforurening med tetrachlorethylen</i>	14
4.1.2 <i>Parametre af betydning for koncentrationen af tetrachlorethylen i boligen</i>	15
4.1.3 <i>Inde- og udeluftskoncentrationer af tetrachlorethylen</i>	15
4.2 NYE MÅLINGER FOR TETRACHLORETHYLEN I DANSKE BOLIGER – NORMALNIVEAUER	17
4.2.1 <i>Præsentation af datamaterialet</i>	17
4.2.2 <i>Målingernes gennemførelse</i>	18
4.2.3 <i>Resultater af indeklimaundersøgelserne</i>	19
4.3 DISKUSSION AF MÅLERESULTATER FRA INDEKLIMA-UNDERSØGELSEN	20
4.4 KONKLUSIONER - DELPROJEKT II	21
5 DELPROJEKT III - ANALYSE AF RESULTATERNE FRA INDEKLIMAMÅLINGERNE	22
5.1 HVILKE ANALYSER ER FORETAGET	22
5.2 STATISTISK METODE	23
5.2.1 <i>Resultater</i>	24
5.3 DISKUSSION	26
5.4 KONKLUSION- DELPROJEKT III	27
6 DELPROJEKT IV - EMISSION AF TETRACHLORETHYLEN FRA RENSEDE TEKSTILER	28
6.1 RESIDUALINDHOLD OG EMISSIONSMODEL	28
6.2 BESKRIVELSE AF DE GENNEMFØRTE MÅLINGER	29
6.2.1 <i>Beskrivelse af tekstiler</i>	29
6.2.2 <i>Udvælgelse af renserier</i>	30

6.2.3	Metodebeskrivelser	30
6.2.4	Resultater	31
6.2.5	Diskussion af resultater	32
6.3	KONKLUSIONER - DELPROJEKT IV	33
7	DELPROJEKT V – MATEMATISK MODELLERING AF INDEKLIMAKONCENTRATIONER	34
7.1	GENNEMGANG AF DEN NUVÆRENDE VIDEN	34
7.1.1	Residualindhold og emissionsmodel	34
7.1.2	Ventilationstekniske og klimatiske faktorer	34
7.1.3	Kemisk-biologisk fjernelse af tetrachlorethylen i indeklimaet	35
7.1.4	Sinkeffekter	35
7.2	OPSTILLING AF SIMPLIFICERET FYSISK MODEL	37
7.2.1	Antagelse – Kilder til forurening og emission herfra	38
7.2.2	Antagelse – Kemiske og biologiske processer	38
7.2.3	Antagelse – Sinkeffekter	38
7.2.4	Antagelse - Luftsifte og andre klimatiske forhold	38
7.2.5	Antagelse – opbevaring af rensede tekstiler	39
7.3	OPSTILLING AF SIMPLIFICERET MODEL	39
7.3.1	Model for introduktion af én type rensed tekstil	39
7.3.2	Model for introduktion af flere typer rensed tekstil	40
7.3.3	Størrelsen af $C_{inde, start}$ i modellene	41
7.4	MODELBEREGNINGER OG DISKUSSION	42
7.5	KONKLUSION - DELPROJEKT V	46
8	DISKUSSION	47
8.1	OPSUMMERING AF RESULTATER	47
8.2	AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER	49
8.2.1	Anbefalinger til kommuner i forbindelse med regulering af igangværende renserier	49
8.2.2	Forbrugeroplysning	50
8.2.3	Begrænsning af residualindholdet i rensed tøj	50
8.2.4	Betydningen af sinkeffekten	51
9	KONKLUSION	52
10	REFERENCER	54
11	FORKORTELSER	56
Bilag 1:	Spørgeskema og følgebrev til beboere	
Bilag 2:	Spørgeskema og følgebrev til bopælskommunerne	
Bilag 3:	Metodebeskrivelse - klimakammer	
Bilag 4:	Metodebeskrivelse - ATD-rør's målinger	
Bilag 5:	Statistisk datagrundlag - indeklimamålinger og spørgeskemasvar	
Bilag 6:	Statistisk analyse	
Bilag 7:	Resultater af klimakammermålinger	
Bilag 8:	Modelkørsler	
8a:	Lejlighed - enkelt rum, 1 habit og 1 frakke	
8b:	Lejlighed - hele bolig, 1 habit og 1 frakke	
8c:	Lejlighed – enkelt rum, 4 habitter og 2 frakker	
8d:	Lejlighed – hele bolig, 4 habitter og 2 frakker	
8e:	Parcelhus – enkelt rum, 1 habit og 1 frakke	
8f:	Parcelhus - hele bolig, 1 habit og 1 frakke	

Resumé

Miljøstyrelsen har gennemført et projekt til bestemmelse af normalt forekommende koncentrationer af tetrachlorethylen i indeklimaet i 24 boliger. I forbindelse med indeklimatemålingerne er der udsendt spørgeskemaer til beboerne samt kommunerne, hvor boligerne er beliggende. Målet med spørgeskemaerne er at beskrive forhold vedrørende boligens udformning, brugernes vaner, herunder udluftningsvaner, brugen af kemisk tøjrensning, anden kontakt eller påvirkning med tetrachlorethylen, nærtliggende rensrier, andre tetrachlorethylenforbrugende virksomheder samt jord- og grundvandsforurening med tetrachlorethylen.

Datamaterialet er selekteret således, at der ikke er tetrachlorethylenforbrugende virksomheder (f.eks. rensrier) indenfor en afstand af 200 m fra boligen.

Resultaterne af de 24 indeklimatemålinger viser niveauer af tetrachlorethylen i indeklimaet på op til $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De højeste koncentrationer er konstateret i boliger, hvor man i måleperioden modtog nyrenset tøj. Ved en statistisk behandling af disse resultater og resultaterne fra spørgeskemaerne kan det konstateres, at følgende parametre har signifikant betydning på indeklimatekoncentrationer af tetrachlorethylen:

- Tilførsel af kemisk rensset tøj i måleperioden
- Boligtype, dvs. lejlighed eller parcelhus/andet
- Antallet af udluftningsventiler i boligen i vekselvirkning med tilførslen af kemisk rensset tøj

Den statistiske behandling af data viser videre, at måledata er statistisk uafhængige af påvirkning fra nærtliggende rensrier eller andre tetrachlorethylenforbrugende virksomheder. Det tyder på, at måledata er upåvirkede af eksterne kilder til tetrachlorethylenforurening.

Baseret på den statistiske behandling af måledata er der opstillet en lineær model, bestående af produktet af et basisniveau μ og en række faktorer for ovennævnte parametre.

Basisniveauet - dvs. det upåvirkede baggrunds niveau, μ - er bestemt til $0,027 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for åbne boligområder som i denne sammenhæng er egentlige landområder samt parcelhuskvarterer. For tætte byområder (lejligheder) er baggrunds niveauet bestemt til $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Den statistiske analyse viser også, at introduktion af rensset tøj betyder en markant forøgelse af tetrachlorethylen koncentrationen i boligen samt at udluftningsventiler reducerer koncentrationen af tetrachlorethylen i boligen.

Såvel målingerne som den statistiske model viser, at normalt forekommende koncentrationer af tetrachlorethylen i boliger i Danmark vil overholde det nuværende luftkvalitetskriterie på $0,006 \text{mg}/\text{m}^3$.

Sideløbende med indeklimatemålingerne er der udført klimakammermålinger på et gardin, en vinterfrakke og 2 ens habitter med henblik på at bestemme parametre, der beskriver emissionen af tetrachlorethylen fra disse tekstiler.

En af habitterne, vinterfrakken og gardinet blev renset i samme renseri, mens den anden af habitterne blev renset i et andet renseri.

Resultaterne af klimakammermålingerne viser, at der er betydelige forskelle i de forskellige tekstilers emission af tetrachlorethylen, ligesom der er stor forskel i emissionen fra de to ens habitter. Det sidste tyder på at renseprocesser og efterbehandlingen har en markant betydning for restindholdet af tetrachlorethylen. Dette betyder, at optimering af renseriernes tørreproces og efterbehandlingen af tekstil er væsentlige faktorer i relation til reduktion af mængden af tetrachlorethylen i rensede tekstiler. Der blev konstateret residualindhold af tetrachlorethylen i tekstilerne på mellem 0,01 og 0,03 vægt%.

Resultaterne viser videre, at halveringstiden for emissionsraten af tetrachlorethylen fra det rensede tekstil er i størrelsesordenen 70-100 timer. De lange halveringstider betyder, at såfremt man ønsker at begrænse emissionen af tetrachlorethylen fra nyrenset tøj til boligen, skal tøjet luftes i flere dage for at sikre en væsentlig reduktion.

Der er opstillet en matematisk fysisk model til beregning af den resulterende indeklimakoncentration efter introduktion af rensede tøj i boligen. Modellen bygger på følgende antagelser:

- Det rensede tøj opbevares i boligen under hele emissionsperioden
- Luften i boligens rum er fuldt opblandet
- Temperatur og luftskifte antages konstant
- Sinkfaktorer - dvs. bygningsdele, møbler mm. evne til at adsorbere for senere at desorbere tetrachlorethylen - negligeres
- Biologisk og fotokemisk omsætning af tetrachlorethylen negligeres

Baseret på den opstillede model er der udviklet et excel-regneark til modelkørsler. Modellen er anvendt til at beregne den resulterende koncentration af tetrachlorethylen i indeklimaet i hhv. en lille dårligt ventileret lejlighed og et stort velventileret parcelhus efter introduktion af en habit og en vinterfrakke i samme rum i boligen. Beregningerne viser størst påvirkning i den lille dårligt ventilerede lejlighed med gennemsnitkoncentrationer af tetrachlorethylen i indeklimaet over 14 dage på hhv. 92 og 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ afhængig af, om der alene regnes på rummet, hvor det rensede tekstil opbevares eller på hele boligen. Tilsvarende viser beregninger på et stort velventileret parcelhus gennemsnitkoncentrationer over 14 dage på 13 og 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for hhv. et enkelt rum og hele boligen. En worst-case situation med samtidig introduktion af 4 habitter og 2 vinterfrakker i en lille dårligt ventileret lejlighed, giver koncentrationer af tetrachlorethylen i indeklimaet på op til 306 og 91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for hhv. et rum og hele boligen.

Ved sammenligning af den matematiske model, de foretagne indeklimate målinger i nærværende projekt samt andre refererede udenlandske indeklimate undersøgelser kan det konstateres, at de matematiske modelresultater viser god overensstemmelse med virkeligheden. Modellen har en tendens til en overestimering af indeklimate koncentrationen med skønnet en størrelsesorden. Da en overestimering ud fra et sundhedsmæssigt synspunkt er hensigtsmæssig, er det vurderet, at den matematiske model kan anvendes til at estimere en størrelsesorden for påvirkningen af boligen med tetrachlorethylen efter introduktion af rensede tøj.

Modelkørslerne viser, at introduktion af selv beskedne mængder rensede tekstiler i boligen kan føre til overskridelser af luftkvalitetskriteriet på $0,006 \text{ mg/m}^3$. Kørslerne viser videre, at bidraget fra rensed tøj potentielt kan give koncentrationer af tetrachlorethylen i indeklimaet i samme størrelsesordenen som den af Miljøstyrelsens fastsatte bidragsværdi på $0,3 \text{ mg/m}^3$ for aktionsniveau I i brev af 20. dec. 2000. Dette betyder, at det måleteknisk kan være kompliceret at adskille bidragene af tetrachlorethylen i boligen fra hhv. renseri og væsentlige mængder af nyrenset tøj i boligen.

Dertil kommer, at en underliggende jord- og grundvandsforurening kan bidrage til indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen, ligesom ophobet tetrachlorethylen i bygningskonstruktionen kan give et bidrag til indeklimaet.

Modellering af indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen ved samtidig introduktion af store mængder nyrenset tekstil (4 habitter og 2 vinterjakker) i samme rum, resulterer i koncentrationer af tetrachlorethylen på i størrelsesordenen $0,3 \text{ mg/m}^3$. Dette giver anledning til at formode, at såfremt der måles koncentrationer af tetrachlorethylen over 1 mg/m^3 i indeluften i boliger og såfremt beboerne ikke har modtaget væsentlige mængder af rensed tøj umiddelbart op til målingen, er det sandsynligt, at der er andre eksterne kilder til forurening, f.eks. et nærliggende renseri, en jord- og grundvandsforurening eller lignende.

I lyset af ovenstående kan der således gives følgende anbefalinger til kommuner, der regulerer igangværende renserier beliggende i nærheden af boliger:

- Der anvendes baggrundsværdier på hhv. $0,15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ og $0,03 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ for hhv. lejligheder og parcelhuse/andet. Disse baggrundsværdier fratrækkes indeklimamålingerne før sammenligning med Miljøstyrelsens anbefalinger.
- Forud for kontrolmålinger fremsendes et brev til beboerne, hvori man anmoder beboerne om at fjerne alt tekstil, der er rensed inden for den sidste måned.
- For at understrege vigtigheden af ovenstående anmodes beboerne om at erklære, at rensed tekstil er fjernet, og at der ikke tilføres nyt rensed tekstil under måleperioden.
- Målingerne gennemføres som tidligere anbefalet i Miljøstyrelsens brev af 20. dec. 2000, idet målingen først igangsættes minimum 1 uge efter beboernes erklæring.

Er der en jord- og grundvandsforurening i forbindelse med renseriet eller andre eksterne kilder til forurening med tetrachlorethylen, bør bidraget herfra vurderes, særligt i situationen, hvor der konstateres under $0,3 \text{ mg tetrachlorethylen/m}^3$ i lejligheden.

Den samlede undersøgelsesrapport med bilag og regneark til modelkørsler findes på Miljøstyrelsens hjemmeside på adressen www.mst.dk.

1 Projektets baggrund og formål

1.1 INDLEDNING

Den 23. februar 2001 afholdtes ved Miljøstyrelsen et møde med deltagelse fra Miljøstyrelsen, Sundhedsstyrelsen, By- og Boligstyrelsen, Embedslægen for København Amt, Kampsax A/S og MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S. På mødet blev projektoplægget fra Kampsax og MILJØ-KEMI diskuteret, og rammerne for revideret projekt fastlagt.

Ved efterfølgende telefoniske drøftelser den 26. februar med Helge Andreasen, Miljøstyrelsen, og den 27. februar 2001, samt den 19. marts 2001 med Lisbet Heerfordt, Miljøstyrelsen er projektets yderligere tilpasninger aftalt. Miljøstyrelsens ønske til projektet er således:

- dokumentation af koncentrationen af tetrachlorethylen i danske boliger – herunder fastlæggelse af korrelationen med parametre af betydning for indeklimakoncentrationen
- dokumentation af kildestyrken fra nyrensedede tekstiler (klimakammertest i laboratoriet) – samt supplerende modelberegninger til fastlæggelse af resulterende koncentrationer af tetrachlorethylen i boligen efter introduktion af rensede tekstiler i boligen.

1.2 BAGGRUND

I efteråret 2000 og foråret 2001 blev der, ved en lang række undersøgelser foretaget af kommunerne, konstateret forhøjede indhold af tetrachlorethylen i boliger beliggende umiddelbar over renserier.

I forbindelse hermed opstod der diskussion om det ”naturlige baggrundsniveau” af tetrachlorethylen i boliger og Miljøstyrelsen anbefalede i et brev af 20. december 2000 til de danske kommuner, at måleresultaterne fra omkringliggende lejligheder i tilknytning til renseri fratrækkes $0,01 \text{ mg/m}^3$ for at sikre, at der ikke er tale om et baggrundsniveau stammende fra andre kilder end renseriet. Miljøstyrelsen var klar over, at denne værdi formodentlig var højere end gennemsnitskoncentrationen i danske boliger.

Idet det antages, at der ikke er naturlige kilder til tetrachlorethylen, vil udeluft-baggrundsværdien (det antropogent upåvirkede baggrundsniveau) være lig nul. Imidlertid anvendes tetrachlorethylen til en række formål, herunder især rensning af tøj, hvilket resulterer i, at en tetrachlorethylen-påvirkning af såvel indeluft som udeluft på nuværende tidspunkt vil være mere eller mindre uundgåelig.

Udeluftmålinger for tetrachlorethylen foretaget i bl.a. Tyskland og USA bekræfter antagelsen om et baggrundsniveau, idet tetrachlorethylen findes i lave koncentrationer selv i områder med forholdsvis lav urbaniseringsgrad. Der er betydelige regionale forskelle, og de højeste koncentrationer er målt i bymiljø-

er. Det er således rimeligt at tale om en regionalt bestemt baggrundsværdi i udeluft.

Generelt måles der væsentligt højere koncentrationer af tetrachlorethylen i indeluft - i størrelsesordenen 1-30 gange over udeluftkoncentrationen.

Der er væsentlige variationer, og kun i få tilfælde er kilderne identificeret. Det er således forbundet med betydelige vanskeligheder at definere et "indeklima-baggrundsniveau", idet hver bolig er karakteriseret ved specifikke og meget individuelle interne kilder, og selv naboboliger kan udvise store forskelle.

Tetrachlorethylen er et uønsket stof i miljøet, hvorfor der arbejdes på flere fronter for at begrænse brugen af stoffet, herunder substitution og renere teknologier. Som konsekvens heraf må man forvente, at koncentrationen af tetrachlorethylen med tiden vil falde i såvel inde- som udeluft.

Da tetrachlorethylen findes i væsentlig omfang i det danske miljø, risikerer man at fastsættelsen af en lav kravværdi for indeklimaniveauet (f.eks. svarende til den upåvirkede baggrundsværdi) vil udgøre en uretfærdighed overfor renserierne og medføre kritik/klager herfra. En høj kravværdi for indeklimaniveauet (f.eks. svarende til en bolig med større mængder rensede tekstiler) vil være betænkelig af sundhedsmæssige årsager.

1.3 FORMÅL

Det overordnede mål med projektet er at skabe bedre forudsætninger for administrative tiltag i den aktuelle situation. Viden om normalt forekommende belastninger i boliger samt betydningen af den største kilde (nyrenset tøj) er essentiel for at kunne administrere og håndtere problemstillingen omkring renserier i boligmassen. Dette vil samtidig være af afgørende betydning for kommunernes arbejde med at forvalte kontrollen og med påbudene til renserierne.

Projektets tekniske formål er således, at:

- Dokumentere udvalgte danske boligers belastning med tetrachlorethylen.
- Bestemme emissionen af tetrachlorethylen fra udvalgt nyrenset tøj.
- Opstille en simpel model, der kan estimere den resulterende tetrachlorethylenkoncentration i indeklimaet ved introduktion af rensede tøj.

1.4 MÅLGRUPPER

Projektets primære målgruppe er Miljøstyrelsen og de kommuner, der forvalter kontrollen med renserier i drift. Danske amter og rådgivere har endvidere et betydeligt behov for viden på området.

Endelig vil projektets resultater også have interesse for Sundhedsstyrelsen, Embedslægerinstitutionerne samt By- og Boligministeriet.

1.5 FØLGEGRUPPE

Nærværende projekt har været fulgt af en følgegruppe bestående af:

- Lisbet Heerfordt, Miljøstyrelsen, Industrikontoret
- Preben Bruun, Miljøstyrelsen, Jordforureningskontoret
- Elle Laursen, Sundhedsstyrelsen
- Ove Nielsen, By- og Boligministeriet
- Kirsten Schmidt, Embedslægeinstitutionen for Københavns Amt
- Peter Mortensen, MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S
- Dorte Glensvig, Kampsax A/S

2 Beskrivelse af projektets indhold

Projektets indhold, der er blevet formuleret på baggrund af de i indledningen nævnte drøftelser med Miljøstyrelsen, er kort opsummeret herunder:

- Del I Udarbejdelse af spørgeskema til hhv. boligejere og bopælskommuner til beskrivelse af væsentlige forhold af betydning for størrelsen af den målte tetrachlorethylen-koncentration i danske boliger, jf. del II.
- Del II Bestemmelse af den normalt forekommende tetrachlorethylen-koncentration i 24 udvalgte danske boliger med henblik på at bestemme minimum- og maksimumsniveauer, gennemsnit og spredning.
- Del III Analyse af en række faktorerers betydning for den målte tetrachlorethylen-koncentration i disse boliger med udgangspunkt i de besvarede spørgeskemaer.
- Del IV Bestemmelse af kildestyrken fra nyrensedede tekstiler (klimakammertest i laboratoriet)
- Del V Opstilling af en simpel model til bestemmelse af den resulterende koncentration af tetrachlorethylen i boligens indeluft. Modellen opstilles bl.a. med henblik på at benytte resultater fra klimakammertests til bestemmelse af den resulterende koncentration af tetrachlorethylen i hhv. en lille dårligt ventileret lejlighed og en stor velventileret bolig.

Resultaterne af delprojekterne er beskrevet i de følgende afsnit 3 til 7, idet der i hvert afsnit er lavet en kort opsummering af delprojektets konklusioner.

Resultaterne diskuteres samlet i afsnit 8, idet de samlede konklusioner fremgår af afsnit 9.

3 Delprojekt I

I forbindelse med de gennemførte indeklimate målinger blev der udviklet to spørgeskemaer til brug for indhentning af oplysninger om dels bolig og beboere, dels omgivelserne.

Det første spørgeskema blev tilsendt beboerne samtidig med at målingerne i delprojekt II blev opstartet. Skemaet rummede spørgsmål om boligen, om beboerne og om vaner med hensyn til brug af kemisk rensning. Spørgeskemaet er vedlagt i bilag 1.

Et andet skema blev samtidigt tilsendt beboernes bopælskommune. Formålet med dette skema var at indsamle oplysninger om forekomst af betydende eksterne kilder til tetrachlorethylen i boligens nærhed. Spørgeskemaet er vedlagt i bilag 2.

De fremsendte spørgeskemaer til både beboerne og bopælskommunerne blev udfyldt i tilstrækkeligt omfang til, at resultaterne kunne anvendes til dataanalysen i delprojekt III, se også afsnit 5, hvor resultaterne af spørgeskemaundersøgelsen beskrives yderligere.

4 Delprojekt II - Tetrachlorethylen i indeklimaet

4.1 DEN EKSISTERENDE VIDEN

4.1.1 Kilder til luftforurening med tetrachlorethylen

Tetrachlorethylen fremstilles ved en industriel kemisk proces, og der er ikke kendskab til naturlige dannelsesprocesser i miljøet.

Mange undersøgelser peger på rensning af tøj som den væsentligste kilde til luftforurening med tetrachlorethylen i indeklimaet:

- I en undersøgelse af indeluftkvaliteten i 55 boliger, heraf 30 boliger beboet af renseriarbejdere samt 25 kontrolhjem viste analyser af indeluften tetrachlorethylen-koncentrationer på 34-3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i renseriarbejdernes boliger mod 1-16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i kontrolhjemmene (Aggazzotti et al., 1994). Alle boliger var beliggende langt fra renserier.
- Ved en undersøgelse af 591 personers hjem for en række organiske forbindelser i inde- og udeluften, kunne man konstatere forhøjede indhold af tetrachlorethylen i hjem, hvor beboerne enten arbejdede med tetrachlorethylen eller havde besøgt et renseri, havde hjembragt rensede tøj til boligen eller selv rensede tøj (Wallace & Clayton, 1987).
- I en undersøgelse foretaget af Thomas et al. (1991) tilførte man rensede tøj til 7 hjem, mens 2 hjem fungerede som kontrolhjem. Målinger af indeluftens indhold af tetrachlorethylen viste koncentrationsniveauer på op til 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og der blev konstateret op til 100 gange højere koncentrationer i indeluften sammenlignet med udeluften. Endvidere kunne det konstateres, at koncentrationen af tetrachlorethylen i udåndingsluften hos beboerne, der blev eksponeret for tetrachlorethylen via det rensede tøj, var 2 til 6 gange højere end normalt.
- Amagai et al. (1999) undersøgte forekomsten af bl.a. tetrachlorethylen i 30 huse i Tokyo. Her fandt man generelt de højeste koncentrationer af tetrachlorethylen i soveværelset og konkluderede, at dette skyldes, at man her opbevarede sit rensede tøj. Tilsvarende tendenser kan ses af Thomas et al. (1991), hvor koncentrationsniveauet i soveværelset ligger blandt de højeste i de undersøgte rum.
- Ved en undersøgelse foretaget af Gulyas & Hemmerling (1990) foretog man målinger af luftkvaliteten i en bil, der transporterede nyrenset tøj fra renseriet til laboratoriet. Her fandt man koncentrationer af tetrachlorethylen i bilens indeluft på op til 24,8 mg/m^3 .

Af andre kilder til forurening af indeklimaet med tetrachlorethylen kan nævnes emission af tetrachlorethylen fra industrier - herunder metalforarbejdende industrier, der anvender tetrachlorethylen til affedtning af metallet.

Hvis der under eller i nærheden af ejendommen findes en jordforurening og/eller forurening af det terrænnære grundvandsmagasin med tetrachlorethylen, kan denne give et ikke uvæsentligt bidrag til indeluftens samlede indhold af tetrachlorethylen. Denne påvirkning er bl.a. beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6 og 7/98 og er modelleret ved Miljøstyrelsens JAGG-model.

Af andre kilder til forurening af indeklimaet med tetrachlorethylen peger en undersøgelse af emission af organiske komponenter fra gulvbelægninger på, at PVC kan være en kilde til tetrachlorethylenforurening i boliger. Ved test af 2 forskellige gulvbelægninger kunne konstateres en emissionsrate på $57 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{time}$ (European Commission, 1997).

Endelig peger en japansk undersøgelse på, at kloring af drikkevand kan være en kilde til forurening med bl.a. tetrachlorethylen i indeluften. Der blev ved undersøgelsen konstateret tetrachlorethylen-niveauer i badeværelset i koncentrationer på mellem 12 og $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Iwata et al., 2000).

Samlet kan det konkluderes, at indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen er afhængig af:

- om boligen ligger tæt på tetrachlorethylen-forbrugende virksomheder især renserier
- om ejendommen benyttes af personer, der på deres arbejdsplads anvender tetrachlorethylen
- om beboerne modtager og/eller bærer rensede tøj
- om boligen ligger tæt på en jord- eller grundvandsforurening med tetrachlorethylen.

4.1.2 Parametre af betydning for koncentrationen af tetrachlorethylen i boligen

I foregående afsnit blev kilder til forurening med tetrachlorethylen i indeklimaet beskrevet. En række forhold ved boligen indvirker på den resulterende koncentration af tetrachlorethylen i indeklimaet. Disse er forhold er:

- Bygningstekniske forhold, herunder luftskiftet
- Sinkeffekter, dvs. sorption og senere desorption af tetrachlorethylen fra bygningsdele, møbler og lignende

Afsnit 7 beskriver disse faktorerers indflydelse i detaljer.

4.1.3 Inde- og udeluftskoncentrationer af tetrachlorethylen

I Danmark og i udlandet er der foretaget en række målinger for tetrachlorethylen i indeklima og udeluft.

Ved undersøgelser foretaget i 2000 er der i beboelseslejligheder beliggende umiddelbart over renserier konstateret op til $10 \text{ mg tetrachlorethylen}/\text{m}^3$, dog typisk i størrelsesordenen $1-5 \text{ mg}/\text{m}^3$. Målinger i udeluften i umiddelbar i nærhed af renserierne viste op til $0,7 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Kampsax, 2001).

Miljøstyrelsen har i samarbejde med Amternes Videncenter indsamlet resultater fra tidligere foretagne målinger med henblik på at belyse de typiske udeluftskoncentrationer af tetrachlorethylen (Miljøstyrelsen, 2001). En analyse af 117 dataserier (måleresultater) viste følgende fordeling:

< 0,25 µg/m³: 85 stk.
 0,25 - 1 µg/m³: 25 stk.
 1 - 3 µg/m³: 7 stk.

Udtrykt i percentiler giver ovenstående:

72 % er lavere end 0,25 µg/m³
 94 % er lavere end 1 µg/m³
 100 % er lavere end 3 µg/m³

0,25 µg/m³ blev valgt som grænse for det laveste interval, fordi det på undersøgelsestidspunktet svarede til Miljøstyrelsens toksikologiske grænseværdi for tetrachlorethylen.

En undersøgelse foretaget i 1995 af forekomsten af flygtige organiske stoffer i indeklimaet i boliger i 6 europæiske storbyer viste følgende (Phillips et al., 1997):

	Gennemsnit	95% percentil
Indeluft	3,5 µg/m ³	12 µg/m ³
Udeluft	0,28 µg/m ³	1,65 µg/m ³

Tabel 4.1: *Koncentration af tetrachlorethylen fundet i indeklimaet i boliger i 6 europæiske storbyer (Phillips et al., 1997)*

Det ses, at denne undersøgelse viste udeluftkoncentrationer, som er sammenlignelige med de af Miljøstyrelsens fundne koncentrationer (Miljøstyrelsen, 2001).

Ved en undersøgelse af indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen i 695 hjem i perioden 1988-99 i Berlin, Tyskland fandt man koncentrationer i intervallet <1 - 5.540 µg/m³, idet 90 % fraktilen udgjorde 11 µg/m³ (Schliebinger et al. 2000).

De nævnte undersøgelser er ikke selekteret efter afstand til renseri, mængden af rensede tøj i boligen m.m, hvorfor særligt høje koncentrationer kan være udtryk for tilstedeværelse af kraftige interne eller eksterne kilder til forurening med tetrachlorethylen.

4.2 NYE MÅLINGER FOR TETRACHLORETHYLEN I DANSKE BOLIGER – NORMALNIVEAUER

Et af formålene med den foreliggende undersøgelse har været at få information om det normalt forekommende niveau af tetrachlorethylen i danske boliger. Med det formål er der igangsat målinger i 24 boliger. Resultatet af disse målinger præsenteres i det følgende afsnit.

4.2.1 Præsentation af datamaterialet

21 af 24 målinger er foretaget i boliger tilhørende ansatte ved MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S. Tre personer er fundet ved personlig kontakt til en virksomhed i Nordjylland. Gruppen af personer er sammensat således, at der er sikret en så bred dækning som muligt indenfor følgende parametre:

- alder
- boligens regionale placering (landsdele)
- boligens lokale placering (land Kontra by)
- boligtype (parcelhus, lejlighed etc.)
- vaner med hensyn til rensning af tøj

Parameter	Undersøgelsens materiale	"Landsgennemsnit"
Alder hos beboerne i de undersøgte boliger	0-60 år	-
Boligens regionale placering	Alle regioner excl. Lolland/Falster og Bornholm er repræsenteret	-
Boligtype	Parcelhuse el. lign: 60% Lejligheder: 20% Andet: 20 %	Parcelhuse el. lign: 55% Lejligheder: 40% Andet: 5% ★
Brug af kemisk tøjrensning	55% af boligerne får rensset tøj. 15% får rensset mere end 10 stykker tekstil pr. år.	ca. 20% af befolkningen bruger rensning regelmæssigt Resten kun lejlighedsvist (sjældent) ★★

Tabel 4.2: *Fordelingen af boliger i undersøgelsen*
Kilder: Danmarks Statistik(*) og Dansk Renseri Foreningen (**)

Brugen af MILJØ-KEMI's medarbejdere kan indebære en potentiel risiko for skævvridning (bias) af resultaterne i forhold til den samlede danske befolkning.

Der har været flere grunde til at anvende de valgte personer i denne undersøgelse.

For det første krævede den stramme tidsplan for projektet, at målestederne kunne udpeges nærmest øjeblikkeligt. For det andet sikrede brugen af MILJØ-KEMI's personale en stor måleteknisk sikkerhed og dermed troværdighed af

prøveopsamlingen. For det tredje tillod projektets budget- og tidsrammer ikke, at opsætningen af prøverørerne blev udført af måleteknisk personale. Forud for målingernes start blev det sikret, at der ikke var risiko for fejlbehæftede resultater som følge af, at personerne blev udsat for tetrachlorethylen på MILJØ-KEMI's laboratorier. Der blev derfor udført indeklimamålinger i MILJØ-KEMI's lokaler og resultaterne viste luftkoncentrationer på 0,15-0,28 µg tetrachlorethylen/m³. Det vurderes derfor, idet koncentrationen af tetrachlorethylen i luften i arbejdsmiljøet er meget lav, at risikoen for at transportere stoffet hjem i f.eks. tøj kan negligeres.

Som det fremgår af tabel 4.2 afviger det samlede materiale (boligerne) ikke markant fra landsgennemsnittet. Lejlighederne er dog lidt underrepræsenteret procentvis.

Der er en risiko for, at de udvalgte personer har et andet mønster i brug af kemisk rensning end landsgennemsnittet. Det er imidlertid ikke forfatterens indtryk, at der er nogen markant forskel på dette punkt. Denne vurdering er det naturligvis meget vanskeligt at give belæg for, men under alle omstændigheder er der i datamaterialet repræsenteret såvel meget flittige brugere af kemisk rensning, som personer, der aldrig får rensset tøj. Materialet indeholder også målesteder, hvor der er hjembragt kemisk rensset tøj til boligen i måleperioden.

Da formålet med målingerne er at få et billede af normalniveauer i boliger uden dominerende eksterne kilder, er materialet endvidere selekteret således, at boliger beliggende mindre end 200 m fra en virksomhed, som anvender tetrachlorethylen (f.eks. et renseri) er sorteret fra.

De 24 målinger kan af førnævnte grunde ikke ukritisk antages at repræsentere et fuldstændigt billede af forekomsten af tetrachlorethylen i danske boliger, men under alle omstændigheder vil 24 målinger næppe på nogen måde kunne danne dette billede, selvom andre udvælgelseskriterier anvendes.

Det er således forfatterens vurdering, at det anvendte materiale giver et retvisende billede af de niveauer af tetrachlorethylen, som kan forventes i et bredt udsnit af danske boliger uden væsentlige eksterne kilder til tetrachlorethylen i umiddelbar nærhed.

4.2.2 Målingernes gennemførelse

Til måling er anvendt passive adsorptionsrør af typen ATD/Chromosorb 106. Rørene er fordelt til målestederne via MILJØ-KEMI's interne postsystem eller via PostDanmark. Sammen med rørene modtog målestederne er udførlig instruks i, hvorledes rørene skulle anbringes, ligesom måletiden var specificeret. Den anvendte måle- og analysemetode svarer til den, som anbefales af Miljøstyrelsen i brev af 20.12.2000 til samtlige danske kommuner.

14 dage efter ophængning blev rørene nedtaget, lukket og returneret til MILJØ-KEMI. Af forskellige grunde (ferier etc.) var det nødvendigt at acceptere afvigelser fra 14 dages perioden i enkelte tilfælde. Ingen måleperioder har været kortere end 10 dage.

Rørene blev som udgangspunkt ophængt i boligens dagligstue. I enkelte tilfælde blev rørene ophængt i køkken-alrummet i stedet. Denne placering er valgt for at måle et gennemsnitsniveau i de undersøgte boliger.

Efter modtagelse hos MILJØ-KEMI blev rørene straks analyseret ved gas-kromatografi (ATD/GC/MS). For detaljeret metodebeskrivelse henvises til bilag 4.

4.2.3 Resultater af indeklimaundersøgelserne

Undersøgelsens resultater er summeret i nedenstående tabel, hvor måleresultaterne er grupperet i et antal intervaller fra detektionsgrænsen på 0,02 µg/m³ til højeste målte værdi på 2,2 µg/m³.

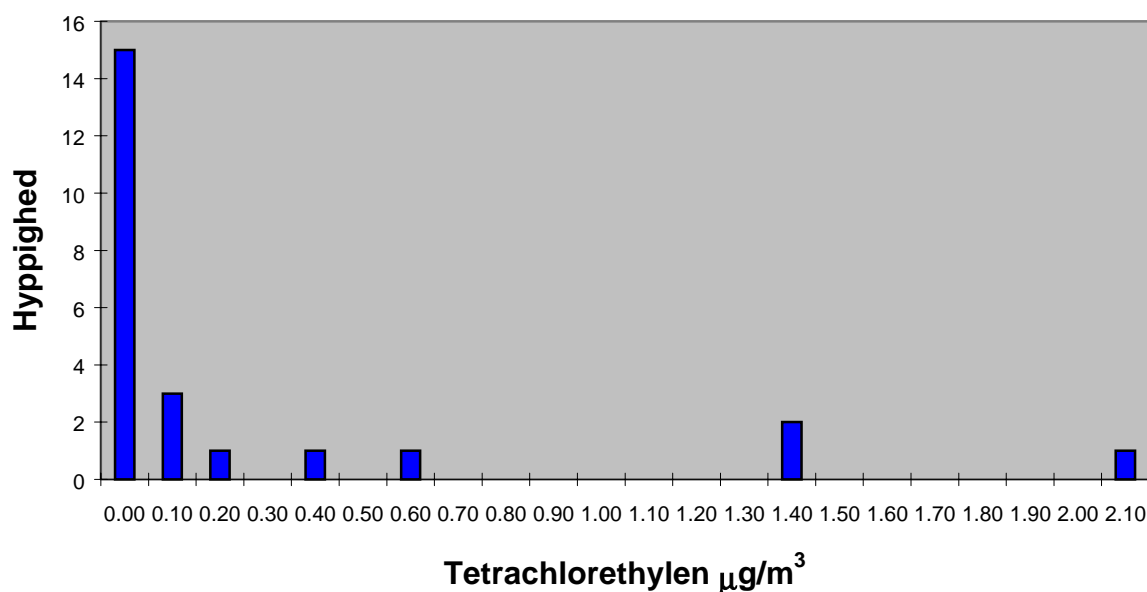
De enkelte måleresultater fremgår af bilag 5.

Koncentrationsniveau af tetrachlorethylen	Antal målinger	Procent
<0,02 -0,10 µg/m ³	16	66%
0,11 -0,25 µg/m ³	2	8%
0,26 -1,0 µg/m ³	3	13%
1,1 - 3,0 µg/m ³	3	13%
Total	24	100%

<: betyder "mindre end"

Tabel 4.3: Fordeling af måleresultater fra indeklimaundersøgelse af 24 boliger

Resultaterne gengivet i tabel 4.3 kan også illustreres grafisk, jf. figur 4.1.



Figur 4.1: Fordeling af måleresultater fra indeklimaundersøgelse af 24 boliger.

Som det fremgår af tabel 4.3 og figur 4.1 fordeler måleresultaterne sig med størst hyppighed i de lave koncentrationer, mens der ses enkelte målinger med forholdsvis høje koncentrationer. Denne fordeling er karakteristisk for målinger af baggrundskoncentrationer.

Det er ved kontakt til beboerne i de boliger, hvor der er konstateret mere end $1 \mu\text{g}$ tetrachlorethylen/ m^3 i indeklimaet, oplyst, at der i disse boliger enten er introduceret rensede tekstiler i måleperioden eller husstanden anvender kemisk rensning i udstrakt grad (mere end 20 gange om året).

4.3 DISKUSSION AF MÅLERESULTATER FRA INDEKLIMA- UNDERSØGELSEN

Alle 24 resultater ligger under luftkvalitetskriteriet for tetrachlorethylen på $0,006 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Der findes ingen nyere danske undersøgelser af normalniveauer for f.eks. tetrachlorethylen. Sammenlignet med udenlandske erfaringer har denne undersøgelse generelt vist lave koncentrationer.

Udover nationale forskelle kan flere forhold forklare de relativt lave koncentrationer i denne undersøgelse sammenlignet med de udenlandske erfaringer. For det første er der tale om et selekteret materiale, idet boliger i nærheden af tetrachlorethylenforbrugende virksomheder er fravalgt som målesteder. Helt nye måleresultater fra Danmark (Kampsax, 2001) har vist, at renserier kan give anledning til markant forhøjede koncentrationer i boliger i den umiddelbare nærhed af renseriet.

For det andet er alle målinger foretaget i dagligstue eller køkken-alrum, dvs. i rum i boligen, hvor rensede tekstiler normalt ikke vil blive opbevaret. Målinger i f.eks. soveværelset ville formodentligt have givet højere resultater.

For det tredje har der været et generelt fald i brugen af tetrachlorethylen i industrien gennem de sidste årtier. Alt andet lige medfører det lavere udeluftkoncentrationer og mindre risiko for påvirkning af boligerne som følge af beboernes arbejdsplads (transport i tøj etc.).

En fjerde mulighed er, at der i disse år er en udvikling mod mindre brug af kemisk rensning, forbedrede renseprocesser, brug af andre tekstiltyper, som ikke tilbageholder så store mængder tetrachlorethylen etc. Forfatterne til denne rapport er imidlertid ikke bekendt med undersøgelser, som kan understøtte denne sidste mulighed.

Det er fortsat forfatterens vurdering, at de anvendte boliger giver et retvisende billede af de gennemsnitlige koncentrationer i danske boliger uden væsentlige eksterne kilder i nærheden.

Der forekommer uden tvivl boliger med væsentligt højere indeklimakoncentrationer i Danmark, men disse vil være knyttet til eksterne kilder som f.eks. renserier eller til brug af kemisk rensning i et omfang, som ligger væsentligt over det normale.

Idet der almindeligvis findes højere koncentrationer af tetrachlorethylen i indeklimaet sammenlignet med i udeluften, er det bemærkelsesværdigt, at de fundne indeklimakoncentrationer i nærværende undersøgelse ligger på samme niveau eller lavere end værdierne fundet i de tidligere omtalte udeluftsmålinger fra Amternes Videnscenter og Miljøstyrelsen. Dette giver anledning til at tro, at de rapporterede udeluftsmålinger stammer fra positioner, hvor der har været dominerende enkeltkilder i nærheden. Dette er samstemmende med, at de foretagne målinger i væsentligt omfang er indsamlet i forbindelse med problemsituationer, f.eks. jord og grundvandsforurening m.m.

4.4 KONKLUSIONER - DELPROJEKT II

Delprojekt II har vist følgende:

- Alle 24 målinger (100%) viser indeklimakoncentrationer under luftkvalitetskriteriet for tetrachlorethylen på $0,006 \text{ mg/m}^3$
- at 16 (67%) af måleresultaterne ligger under $0,0001 \text{ mg/m}^3$
- at den højeste målte indeklimakoncentration er $0,0022 \text{ mg/m}^3$
- at de fra Miljøstyrelsen indsamlede udeluftskoncentrationer sandsynligvis er højere end det reelle gennemsnitlige baggrundsniveau i udeluften i Danmark.

5 Delprojekt III - Analyse af resultaterne fra indeklimamålingerne

5.1 HVILKE ANALYSER ER FORETAGET

Sideløbende med målingerne i boligerne er der foretaget en registrering af en række oplysninger om den enkelte bolig. Registreringen er foretaget ved hjælp af de spørgeskemaer, som er udviklet under delprojekt I, se afsnit 3. Spørgeskemaer er vedlagt denne rapport som bilag 1 og 2.

Spørgeskemaet til beboerne (bilag 1) indeholdt en række spørgsmål om følgende forhold:

- målestationens placering
- boligtypen (parcelhus, lejlighed etc.)
- boligens beliggenhed (landzone, byzone, industriområde)
- boligens størrelse
- antal beboere i boligen
- beboernes beskæftigelse
- boligens placering i forhold til tetrachlorethylenforbrugende virksomheder i nærheden
- udluftningsvaner og forekomst af udeluftventiler i boligen
- brugen af kemisk rensning (frekvens samt tidspunkt i forhold til måleperioden)

Alle spørgeskemaer er blevet udfyldt og returneret af beboerne i forbindelse med de gennemførte målinger.

Spørgeskemaet til kommunerne (bilag 2) indeholdt tilsvarende spørgsmål om

- tilstedeværelse af nuværende eller nedlagte rensier indenfor en radius af 2 km i forhold til boligen
- tilstedeværelse af andre igangværende eller nedlagte virksomheder indenfor samme afstand, som bruger tetrachlorethylen
- tilstedeværelse af jord- eller grundvandsforureninger med tetrachlorethylen indenfor en radius af 0,5 km.

På nuværende tidspunkt har alle på nær én kommune besvaret spørgeskemaerne.

I samarbejde med Arbejdsmiljøinstituttet, AMI er der foretaget en statistisk analyse af materialet. Der er søgt efter statistisk signifikante sammenhænge mellem de fundne indeklimakoncentrationer og de registrerede oplysninger om boligerne.

5.2 STATISTISK METODE

Den statistiske analyse tager udgangspunkt i en antagelse af, at det er muligt at beskrive den resulterende koncentration af tetrachlorethylen i en bolig ud fra en baggrundskoncentration adderet med bidrag, som afhænger af boligtype, beskæftigelse, brug af kemisk rensning, udluftningsvaner etc. Modellen forudsætter normalfordelte data.

Den indledende analyse af datamaterialet viser, at logaritmen til måleresultaterne er normalfordelt.

Modellen kan således beskrives ved følgende udtryk:

(1)

$$\ln conc = \mu + \beta_1 \cdot B_type + \beta_2 \cdot B_belig + \beta_3 \cdot Virksom1 + \beta_4 \cdot Ventil1 + \beta_5 \cdot T_periode + \beta_6 \cdot Ventil1 \cdot T_periode + \varepsilon$$

Hvor

μ	Statistisk bestemt basisniveau af tetrachlorethylen i boligen
β_i	Statistisk bestemte faktorer
B_type	Statistisk variabel beskrivende effekten af boligtype
B_belig	Statistisk variabel beskrivende effekten af boligens beliggenhed
Virksom1	Statistisk variabel beskrivende effekten af nærtliggende tetrachlorethylenforbrugende virksomheder
Ventil1	Statistisk faktor beskrivende betydningen af ventilation i boligen
T_periode	Statistisk faktor beskrivende bidraget af tilstedeværelse af rensede tekstiler i husstanden op til 2 uger før målingen, ubenævnt
V-score	Statistisk score for udluftningsventiler i husstanden. Den beregnes som summen af point for udluftningsventiler, hvor der gives 3 for ventiler i opholdsrummet, 2 for ventiler i tilstødende rum, 1 for ventiler i andre rum og 0 for ingen ventiler. Maksimal værdi for V-score er 6.

Estimeret af μ og β_i er estimeret med PROC MIXED proceduren i SAS (alle variable behandlet som "Fixed effects").

Kriterier for at fjerne en variabel er, at koefficienten ikke er signifikant forskellig fra 0 ($P > 0.10$) og at variabelen ingen signifikant indflydelse har på modelfit (vurderet ved værdien af $-2 \text{ RES LOG LIKELIHOOD}$, som er χ^2 -fordelt).

Kriterium for at acceptere den lineære model er, at residualerne er uafhængige af koncentrationsniveauet og er normalfordelte. Det første er vurderet grafisk, mens det sidste er testet med Anderson-Darling test (signifikanskriterium $P < 0.05$).

Detaljerne i den gennemførte statistiske analyse er beskrevet i notat fra Arbejds miljøinstituttet, vedlagt som bilag 6.

5.2.1 Resultater

De gennemførte analyser viser signifikante effekter af boligtype og brug af kemisk rensning. Der er ikke umiddelbart påvist signifikant effekt af forekomsten af udluftningsventiler, når analysen omfatter hele materialet.

Hvis analysen af denne parameter er reduceret til kun at omfatte de boliger, hvor kemisk rensning anvendes, viser udluftningsventilerne en signifikant effekt med korrekt fortegn, dvs. forekomst af ventiler reducerer koncentrationen af tetrachlorethylen. Denne effekt er beskrevet ved vekselvirkningsleddet (β_6 · Ventil1 · T_period) i nedenstående model.

(2)

$$\ln \text{conc} = \mu + \beta_1 \cdot B_type + \beta_4 \cdot \text{Ventil1} + \beta_5 \cdot T_period + \beta_6 \cdot \text{Ventil1} \cdot T_period + \varepsilon$$

Analysen fører frem til følgende estimater:

Effekt	Variabel	Koefficient	Estimat	SD	df	P
Intercept	μ	-	-1.897	0.42	19	<0.001
Boligtype	B_type	β_1	-1.717	0.47	19	<0.001
Udeluftventiler i husstanden	Ventil1	β_4	(0.115)	0.119	19	0.347
Tekstiler renses under eller umiddelbart op til måleperioden	T_period	β_5	4.585	0.757	19	<0.002
Vekselvirkning	Ventil1*T_Period	β_6	-0.623	0.33	19	0.073

Tabel 5.1: *Estimater på baggrund af statistisk analyse af indeklimamålinger. Se også bilag 4.*

I stedet for at regne i logaritmer kan ovenstående model formuleres som en multiplikativ model:

(3)

$$C = \mu_0 \cdot f_{B_type} \cdot f_{\text{ventil1}} \cdot f_{T_period} \cdot f_{\text{vekselvirkning}}$$

Af tabel 5.2 kan aflæses, at der kan beregnes en baggrundskoncentration for parcelhuse uden brug af kemisk rensning på $0,027 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Den tilsvarende værdi for lejligheder er $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Brug af kemisk rensning forøger koncentrationen af tetrachlorethylen i indeklimaet markant. For såvel parcelhuse som lejligheder øges koncentrationen med en faktor 9,8 i 14 dages perioden efter at det rensede tekstil er introduceret i boligen.

Udeluftventiler i boligen viser sig at reducere koncentrationen med en faktor som afhænger af placeringen af ventilerne. Ventiler i flere rum og ventiler tæt på målestedet reducerer koncentrationen mest. Effekten kan beskrives med faktoren $0,54^{V_score}$, hvor V_score beregnes som summen af point for udeluftventiler, se også beskrivelsen i tabel 5.2.

Faktorenes størrelse fremgår af tabel 5.2.

Effekt	Estimat
Basisniveau	$\mu_0 = 0,027 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,013-0,056 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boligtype	$f_{B_type} = 5,6$ (2,5 – 12,5) for lejligheder $f_{B_type} = 1$ for andre typer boliger
Ventilation	($f_{ventil1} = 1$ for alle)
Tilstedeværelsen af kemisk rensede tekstiler i husstanden	$f_{T_period} = 9,8$ hvis husstanden har modtaget kemisk rensede tekstiler inden for de sidste 2 uger $f_{T_period} = 1$ ellers
Vekselvirkning mellem ventilation og tilstedeværelsen af kemisk rensede tekstiler	$f_{Vekselvirkning} = 0,54^{V_score}$ hvis husstanden har modtaget kemisk rensede tekstiler inden for de sidste 2 uger ^(*) ellers $f_{Vekselvirkning} = 1$ V_score er en score for udeluftventiler i husstanden. Den beregnes som summen af point for udeluftventiler, hvor der gives 3 for ventiler i opholdsrummet, 2 for ventiler i tilstødende rum, og 1 for ventiler i andre rum, og 0 for ingen ventiler. Maksimal værdi for V_score er 6.

Tabel 5.2: *Estimaterne for faktoren i den multiplikative model. Faktorerne er givet med 90% konfidensinterval i parenteser. (*) 90% konfidensintervallet er 0.3 – 0.95. Se også bilag 4.*

5.3 DISKUSSION

Den statistiske model viser, at baggrundskoncentrationen af tetrachlorethylen, dvs. koncentrationsniveauet i boligen uden brug af kemisk rensning er ca. 5 gange større i lejligheder end i tilsvarende parcelhuse. Dette kan forklares med en højere baggrundskoncentration i byområder, hvor lejlighedskomplekser typisk er beliggende sammenlignet med mere åbne områder, som landzone og parcelhuskvarterer. By- contra landzone viser ikke signifikante forskelle. Dette skyldes sandsynligvis, at der i materialet for byzone indgår data fra parcelhusområder, hvor baggrundskoncentrationen formodes at være lav.

Modellen viser videre, at introduktion af rensed tøj i boligen fører til en forøgelse af tetrachlorethylenindholdet i indeluften, mens god udluftning af boligen tilsvarende reducerer indeklimakoncentrationen. Jf. litteraturgennemgangen i afsnit 4 er disse effekter forventelige.

Modellen viser således, at tilstedeværelsen af rensed tøj kan føre til en knap 10 gange så høj koncentration sammenlignet med det upåvirkede baggrundsniveau, alt andet lige. Såfremt det antages, at der er tale om en lejlighed, hvor der er modtaget rensed tøj betyder dette, at indeluftskoncentrationen af tetrachlorethylen når op på $0,027 \cdot 5,6 \cdot 9,8 = 1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sammenlignes de målte koncentrationer af tetrachlorethylen i boligerne med luftkvalitetskriteriet på $0,006 \text{ mg}/\text{m}^3$, ses det, at den målte koncentration udgør $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ af dette kvalitetskriterie. Det skal bemærkes, at der kan forventes højere koncentrationer af tetrachlorethylen i indeklimaet end det målte, såfremt der måles i de rum, hvor det rensede tekstil opbevares, eller såfremt der tilføres større mængder af tøj. Dermed kan marginen til luftkvalitetskriteriet mindskes væsentligt.

5.4 KONKLUSION- DELPROJEKT III

Delprojekt III har været i stand til at påvise signifikante effekter af parametrene:

- boligtype
- brug af kemisk rensning
- tilstedeværelse af udeluftventiler

Den udarbejdede statistiske model baseret på de 24 måleresultater viser, at brug af kemisk rensning ti-dobler den gennemsnitlige koncentration af tetrachlorethylen i boligerne.

Den statistiske model beskriver gennemsnitsniveauer. Som den matematiske model senere vil vise (afsnit 7) vil der også være situationer, hvor koncentrationen af tetrachlorethylen i en bolig kan overstige luftkvalitetskriteriet på $0,006 \text{ mg/m}^3$.

6 Delprojekt IV - Emission af tetrachlorethylen fra rensede tekstiler

6.1 RESIDUALINDHOLD OG EMISSIONSMODEL

Renset tøj indeholder en rest tetrachlorethylen, som ikke er fjernet ved rensesmaskinens tørreproces. Denne restmængde kaldes også residualindholdet, og ved emission af residualindholdet tilføres tetrachlorethylen til den omkringliggende luft.

Residualindholdet af tetrachlorethylen i rensed tøj er afhængig af, hvorvidt rensesprogrammet er optimeret, herunder om der anvendes en tilstrækkelig lang tørreperiode, ligesom tøjmassen, der er rensed pr. batch tilsyneladende har en betydning for residualindholdet.

Brodmann (1975) har ved forsøg vist, at residualindholdet af tetrachlorethylen i fibermaterialer efter kemisk møntrensning er væsentlig højere i syntetiske materialer end i materialer som uld, bomuld og silke. Tilsvarende har Kawachi & Nishiyama (1988) vist, at hydrofobiske tekstiler, såsom nylon og acetat, kan indeholde forholdsmæssigt større residualindhold end andre fibre.

Ifølge Kurz (1995) er residualindholdet af tetrachlorethylen i rensed tøj målt til mellem 0,2 og 0,9 g tetrachlorethylen pr. kg tøj, afhængig af afslutningsbehandlingen på renseriet. Samme foreslår en middelværdi på 0,5 g tetrachlorethylen pr. kg tøj, svarende til 0,05 % af tøjets vægt. I Miljøstyrelsens miljøprojekt vedrørende renere teknologi i renseribranchen viser målinger på i alt 6 renserier, at forbruget af rensesvæske er ca. 0,5-2 % af tøjets vægt for nyere maskiner. En del af dette forbrug bliver i tekstilerne som et residualindhold, hvor residualindholdets størrelse er afhængig af renses- og tørreprocessen samt efterbehandlingen (Miljøstyrelsen, 1995).

Oftest modtages tøj fra renseriet i en beskyttende plastikpose. Beholdes posen over tøj, reduceres emissionsraten muligvis, men den samlede mængde af emitteret tetrachlorethylen påvirkes ikke (Tichenor et al., 1988). Endelig viser undersøgelser, at rensed tøj der er presset/strøget, har et 5-15 gange lavere residualindhold af tetrachlorethylen end residualindholdet i ikke-presset tøj (Weber, 1992).

Den simpleste model for beskrivelse af emission af tetrachlorethylen fra tekstiler antager, at emissionen som funktionen af tiden kan beskrives som første ordens henfald efter formlen:

$$(4) \quad R = R_0 e^{(-kt)}$$

Hvor

R	Emissionsraten for rensed tøj til tiden t, $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$,
R_0	Initial emissionsrate, $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$
k	Ratekonstant, h^{-1}

Modellen antager bl.a., at der ikke optræder sink-faktorer. Sinkeffekter omtales yderligere i afsnit 7.

De emissionsbestemmende parametre kan bestemmes ved klimakammerforsøg på rensede tekstiler.

Halveringstiden for emissionsraten, $t_{1/2}$ er den tid, det tager for emissionsraten at nå 50 % af initialemissionsraten, R_0 .

Tichenor et al. (1988) konstaterede ved klimakammermålinger på i alt 12 fibertyper halveringstider for tetrachlorethylen i syntetiske materialer på op til ca. 1 døgn, medens halveringstiden for f.eks. bomuld og silke kun var 4-5 timer. I en undersøgelse udført af Kurz (1995) konstateredes halveringstider på ca. 2 dage.

I et klimakammerforsøg foretaget af Tichenor et al. (1988) viste resultaterne, at øget luftskifte i kammeret ingen betydning havde for emissionshastigheden. Dette indikerer, at den begrænsende faktor for emissionen er diffusionen af tetrachlorethylen i fibre.

Når diffusionen af tetrachlorethylen i fibre er styrende for emissionen fra det rensede tøj, bestemmes emissionsraten af koncentrationsforskellen mellem fibre og luft. Da koncentrationen af tetrachlorethylen altid vil være meget høj i fibre sammenlignet med luften, betyder det, at selv om man mindsker koncentrationen udenfor med en faktor 2-5 ved øget luftskifte, giver dette ikke en væsentlig forøgelse af emissionsraten.

Temperaturen har vist sig at påvirke emissionsraten betydeligt. Forsøg af Tichenor et al. (1988) viste, at en fordobling af lufttemperaturen førte til en markant forøgelse den initiale emissionsrate. Hermed bliver halveringstiden reduceret og tidsrummet, hvor der sker væsentlig emission mindskes. Indenfor normale indeklimavariationer på 2-3 °C er denne effekt dog begrænset.

6.2 BESKRIVELSE AF DE GENNEMFØRTE MÅLINGER

6.2.1 Beskrivelse af tekstiler

Der er foretaget måling af emissionen af tetrachlorethylen fra følgende tekstiler:

- 2 identiske habitter, benævnt habit 1 og habit 2
- én vinterfrakke
- ét gardin

Habitterne er udvalgt - efter samråd med en herrekonfektionsforretning - som en typisk herrehabit på det danske marked.

Kvaliteten bestod af en uld/polyestervare/lycra i forholdet 28%/69%/3%. Habitterne var identiske og nyindkøbte.

Vinterfrakken var en lang herrevinterfrakke med følgende materialesammensætning:

Yderstof: 63% bomuld/23% polyester/14% polyurethan
Før: blanding af bomuld og viscose

Frakken var ca. 2 år gammel.

Gardinet var et bomuldsgardin af en standardkvalitet indkøbt hos en gardinforretning til formålet.

6.2.2 Udvalgelse af renserier

Renseriene blev udvalgt i Københavnsområdet på baggrund af de måleresultater, som Kampsax A/S fandt ved målingerne gennemført i vinteren 2000/2001 (Kampsax, 2001).

Én habit, gardinet og vinterfrakken blev renses på ét renseri, hvor der jf. Kampsax A/S' målinger var konstateret niveauer af tetrachlorethylen i renseriet svarende til et typisk gennemsnitsniveau. Dette renseri benævnes "Renseri 1". Til sammenligning blev der udvalgt yderligere et renseri – "Renseri 2", hvor der ved Kampsax A/S' målinger var konstateret forholdsvis lave koncentrationer af tetrachlorethylen i renseriets indeluft.

Disse kategorier af renserier blev valgt for at se om en lavere rumkoncentration kan aflæses i tekstilerne i form af en mindre efterfølgende afgasning af tetrachlorethylen.

6.2.3 Metodebeskrivelser

Tekstilerne blev indleveret på renserierne anonymt og uden at renserierne kendte til sammenhængen mellem den foreliggende undersøgelse og de indleverede tekstiler. Oplysninger om rensemetoder er efterfølgende indhentet ved interview af renseriejerne, idet disse er opsummeret i nedenstående tabel 6.1:

Parameter	Renseri 1	Renseri 2
Rensemaskine	Böwe 220	Ilfa 320, 16 kg
Rensemaskines alder	9 år	3 år
Tørretid	45 min	40 min
Automatisk tørringskontrol	Nej	Ja
Kulfilter på resemaskine	Nej	Ja
Efterbehandling	Damp, presning og strygning	Damp, presning og strygning

Tabel 6.1: Oplysninger om anvendte rens- og efterbehandlingsmetoder

De rensede tekstiler blev afhentet på det tidspunkt, hvor renseriet havde oplyst, at de var klar til levering. Tekstilerne blev umiddelbart herefter kørt til MILJØ-KEMI's laboratorium i Galten, hvor de med det samme blev anbragt i klimakamrene med henblik på måling af afgivelsen af tetrachlorethylen. Tidspunktet for anbringelse i klimakammeret blev defineret som $t=0$. Typisk var $t=0$ ca. 3 timer efter udlevering fra renseriet.

Transport af tekstilerne skete i bilens bagagerum i den emballage, som de var indpakket i fra renserierne, d.v.s. plastposer.

Tekstilerne blev under hele afgangstesten opbevaret i klimakamrene. Omstændighederne blev valgt, således, at de svarer til testomstændighederne fastlagt i Prøvningsstandarden for Dansk Indeklimamærkning (1998-ref) med den modifikation, at lufthastigheden ikke blev reguleret. Dansk Indeklimamærkning foreskriver en lufthastighed på 0,15 m/s ved test af byggevarer, men denne lufthastighed er væsentlig højere end luftbevægelserne i et garderobeskab.

Da formålet med undersøgelsen var at efterligne forholdene under normal brug, blev det valgt ikke at forøge lufthastigheden yderligere i forhold til de luftbevægelser, som luftskiftet i klimakammeret skaber. Måleomstændighederne var således:

Temperatur:	$23\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$
Luftfugtighed:	$50\% \pm 5\%RF$
Luftskifte:	0,5 gange pr. time

Efter 1, 2, 3, 5, 7, 11 og 14 døgn blev der udtaget prøver fra klimakamrene til analyse for tetrachlorethylen. Prøvetagning blev foretaget på adsorptionrør med aktiv kul, mens analyse blev foretaget ved gaskromatografi (GC/FID). Detaljerede metodebeskrivelser med metodereferencer kan findes i bilag 3.

6.2.4 Resultater

De fundne resultater i denne undersøgelse er tilpasset modellen afgivet i ligning (4) og konstanterne R_0 (den initiale emissionsrate) og k (ratekonstanten) er beregnet på baggrund heraf. I bilag 7 er rådata og henfaldskurver for alle fire forsøg vedlagt.

I tabel 6.2 nedenfor er resultaterne summeret i form af R_0 , k og r^2 (korrelationskoefficienten) for de fittede kurver. Endvidere er det beregnede residualindhold angivet som % af vægten, ligesom den beregnede halveringstid og tiden det tager før 95 % af residualindholdet er emitteret er angivet.

Renseri	Tekstil	Areal	Vægt	R_0	K	r^2	Residualindhold	$t_{\frac{1}{2}}$	$t_{5\%}$
		m ²	Kg	µg/m ² /h	h ⁻¹	-	vægt%	time	time
1	Gardin	3	0,28	110	0,0075	0,885	0,02	92	400
1	Vinterfrakke	2	1,3	800	0,0090	0,925	0,01	77	330
1	Habit	2,5	1,1	460	0,0094	0,945	0,014	74	320
2	Habit	2,5	1,1	950	0,0061	0,925	0,03	114	490

Tabel 6.2: Emissionsparametre bestemt ved klimakammermålinger, se også bilag VII. Arealet er beregnet som arealet af en enkelside af hhv. gardin, frakke og habit.

6.2.5 Diskussion af resultater

Tichenor et al (1990) angiver en R_0 og k-værdier for en række forskellige tekstiler. De fundne resultater i denne undersøgelse ligger en faktor 1-4 lavere for R_0 og 4-20 gange lavere for k. Udover materialeforskelle er forklaringen på forskellen sandsynligvis forsøgsomstændighederne, idet Tichenor et al. afprøvede tekstilerne ophængt som enkeltlagstekstiler, mens der i denne undersøgelse er testet tykkere emner som består af flere lag.

Eksemplet illustrerer betydningen af sink-effekter, idet den samme effekt må formodes at optræde i et garderobeskab, hvor et rensed tekstil hænger tæt sammen med andre tekstiler. Resultatet er initialt lavere emitterede mængder og en forlænget afgasningsperiode.

De to habitter viser en forskel en faktor på 2 i den initiale emissionsrate. Selv om habitterne har været udsat for den samme efterbehandlingsmetode (damp, presning og strygning) så viser resultatet, at der kan være betydelige forskelle i restindholdet. Weber (1992) påviste, at indholdet af tetrachlorethylen i tekstilet reduceres betydeligt efter manuel strygning (en faktor 5-15). Selv mindre forskelle i efterbehandling må derfor forventes at kunne give anledning til betydelige forskelle i residualindholdet.

At emissionsraten reduceres med tiden betyder, at luftning af det nyrensede tøj udendørs inden det hænges i klædeskabet, kan begrænse den samlede mængde af tetrachlorethylen, der emitteres i boligen. Dog indikerer ovennævnte undersøgelser, at idet halveringstiden for emissionsraten af tetrachlorethylen er i størrelsesordenen 70-100 timer, skal beluftningsperioden være ganske lang for at give en væsentlig reduktion i den samlede tetrachlorethylenmængde, der emitteres til boligen. De konstaterede halveringstider på mellem 70 og 100 timer ses at være ca. 50-100 % højere end de konstaterede halveringstider fundet af Kurz (1995).

Residualindholdet af de testede tekstiler svarer til resultater fundet af Kurz (1992).

Ved sammenligning af residualindholdet af tetrachlorethylen i habitterne rensed hhv. i Renseri 1 og Renseri 2 kan det konstateres, at residualindholdet i habitten rensed i Renseri 2 er ca. en faktor 2 højere end for Renseri 1.

Begrundet i bl.a. de forholdsvis lave indeluftskoncentrationer af tetrachlorethylen i Renseri 2 samt det forhold, at rensemaskinen i Renseri 2 er nyere og bedre udstyret end maskinen i Renseri 1, er det forholdsmæssige højere residualindhold i habitten fra Renseri 2 overraskende.

Det vurderes på denne baggrund, at teknisk udstyr som f.eks. automatisk tørrekontrol, kulfilter og god udluftning ikke nødvendigvis er ensbetydende med lave residualindhold i de rensede tekstiler.

6.3 KONKLUSIONER - DELPROJEKT IV

Delprojekt IV har tilvejebragt de ønskede data for den efterfølgende modellering af indeklimakoncentrationer.

Testen af de to habitter demonstrerede, at der kan være betydelige forskelle i residualindholdet af tetrachlorethylen i fuldstændig identiske tekstiler. Forklaringen er sandsynligvis forskelle i rense- og tørreprocessen og behandlingen efter selve rensningen.

Delprojektet har demonstreret resultatet af sink-effekter. I praksis betyder den observerede effekt, at placering af rensede tekstiler i et garderoberum sammen med andre tekstiler vil betyde en initialt mindre, men tidsmæssige forlænget afgang.

Delprojektet viste videre, at idet halveringstiderne for afdampningen er i størrelsesordenen 70-100 timer er f.eks. få timers beluftning udendørs ikke tilstrækkeligt til at mindske den indendørs påvirkning med tetrachlorethylen væsentligt.

Undersøgelsen viste residualindhold på mellem 0,01 og 0,03 vægt%.

7 Delprojekt V – Matematisk modellering af indeklimakoncentrationer

I afsnit 5 er resultaterne af målingerne foretaget i 24 boliger analyseret statistisk i forhold til besvarelsen af en række spørgsmål. På basis af denne analyse blev der opstillet en statistisk metode til beregning af den resulterende indeklimakoncentration i boligen.

Et alternativ til den statistiske model er opstilling af en matematisk model til beskrivelse af den resulterende indeklimakoncentration efter introduktion af rensed tøj i boligen.

I de følgende afsnit foretages først en gennemgang af de styrende parametre, som påvirker den resulterende koncentration i indeklimaet, hvorefter den matematiske model opstilles med udgangspunkt i en massebalance og en række antagelser.

Den udviklede model anvendes sammen med resultaterne fra klimakammerforsøgene (delprojekt IV) til at beregne indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen i en række scenarier, hvor mængden af rensed tekstil og boligtypen varieres.

7.1 GENNEMGANG AF DEN NUVÆRENDE VIDEN

7.1.1 Residualindhold og emissionsmodel

Residualindhold og emissionsmodel for afgivelsen af tetrachlorethylen fra rensed tøj er beskrevet i afsnit 6.

Emissionen af tetrachlorethylen fra rensed tøj kan beskrives ved ligning (4) omtalt i afsnit 6, hvor de emissionsbestemmende parametre bestemt ved klimakammerforsøg på en række rensede tekstiler ligeledes er beskrevet.

7.1.2 Ventilationstekniske og klimatiske faktorer

Luftskiftet i rummet, hvor det rensede tøj opbevares, har indflydelse på den resulterende koncentration af tetrachlorethylen i indeluften. For en given mængde rensed tøj med en given emissionsrate, vil et højere luftskifte betyde en forholdsvis lavere indeluftskoncentration. Luftens strømninger i boligen medvirker til at opblande den emitterede tetrachlorethylen i resten af boligen.

Erfaringer fra undersøgelser foretaget af bl.a. Tichenor et al. (1988) og Amagai et al. (1999) viser, at der fra rum til rum i boligen er forskelle i koncentrationen af tetrachlorethylen. De højeste koncentrationer måles tæt ved det sted, hvor det rensede tøj opbevares.

Har man flere kilder til tetrachlorethylen, f.eks. rensed tøj i klædeskabet, rensede gardiner i stuen og rensed rullemadras i soveværelset, vil der være en tendens til at koncentrationsforskellene udjævner sig.

Ved undersøgelser udført af Kampsax A/S (2001) af indeklimakoncentrationer af tetrachlorethylen i lejligheder beliggende over renserier, viste resultaterne af målinger i 2-3 rum i hver af lejlighederne koncentrationer af tetrachlorethylen i samme størrelsesorden. Forskellen mellem de førnævnte undersøgelser af Tichenor, Amagai og Kampsax skyldes formodentlig kildens udstrækning. Ved introduktion af rensed tøj er der tale om en punktkilde, mens der for renserier beliggende under størstedelen af lejlighedens areal, er tale om en fladekilde, som påvirker hele lejligheden.

Inden for ventilationsteknik angives et almindeligt luftskifte i boliger til 0,5 – 1,5 gange i timen (Bergsøe, 2000; Kurz, 1995). Et typisk anvendt erfaringstal er 0,5 gange i timen.

Forskelle i tryk og temperatur har betydning for luftskiftet i boliger. Disse faktorerers betydning på denne parameter skal ikke belyses i dette projekt, men det samlede luftskiftes betydning behandles indgående, se også afsnit 7.2.4.

7.1.3 Kemisk-biologisk fjernelse af tetrachlorethylen i indeklimaet

Biologisk nedbrydning og photokemisk nedbrydning er to naturligt forekommende processer, der fjerner tetrachlorethylen fra luften.

Den photokemiske proces er bl.a. styret af tilstedeværelsen af UV-lys. Nedbrydningen som følge af UV-lys sker inden for få timer. I indeklimaet formodes den photokemiske nedbrydning at være forholdsvis begrænset, idet mængden af UV-lys er lille. En række biologiske processer kan omdanne tetrachlorethylen til en række nedbrydningsprodukter. Sådanne biologiske processer er særligt kendt fra jord- og grundvandszonen, men kan forekomme i formodet meget lille skala i boligen.

7.1.4 Sinkeffekter

Sinkeffekten beskriver omgivelsernes evne til at fjerne/adsorbere tetrachlorethylen fra luften og afgive den adsorbere tetrachlorethylen til luften på et senere tidspunkt.

Gulyas & Hemmerling (1990) har foretaget målinger af luftkvaliteten i kælder, trappegang og ovenliggende lejlighed før og efter at renseriaktivitet blev afsluttet. Her fandt man, at koncentrationen af tetrachlorethylen i indeluften kun faldt langsomt. Forfatterne konkluderede, at man må forvente forhøjede indhold af tetrachlorethylen i indeluften i lang tid efter, at renseriaktiviteten er stoppet som følge af forurenede bygningsmaterialers sinkeffekt.

Ud over bygningsmaterialer kan bl.a. andet urensed tøj i klædeskabet, møbler, tæpper, fedtet opvask og lignende virke som adsorption/desorptionsflader ("sinks").

Boligens beboere kan virke som sinks, idet tetrachlorethylen kan optages i lungerne, og først senere afgives (Thomas et al., 1991)

Endelig viser undersøgelser af smør og fløde, der opbevares i køleskab i bolig beliggende i nærheden af renserier, at tetrachlorethylen i løbet af få dage absorberes i væsentligt omfang (i størrelsesordenen mg/kg fødevare) (Reinhard

et al., 1998). Fødevarer kan således ud over at være en kilde til indtagelse af tetrachlorethylen, også udgøre en sinkfaktor.

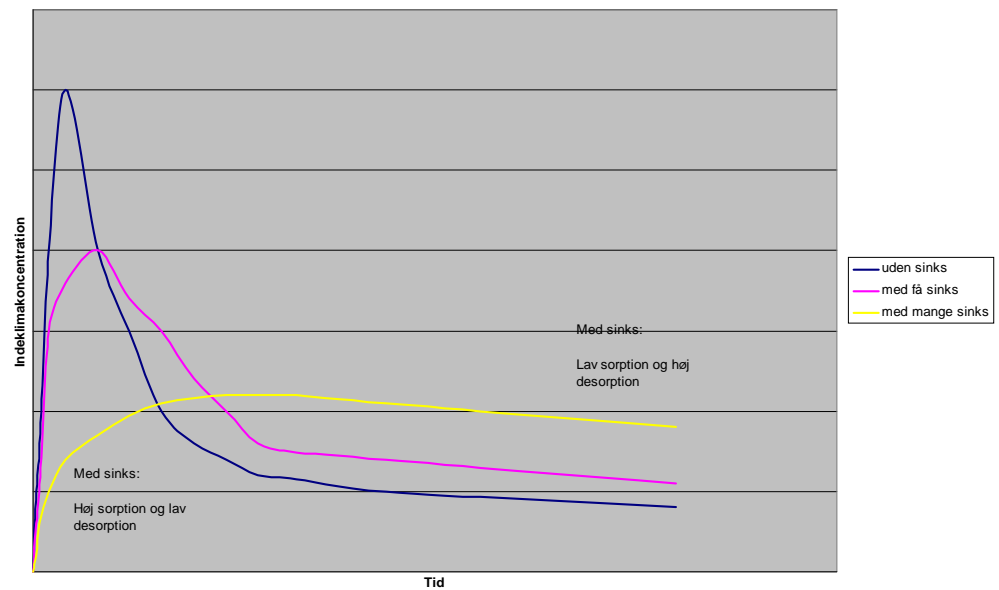
Sinkeffektens størrelse og variation over tid afhænger af typen og antallet af sinks (Bouhamra & Elkilani, 1999a), arealet af disse sinks (Bouhamra & Elkilani, 1999b) samt om fladerne er helt eller delvist mættede med tetrachlorethylen i forvejen. Forudgående påvirkning af sinksfladerne kan f.eks. ske ved en påvirkning med tetrachlorethylen fra et nærliggende renseri i drift, påvirkning fra beboere der arbejder med tetrachlorethylen eller påvirkning fra beboere der ofte bringer rensed tøj hjem. Sinkeffekten vil variere betydeligt fra bolig til bolig.

Adsorptionen af tetrachlorethylen til sinks er i en undersøgelse foretaget af Bouhamra & Elkilani (1999b) konstateret lineær afhængig af luftkoncentrationen og arealet af sinks divideret med volumen af rummet. Der er bestemt en række adsorptionskonstanter baseret på undersøgelser af i alt 100 boliger i Kuwait. Undersøgelsen viste også, at adsorptionspotentialer generelt var lavere for halogenerede alifater, såsom tetrachlorethylen, end for aromater og halogenerede aromater. Dette betyder, at i en konkurrence mellem mange forskellige stoffer om adsorptionspladserne i indeklimaet vil tetrachlorethylen have forholdsvis sværere ved at adsorbere til sinks end de øvrige tilstedeværende stoffer.

Hvorvidt der forekommer adsorption eller desorption af tetrachlorethylen fra sinks, vil være afhængig af en række faktorer herunder luftkoncentrationen i rummet. Heraf følger, at luftskiftet ved sinkfladen er af væsentlig betydning for sinkeffektens størrelse.

Ved introduktion af et stykke tekstil med højt indhold af tetrachlorethylen vil der umiddelbart efter introduktionen kunne ske en netto-adsorption til fladerne. Efter nogen tid, hvor indeklimakoncentrationen atter er faldet, er der mulighed for en netto-desorption, hvor en del af den adsorberede tetrachlorethylen afgives til rummet igen.

Dette kan illustreres som skitseret i figur 7.1:



Figur 7.1: Sinkfladers - dvs. adsorptions- og desorptionsfladers - betydning for indeklimakoncentrationen efter introduktion af rensed tøj.

I figur 7.1 er det antaget, at der til tiden $t=0$ tilføres rensed tøj til et rum, hvor der er hhv. ingen sinks, få sinks eller mange sinks. Øvrige forhold er holdt konstante.

Set over en længere tidsperiode vil den samlede tetrachlorethylenmængde, der emitteres til luften være den samme med mindre tetrachlorethylen bindes permanent i fladerne.

Koncentrationsforløbet angivet i figur 7.1 svarer i form til de koncentrationsforløb som blev fundet ved eksperimentielle forsøg udført af Bouhamra & Elkilani (1999b), hvor man undersøgte emission af toluen i et forsøgsrum med og uden sinks, samt undersøgelser af Saarinen & Saarela (2000), hvor man har sammenlignet forskellige bygningsmaterialers - dvs. forskellige sinks - evne til at adsorbere/desorbere organiske komponenter fra maling.

7.2 OPSTILLING AF SIMPLIFICERET FYSISK MODEL

Målet er at opstille en simpel fysisk model til beregning af indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen i et givet rum efter tilførsel af rensed tøj.

Som det fremgår af de forrige afsnit, vil denne koncentration være afhængig af bl.a.

- Kildestykken af de tilførte tekstiler- dvs. kombinationen af residualindhold og ratekonstant
- Andre kilder til tetrachlorethylenforurening
- Kemiske og biologiske fjernelsesprocesser

- Sinkeffekter – dvs. adsorption og desorption af tetrachlorethylen på bl.a. bygningsdele, møbler, andet tøj mm.
- Luftsiftet og andre klimatiske forhold
- Baggrundskoncentrationen i området.

7.2.1 Antagelse – Kilder til forurening og emission herfra

Det antages i det følgende, idet alle undersøgelser peger på rensed tøj som den væsentligste kilde til tetrachlorethylenforurening af indeklimaet i boliger, at rensed tøj er den eneste interne forureningskilde til forurening med tetrachlorethylen. Det antages videre, at emissionen af tetrachlorethylen fra rensed tøj som funktion af tiden kan beskrives som

$$(4) \quad R = R_0 e^{-kt}, \text{ hvor}$$

R Emissionsfaktor for rensed tøj til tiden t, $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$
 R_0 Initial emissionsfaktor, $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$
k Ratekonstant, h^{-1}
t Tid, h.

7.2.2 Antagelse – Kemiske og biologiske processer

Tetrachlorethylen kan nedbrydes ved bla. fotokemiske processer og biologiske processer. Da der er tale om indeklimaforhold, hvor bl.a. sollysets effekt er begrænset, og hvor omfanget af biologiske nedbrydning må forventes at være ubetydeligt, antages det, at omfanget af disse fjernelsesprocesser er negligibel i denne sammenhæng.

7.2.3 Antagelse – Sinkeffekter

Da sinkeffekternes størrelse kan variere betydeligt fra hus til hus, er det valgt at simplificere modellen for så vidt angår sinkeffekterne. Dette begrundes bl.a. ved, at de sundhedsskadelige effekter i relation til de koncentrationsniveauer af tetrachlorethylen, som konstateres i indeluften, er langtidseffekter i højere grad end akutte effekter. Det betyder, at det særligt er den samlede dosis, som er relevant. Koncentrationssvingninger har mindre betydning.

Da adsorptions og –desorptionseffekten set over længere tid vil ”udligne” hinanden, jf. ovennævnte dose-overvejelser, antages det i relation til modellen, at betydningen af hhv. adsorption og desorption af tetrachlorethylen i sinks kan elimineres.

Eliminering af adsorption/desorption i modellen betyder, at maksimumskoncentrationen over tiden formodentlig er estimeret for høj, ligesom det betyder, at den estimerede koncentrationen af tetrachlorethylen i luften i den sidste del af emissionsperioden formodentlig er for lav sammenlignet med de fleste reelle situationer.

7.2.4 Antagelse - Luftsifte og andre klimatiske forhold

I de fleste modeller antages det, at rummet og/eller boligen er totalopblandet, trods det, at mange undersøgelser har vist, at dette ikke er tilfældet, se bla. erfaringerne fra bl.a. Amagai et al. (1999), Tichenor et al. (1990) og Thomas et al. (1991). Antagelsen om totalopblandede forhold betyder alt andet lige, at den beregnede koncentration af tetrachlorethylen i luften er lavere end de re-

elle maksimale koncentrationer i indeluften, idet antagelsen om totalopblanding betyder, at en given emitteret stofmængde opblandes i et større volumen luft. Da de sundhedsmæssige effekter af tetrachlorethylen ved de givne koncentrationer primært er langtidseffekter, får maksimalværdier mindre betydning. Af hensyn til modellens simplicitet antages det derfor, at der er totalopblandede forhold.

En måde at vurdere betydningen af denne antagelse er først at beregne indeklimakoncentrationen under antagelse af, at det kun er et mindre rum, der er påvirket. Herefter kan man beregne koncentrationen under forudsætning af fuld opblanding i hele etagen eller huset.

Det antages videre, at effekten af temperatur- og luftfugtighedsvariationer på emissionen af tetrachlorethylen fra rensed tøj er ubetydelige, idet emissionsparametrene fundet i nærværende projekt er bestemt ved typiske indeklimaforhold.

7.2.5 Antagelse – opbevaring af rensede tekstiler

Det antages, at det rensede tekstil er taget ud af posen og opbevares frit i rummet, f.eks. uden for klædeskab, som ophængt gardin eller som møbelbe-træk. Det antages videre, at tøjet forbliver i rummet/boligen i hele emissionsperioden.

7.3 OPSTILLING AF SIMPLIFICERET MODEL

Med udgangspunkt i fornævnte antagelser kan der opstilles en "single chamber unsteady state" massebalance for situationen, hvor der introduceres rensed tekstil i boligen. Modellen er modificeret efter bl.a. Boumahra & Elkilani (1999a & 1999b), Kraenzmer (1999) og Tichenor et al. (1989 & 1990).

Der opstilles indledningsvis en model for den situation, at der introduceres én type rensed tøj til boligen. Herefter opstilles en model, hvor det antages, at der på samme tid introduceret flere typer af rensed tekstil til boligen. For begge situationer er der udviklet et excel-regneark.

Endelig diskuteres størrelsen af startværdien (baggrundskoncentrationen), idet der tages højde for den situation, hvor man har et bidrag fra en jordforurening og/eller forurening af terrænnært grundvandsmagasin.

7.3.1 Model for introduktion af én type rensed tekstil

Følgende massebalance danner udgangspunkt for modellen til beregning af den resulterende koncentration i indeklimaet efter introduktion af én type rensed tekstil

(5) Ændring i masse = masse emitteret – masse fjernet

(6, 7)

$$VdC = AR_0 e^{-kt} dt - QCdt$$

⇕

$$\frac{dC}{dt} + \frac{Q}{V}C = \frac{AR_0}{V} e^{-kt}$$

idet

V	Volumen af rum eller bolig, m ³
C	Koncentration af tetrachlorethylen i rum eller bolig, µg/m ³
A	Arealet af det rensede tøj, m ²
Q	Luftflow gennem rum, m ³ /time
N	Luftskiftet = Q/V, h ⁻¹
R	Emissionsraten for rensed tøj til tiden t, µg/m ² h, idet
R	R ₀ e ^{-kt} , hvor
R ₀	Initial emissionsrate, µg/m ² h
k	Ratekonstant, h ⁻¹

Ovenstående ligning er en lineær, inhomogen differentialligning, der kan løses idet randbetingelsen $C = C_{\text{inde, start}}$ til $t = 0$ anvendes:

(8)

$$C = \frac{AR_0}{V(N-k)}(e^{-kt} - e^{-Nt}) + e^{-Nt} C_{\text{inde, start}}$$

Denne model er modelleret i vedlagte excel-regneark i bilag 8.

7.3.2 Model for introduktion af flere typer rensed tekstil

Hvis der introduceres forskellige typer af rensed tøj med forskellige emissionsstyrende parametre samtidigt i boligen, ser massebalancen ud som følger:

(9)

$$VdC = A_1 R_{0,1} e^{-k_1 t} dt + \dots A_i R_{0,i} e^{-k_i t} dt + \dots + A_n R_{0,n} e^{-k_n t} dt - QCdt$$

idet A_i angiver arealet af det i 'ne stykke rensed tøj mens $R_{0,i}$ og k_i angiver hhv. initialemissionsraten og ratekonstanten for det i 'ne stykke rensed tekstil.

Denne ligning kan løses med randbetingelsen $t = 0$, $C = C_{\text{inde, start}}$

(10)

$$\text{idet } C = \left(\sum_1^n \frac{A_i R_{0,i}}{V(N-k_i)} (e^{-k_i t} - e^{-Nt}) \right) + e^{-Nt} C_{\text{inde, start}}$$

A_i	Arealet af det i 'ne stykke rensed tekstil
$R_{0,i}$	Initialemissionsraten for det i 'ne stykke rensed tekstil, mg/m ² h
k_i	Ratekonstant for det i 'ne stykke rensed tekstil.

Denne model er modelleret i vedlagte excel-regneark, bilag 8. I modellen er det antaget, at de rensede tøjstykker introduceres i indeklimaet på samme tid, idet der herved opnås de højeste maksimalkoncentrationer af tetrachlorethylen i indeklimaet.

Sker introduktionen af de rensede tekstiler forskudt kan man fortsat anvende regnearket, idet kolonnerne med de beregnede koncentrationer for hver af de rensede tekstiler (benævnt T_1 og T_2 i regnearket) forskydes tidsmæssigt i forhold til hinanden, inden den resulterende koncentration, dvs. summen, beregnes.

7.3.3 Størrelsen af $C_{inde, start}$ i modellerne

Hvad angår størrelsen af $C_{inde, start}$ i ligning (8) og (10) kan de erfaringsværdier for normalt forekommende indeklimakoncentrationer C_n , som er fundet i nærværende projekt anvendes. Som udgangspunkt kan de statistiske bidragsværdier anvendes. Det er muligt enten at anvende de bestemte boligtype afhængige værdier, eller en gennemsnitsværdi. Hvis der er kendskab til særlige forhold som f.eks. nærtliggende renserier eller tetrachlorethylenforbrugende virksomheder, kan man anvende en baggrundsværdi baseret på erfaringsdata eller man kan foretage måling af den eksakte baggrundsværdi (udeluftkoncentrationen) i det pågældende område.

I tilfælde af en jordforurening og/eller forurening af terrænnært grundvandsmagasin med tetrachlorethylen under bygningen kan emissionen herfra bestemmes ved Miljøstyrelsens JAGG-model. Idet denne model antager en konstant emission (flux), $F_{forurening}$ af tetrachlorethylen over tiden, kan man i tilfælde af en jord- og grundvandsforurening således som startkoncentrationen i indeklimaet anvende summen af det normalt forekommende bidrag tillagt et bidrag fra jord- og grundvandsforureningen.

Samlet kan det således opsummeres:

(11) Uden jordforurening og/eller forurening af terrænnært grundvandsmagasin:

$$C_{inde, start} = C_n$$

(12) Med jordforurening og/eller forurening af terrænnært grundvandsmagasin

$$C_{inde, start} = C_n + \frac{A_{forurening}}{Q} F_{forurening}$$

hvor

C_n	Den normalt forekommende koncentration af tetrachlorethylen i indeklimaet i danske boliger, enten som en gennemsnitsværdi, som en boligtypeafhængig værdi eller som en målt udeklimaværdi afhængigt af omstændighederne. Som udgangspunkt kan anvendes de i nærværende projekt bestemte værdier, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$A_{forurening}$	Arealet af jord- og grundvandsforureningen under boligen, m^2
Q	Luftflow gennem boligen, m^3/time
$F_{forurening}$	Fluxen af forurening fra den underliggende jord- og grundvandsforurening, jf. JAGG-modellen, $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$

7.4 MODELBEREGNINGER OG DISKUSSION

Med udgangspunkt i den opstillede fysiske model i afsnit 7.2 og 7.3 er der foretaget en beregning af den resulterende koncentration af tetrachlorethylen i indeklimaet efter introduktion af rensed tøj. Beregningen er foretaget for 3 scenarier.

I scenarie 1 antages det, at der introduceres 1 rensed habit og 1 rensed vinterjakke til en lille, dårligt ventileret lejlighed. For at illustrere eventuelle forskelle mellem koncentrationen i det rum, hvor de rensede tekstiler opbevares og de øvrige rum i boligen, antages det, at alle tekstiler opbevares i samme rum – f.eks. soveværelset – og der foretages beregning for dette rum alene såvel som for hele boligen. Det antages, at det samlede boligareal er 60 m^2 i ét plan og at rumhøjden er 2,3 m. Rummet, hvor de rensede tekstiler opbevares, antages at have et areal på 18 m^2 . Der antages et luftskifte på 0,4 gange i timen.

Scenarie 2 er tilsvarende scenarie 1, idet det antages, at der samtidig introduceres 4 habitter og 2 vinterjakker.

I scenarie 3 antages det, at der er tale om en stor velventileret bolig, f.eks. et parcelhus, hvor der introduceres 1 rensed habit og 1 rensed vinterfrakke. Det antages, at boligarealet er 130 m^2 i et plan, at rumhøjden er 2,3 m og at luftskiftet er 1 gang i timen. Rummet, hvor de rensede tekstiler opbevares, antages at have et areal på 25 m^2 .

Øvrige antagelser er beskrevet i afsnit 7.2. Hvad angår størrelserne af den initiale emissionsrate, R_0 og emissionsratekonstanten, k for de rensede tekstiler, anvendes de værdier, som er bestemt ved klimakammermålingerne, se afsnit 6.

Det antages, at der er tale om habitten med den største initiale emissionsrate. Startkoncentrationerne af tetrachlorethylen i indeklimaet sættes til hhv. 0,03 og $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, idet disse værdier har vist sig repræsentative for et upåvirket baggrundsniveau for hhv. parcelhuse og lejligheder, se også den statistiske analyse i afsnit 5. Det antages, at der ikke er bidrag fra jordforurening og/eller forurening af terrænnært grundvandsmagasin.

Modelkørslerne fremgår af bilag 8, idet der henvises hertil for nærmere beskrivelse af koncentrationsforløbet. Resultaterne af beregningerne er indført i tabel 7.1. I tabellen er angivet den beregnede maksimale koncentration af tetrachlorethylen i indeklimaet samt et skøn over gennemsnitskoncentrationen over 14 dage.

Input	Lille dårligt ventileret lejlighed				Stort velventileret parcelhus	
	Enkelt rum ^a	Hele boligen	Enkelt rum ^a	Hele boligen	Enkelt rum ^a	Hele boligen
Antal habitter	1	1	4	4	1	1
Antal vinterfrakker	1	1	2	2	1	1
Bidrag, habit: $C_{\text{gen.snit (14 dage)}} \mu\text{g/m}^3$	61	18	246	73	9	3
Bidrag, frakke: $C_{\text{gen.snit (14 dage)}} \mu\text{g/m}^3$	31	9	61	18	4	2
Samlet: $C_{\text{max}} \mu\text{g/m}^3$	224	67	719	214	33	13
Samlet bidrag: $C_{\text{gen.snit (14 dage)}} \mu\text{g/m}^3$	92	27	307	91	13	5

Tabel 7.1: Modelberegninger til beregning af den resulterende koncentration af tetrachlorethylen for hhv. lille dårligt ventileret lejlighed og stort velventileret parcelhus under antagelse af, at der introduceres rensede tekstil i boligen. Såvel bidrag fra hver af tekstiltypene som maksimale koncentrationer og samlet gennemsnitligt bidrag over 14 dage fremgår.

Delresultater er inddraget i tabellen, idet der i øvrigt henvises til bilag 8 samt til teksten over tabellen.

^a: Det antages, at alle de rensede tekstiler opbevares i dette rum.

Som det fremgår af resultaterne gengivet i tabel 7.1 viser modelberegningen, at der vil kunne opnås gennemsnitskoncentrationer over 14 dage på op til knap $100 \mu\text{g/m}^3$ i luften i det rum i lejligheden, hvor det rensede tøj opbevares. Påvirkningen af indeklimaet i det velventilerede parcelhus ses at være betydelig mindre end for lejligheden, nemlig kun op til $13 \mu\text{g/m}^3$ regnet som 14-dages gennemsnit i rummet, hvor det rensede tøj opbevares og endnu mindre, hvis man ser på boligen som helhed, nemlig $5 \mu\text{g/m}^3$.

Det kan til sammenligning nævnes, at koncentrationsniveauet af tetrachlorethylen i indeklimaet i de 24 undersøgte boliger viste gennemsnitskoncentrationer over ca. 14 dage i intervallet $<0,02-2,2 \mu\text{g/m}^3$, idet de højeste koncentrationer blev konstateret i parcelhuse, hvor man jf. spørgeskemasvarene har oplyst, at man jævnligt får rensede tøj og i 2 tilfælde også modtog rensede tøj i måleperioden.

I afsnit 5 blev der opstillet en statistisk model til beregning af den resulterende koncentration af tetrachlorethylen i indeklimaet, baseret på de gennemførte 24 målinger. Anvendes den statistiske model på scenarie 1 for hele boligen, vil man jf. afsnit 5 og bilag 6 få følgende regnestykke, idet det antages, at boligen

har modtaget rensed tekstil inden for de sidste 2 uger, og at boligen ingen udeluftventiler har:

$$(1) C = \mu_o \cdot f_{B_type} \cdot f_{ventill} \cdot f_{T_periode} \cdot f_{Vekselvirkning}$$

$$(1) C = 0,027 \cdot 5,6 \cdot 1 \cdot 9,8 \cdot 0,54^0 = 1,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Disse resultater samt resultaterne af andre indeklimaundersøgelser er sammenstillet med resultaterne af modelkørslerne i nedenstående tabel 7.2.

Input	Lille dårligt ventileret lejlighed				Stort velventileret parcelhus	
	Enkelt rum ^a	Hele boligen	Enkelt rum ^a	Hele boligen	Enkelt rum ^a	Hele boligen
Antal Habitter	1	1	4	4	1	1
Antal vinterfrakker	1	1	2	2	1	1
Samlet: $C_{\text{gen.snit (14 dage)}}$	92	27	306	91	13	5
Målinger i 24 boliger	op til 2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
Statistisk model	op til 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
Thomas et al., 1991	op til 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7 boliger tilført rensed tøj)					
Phillips et al., 1997	95 % fraktil: 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (storbyer, 193 boliger)					
Schliebinger et al., 2000	op til 5.540 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 90 % fraktil: 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tyskland, 695 boliger)					

Tabel 7.2: *Sammenligning af modelberegninger med resultaterne af andre foretagne indeklimaundersøgelser*

Det fremgår af tabel 7.2, at der er forholdsvis god overensstemmelse mellem modelberegningerne og andre foretagne indeklimaundersøgelser. På basis heraf vurderes det, at de beregnede resulterende indeklimakoncentrationer af tetrachlorethylen er realistiske og sammenlignelige med reelle målinger.

Forskelle undersøgelserne imellem skal bl.a. findes i at der kan være forskelle i rensesvaner, herunder mængden af rensed tekstil, der blev opbevaret i boligen under målingerne, udluftningsvaner, boligtyper, nærtliggende tetrachlorethylenforbrugende virksomheder, måletid, sinkfaktorer mm.

Det kan ud fra tabel 7.2 konstateres, at den fysiske model generelt viser højere indeklimakoncentrationer end de målte værdier i nærværende undersøgelse. Forskellen viser sig dog at være forholdsvis beskedent:

Såfremt det eksempelvis antages, at de højeste målte værdier på hhv. 1,5 og 2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ blev målt i parcelhuse, hvor man modtog én rensed frakke i måleperioden, kan det jf. resultaterne af modelberegningerne, som er gengivet i tabel 7.1 ses, at den beregnede indeklimakoncentration af tetrachlorethylen ville være mellem 2 og 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, afhængig af om man ser på hele boligen eller kun på rummet, hvor det rensede tekstil opbevares. Forskellen mellem den fysiske model og de målte værdier er i dette tilfælde i størrelsesordenen en faktor 1-2. Modellen beskriver under disse antagelser således virkeligheden særdeles godt.

Jf. beregningerne for scenarie 1 i tabel 7.1 viser den fysiske model en resulterende koncentration som gennemsnit for hele lejligheden over 14 dage på 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ efter introduktion af alene en vinterfrakke. Yderligere introduktion af en habit giver anledning til en tredobling af koncentrationen i indeklimaet. Disse koncentrationer beregnet ved den fysiske model er i størrelsesordenen en faktor 6 til 20 større end værdierne fremkommet ved den statistiske model, afhængig af antallet af rensede tekstiler.

Der er således ved sammenligning mellem de beregnede koncentrationer ved den fysiske model og hhv. de målte værdier og de beregnede værdier ved den statistiske model en tendens til, at den fysiske model overestimerer koncentrationen af tetrachlorethylen i indeklimaet. Taget i betragtning, at der er tale om et dynamisk 3D-system med komplicerede sprednings-, fjernelses- og afgivelsesprocesser i indemiljøet er forskellen dog minimal og tilsyneladende ikke større end at modellen kan anvendes til at estimere en størrelsesorden for koncentrationen i indeklimaet.

Forskellene mellem den fysiske model og virkelighedens målinger skal formodentlig findes i, at der ikke som antaget kan forudsættes total opblanding i rummet og boligen. Afhængig af, hvor målingerne er foretaget i boligen kan dette føre til såvel lavere som højere målte værdier i forhold til de reelle gennemsnitsværdier som modellen beskriver. På tilsvarende vis kan sinkeffekter være ansvarlige for en del af forskellen mellem model og virkelighed.

De fysiske modelberegninger såvel som den statistiske model viser, at man ved samtidig introduktion af flere stykker rensed tøj kan opnå koncentration af tetrachlorethylen i indeklimaet, der overskrider luftkvalitetskriteriet for tetrachlorethylen på 0,006 mg/m^3 . Dette gælder såvel for maksimale koncentrationer som ved gennemsnitsniveauer over 14 dage.

7.5 KONKLUSION - DELPROJEKT V

En lang række parametre har betydning for den resulterende koncentration af tetrachlorethylen i en bolig, som får tilført kemisk rensed tøj.

I dette projekt er der udviklet en matematisk model som inkluderer bolig- og rumstørrelse, luftskifte, residualindhold af tetrachlorethylen samt ratekonstanten for emissionen. Modellen er omsat til et enkelt excel-regneark.

Ved at anvende modellen i en række scenarier er det demonstreret, at modellens prediktion viser god overensstemmelse med aktuelle indeklimamålinger og med den udviklede statistiske model.

Den matematiske model synes konsekvent at overestimere med skønnet en størrelsesorden. Dette vurderes kun at være en styrke, fordi det sikrer, at sundhedsmæssigt problematiske situationer ikke overses, hvis modellen anvendes til at foretage en vurdering af risici.

Modellen bekræfter, at introduktion af kemisk rensede tekstiler kan medføre indeklimakoncentrationer, som overstiger luftkvalitetskriteriet.

8 Diskussion

8.1 OPSUMMERING AF RESULTATER

Nærværende projekt har været opdelt i 5 delprojekter, som samlet belyser følgende områder indenfor problematikken omkring kemisk rensning og udsættelse for tetrachlorethylen:

- normalniveauer i danske boliger, herunder baggrundsniveauer i "upåvirkede" boliger
- emission af tetrachlorethylen fra rensede tekstiler
- modellering af tetrachlorethylen koncentrationer efter introduktion af rensed tøj til boliger

Der er anvendt spørgeskemaundersøgelser, feltmålinger, laboratorieundersøgelser samt statistiske og matematiske modelværktøjer i de gennemførte delprojekter.

Et af formålene med projektet har været at bestemme baggrundsniveauet for tetrachlorethylen i danske boliger. I forbindelse med de gennemførte feltmålinger er der gennemført en række statistiske analyser af det indsamlede materiale. Resultaterne har vist, at baggrundsniveauet for upåvirkede boliger må opdeles i to for hhv. tætte boligområder (lejligheder) og mere åbne områder (landzone og parcelhuskvarterer). Baggrundsværdierne for de to områder er bestemt til hhv. $0,15\mu\text{g}/\text{m}^3$ og $0,027\mu\text{g}/\text{m}^3$. Baggrundsværdierne er med andre ord lavere end luftkvalitetskriteriet.

Den påviste forskel mellem land og by må tilskrives forskelle i udeluftkoncentrationer som følge af tetrachlorethylen emitterende kilder i byområderne - f.eks. renserier, andre tetrachlorethylen forbrugende industrier eller terrænære jordforureninger.

Analyserne har vist, at introduktion af kemisk rensed tøj til en bolig øger koncentrationen af tetrachlorethylen markant i boligen. I projektet er målt op til $2,2\mu\text{g}/\text{m}^3$ i en bolig, men væsentligt højere koncentrationer kan forventes i situationer med mindre lejligheder og større mængder rensed tøj, som også de udviklede matematiske modeller viser.

Laboratorieundersøgelser har vist de forventelige emissionsforløb fra kemisk rensed tøj. Emissionen kan beskrives som eksponentielt aftagende som funktion af tiden. Undersøgelsen viste, at der ved hele klædningsstykker som f.eks. en habit eller en frakke vil være en initielt lavere, men længerevarende emission set i forhold til de i litteraturen refererede undersøgelser. Undersøgelsen viste også, at der er betydelige forskelle for forskellige tekstiltyper og at der for identiske tekstiler kan være markante forskelle i residualindhold af tetrachlorethylen fra renseri til renseri.

Der er udviklet en matematisk model som beskriver koncentrationen af tetrachlorethylen i en bolig, hvor der introduceres kemisk rensede tekstiler.

Modellen har stor fleksibilitet og kan håndtere forskellige boligtyper, ventilationsforhold, og tekstiltyper. Når modellen anvendes med de data, som er fundet ved projektets laboratorieforsøg viser det sig, at selv ved introduktion af 2 stykker rensed tøj i et rum i boligen, kan man få gennemsnitskoncentrationer i enkeltrum over 14 dage, som overskrider luftkvalitetskriteriet på $0,006 \text{ mg/m}^3$. Introduceres et større antal kemisk rensede tekstiler i boligen viser modelkørslerne, at koncentrationen af tetrachlorethylen i indeklimaet i et kort tidsrum (få timer til 1 døgn) vil overskride $100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ væsentligt.

Modellen viser sammenlignelige resultater med de gennemførte feltmålinger og resultaterne af den statistiske analyse. Der er en tendens til, at modellen overestimerer koncentrationerne, men dette vurderes at være en styrke, idet der derved ikke er risiko for at overse eventuelle sundhedsmæssige betænkelige koncentrationer af tetrachlorethylen.

De meget langvarige emissioner af tetrachlorethylen fra materialer betyder for det første, at der kan forventes en opkoncentrering, hvis der løbende bringes rensede tekstiler ind i boligen. For det andet betyder det, at man kan forvente sink-effekter i en bygning, som har været udsat for en stor tetrachlorethylen påvirkning - f.eks. fra et renseri i stueetagen.

Modelkørslerne viser, at bidraget fra væsentlige mængder af rensed tøj potentielt kan give koncentrationer af tetrachlorethylen i indeklimaet i samme størrelsesordenen som den af Miljøstyrelsens fastsatte bidragsværdi på $0,3 \text{ mg/m}^3$ for aktionsniveau I i brev af 20. dec. 2000. Dette betyder, at det måleteknisk vil være kompliceret at adskille tetrachlorethylen-bidragene i boligen fra hhv. et nærliggende igangværende renseri og væsentlige mængder af nyrensed tøj i boligen.

Dertil kommer, at en jordforurening og/eller forurening af det terrænnære grundvandsmagasin ligeledes kan bidrage til indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen, ligesom ophobet tetrachlorethylen i bygningskonstruktionen kan give et bidrag til indeklimaet.

Modellering af indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen ved samtidig introduktion af store mængder nyrensed tekstil (4 habitter og 2 vinterjakker) i samme rum, resulterer i koncentrationer af tetrachlorethylen på i størrelsesordenen $0,3 \text{ mg/m}^3$. Dette giver anledning til at formode, at såfremt der måles koncentrationer af tetrachlorethylen over 1 mg/m^3 i indeluften i boliger og såfremt beboerne ikke har modtaget væsentlige mængder af rensed tøj umiddelbart op til målingen, er det sandsynligt, at der er andre eksterne kilder til forurening, f.eks. et nærliggende renseri, en jord- og/eller grundvandsforurening eller lignende.

Problemet med adskillelse af forskellige bidrag og dermed placering af ansvar bliver særligt vanskeligt for koncentrationer af tetrachlorethylen under $0,3 \text{ mg/m}^3$.

Feltmålingerne er anvendt i kombination med udsendelse af spørgeskemaer til beboere og bopælskommuner. Udsendelse af spørgeskemaer har vist sig som en velegnet metode til indhentning af troværdige og værdifulde oplysninger om målesteder og måleomstændigheder. Den anvendte metodik med feltmålinger kombineret med spørgeskemaer vil efter forfatterens opfattelse være en metodik, som med fordel kan anvendes i andre sammenhænge.

8.2 AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER

Det gennemførte projekt har givet en række faktuelle oplysninger til brug for håndtering af problematikken omkring kemisk rensning af tekstiler og den eksponering, som det kan udsætte beboere for. Fra projektet kan der udledes en række forslag til fremtidige tiltag på området. Disse forslag er samlet i dette afsnit sammen med kommentarer til projektet i øvrigt.

8.2.1 Anbefalinger til kommuner i forbindelse med regulering af igangværende renserier

Modelkørslerne viser, at bidraget fra væsentlige mængder af rensset tøj potentielt kan give koncentrationer af tetrachlorethylen i indeklimaet i samme størrelsesorden som den af Miljøstyrelsens fastsatte bidragsværdi på $0,3 \text{ mg/m}^3$ for aktionsniveau I i brev af 20. dec. 2000. Dette betyder, at det måleteknisk vil være kompliceret at adskille tetrachlorethylen bidragene i boligen fra hhv. et nærliggende igangværende renseri og væsentlige mængder af nyrenset tøj i boligen.

Dertil kommer, at en jordforurening og/eller forurening af det terrænære grundvandsmagasin ligeledes kan bidrage til indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen, ligesom ophobet tetrachlorethylen i bygningskonstruktionen kan give et bidrag til indeklimaet.

Modellering af indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen ved samtidig introduktion af store mængder nyrenset tekstil (4 habitter og 2 vinterjakker) i samme rum, resulterer i koncentrationer af tetrachlorethylen på i størrelsesordenen $0,3 \text{ mg/m}^3$. Dette giver anledning til at formode, at såfremt der måles koncentrationer af tetrachlorethylen over 1 mg/m^3 i indeluften i boliger og såfremt beboerne ikke har modtaget væsentlige mængder af rensset tøj umiddelbart op til målingen, er det sandsynligt, at der er andre eksterne kilder til forurening, f.eks. et nærliggende renseri, en jord- og grundvandsforurening eller lignende.

Problemet med adskillelse af forskellige bidrag og dermed placering af ansvar bliver særligt vanskeligt for koncentrationer af tetrachlorethylen i indeklimaet væsentligt under $0,3 \text{ mg/m}^3$.

På baggrund af projektets resultater kan følgende anbefalinger opstilles for kommunerne:

- Der anvendes baggrundsværdier på $0,15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ og $0,027 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ for hhv. lejligheder og parcelhuse/andet. Baggrundsværdien fratrækkes indeklimatemålingerne inden vurdering i relation til Miljøstyrelsens anbefalinger.
- Forud for kontrolmålinger fremsendes et brev til beboerne, hvor man anmoder beboerne om at fjerne alt tekstil, der er rensset inden for den sidste måned fra boligen.

- For at tydeliggøre vigtigheden heraf anmodes beboerne om at erklære, at rensede tekstiler er fjernet og at der ikke tilføres nyt rensede tekstiler under måleperioden.
- Målingerne gennemføres som tidligere anbefalet i Miljøstyrelsens brev af 20. dec. 2000, idet målingen først igangsættes minimum 1 uge efter beboernes erklæring.

Er der en jord- og grundvandsforurening i forbindelse med renseriet eller andre tetrachlorethylenforbrugende virksomheder end det nærtliggende renseri, bør bidragene herfra vurderes, særligt i situationen, hvor der konstateres under 0,3 mg tetrachlorethylen/m³ i lejligheden.

Idet bidraget fra ophobet tetrachlorethylen i bygningskonstruktionen er ukendt, anbefales det, at der snarest igangsættes undersøgelser til bestemmelse af dette bidrag for dermed at kunne inddrage dette i reguleringen, se herom senere.

8.2.2 Forbrugeroplysning

Nærværende projekt viser en uacceptabel sundhedsmæssig påvirkning af beboerne som følge af emission af tetrachlorethylen fra rensede tekstiler i boligen. Det er problematisk, at borgere i god tro bringer kemisk rensede tekstiler hjem til boligen og potentielt opbevarer disse tekstiler i de rum, hvor man opholder sig mest.

Det anbefales derfor, at der gennemføres en forbrugeroplysningskampagne, der ud over at gøre opmærksom på risikoen, også giver forslag til, hvorledes forbrugere kan undgå eller begrænse påvirkningerne. Dette kan bl.a. ske ved at udskyde afhentningen af det rensede tøj, således at den væsentligste emission sker i renseriet, at opbevare det rensede tøj i andre rum end f.eks. soveværelset, ændre udluftningsvaner og vælge tøj, der ikke kræver kemisk rensning.

Man kan forestille sig, at en sådan oplysningskampagne vil give afsmitning på såvel renseribranchen og tekstilindustrien, således at der i disse brancher igangsættes aktiviteter til hhv. begrænsning af residualindholdet af tetrachlorethylen samt udvikling af tekstiler og beklædning, der ikke behøver rensning.

8.2.3 Begrænsning af residualindholdet i rensede tøj

Såfremt man kan bestemme en fælles rens- og efterbehandlingsproces, der sikrer et tilstrækkeligt lavt residualindhold i alle typer og blandinger af tekstiler, vil det formodentlig være muligt at udvikle en simpel kontrolmetode, som sikrer, at et tilstrækkeligt lavt residualindhold opnås, før tekstilerne udleveres til forbrugeren.

Den nuværende viden om rensemetoder og -processer er ikke tilstrækkelig til at vurdere, om det er muligt at reducere residualindholdet af tetrachlorethylen tilstrækkeligt til, at en utilsigtet påvirkning som følge af introduktion af rensede tøj i boligmiljøet kan undgås i alle tænkelige situationer.

Ved klimakammer-målingerne kunne der konstateres væsentlige forskelle i emissionen af tetrachlorethylen fra tekstiler, der er rensede forskellige steder. Litteraturen refererer ligeledes en række undersøgelser, som viser, at efterbehandlingen har en meget stor effekt på residualindholdet. Dette indikerer, at

det vil være muligt at opnå markante forbedringer ved at optimere rense- og efterbehandlingsmetoderne.

Der er behov for testning af flere tekstiler i kombination med optimering af rense- og efterbehandlingsprocesser for at fastlægge de processer, der sikrer lavest muligt residualindhold af tetrachlorethylen i det rensede tekstil.

De nye rensemaskiner har allerede en række faciliteter, som gør det muligt at overvåge f.eks. tørreprocessen betydelig mere præcist, end det tidligere har været muligt.

8.2.4 Betydningen af sinkeeffekten

Som nævnt tidligere i diskussionen er der et væsentlig behov for at få klarlagt betydningen af sinkeeffekter i boliger, for at sikre at ansvaret placeres korrekt og for at kunne foretage en realistisk vurdering af måledata. I værste fald kan man forestille sig, at man igangsætter driftsmæssige forbedringer i renseriet, men at effekten af disse forbedringer drukner i afgivelsen af tetrachlorethylen fra bygningsdele, som følge af sinkeeffekter. Dette kan føre til unødige omkostninger for såvel renseriejer som for myndigheder, som skal forvalte området.

Ligeledes må det formodes, at sinkeeffekten har væsentlig betydning i forbindelse med jord- og grundvandsforureninger. For nedlagte renserier betyder det, at man i forbindelse med tolkning af f.eks. poreluftdata og efterfølgende fluxberegning til bestemmelse af den resulterende indeklimakoncentration skal holde for øje, at der ud over bidraget fra jord- og grundvandsforureningen kan være et væsentligt internt bidrag som følge af desorption fra bygningsdele mm.

Betydningen af disse sink-effekter i bygningsdele er meget sparsomt belyst på nuværende tidspunkt. Undersøgelser af sinkeeffektens betydning kunne gennemføres ved undersøgelser af tetrachlorethylenindholdet i indeklimaet i nedlagte renserier. Det er ud fra historiske oplysninger skønnet, at der findes i størrelsesordenen 2500 nedlagte renserier. En undersøgelse af sink-effekter i disse renserier vil også kunne belyse, om der er et overset sundhedsproblem for de beboere, som bor i ejendommen på nuværende tidspunkt.

9 Konklusion

Nærværende projekt har været opdelt i 5 delprojekter, som samlet belyser følgende områder indenfor problematikken omkring kemisk rensning og ud-sættelse for tetrachlorethylen:

- normalniveauer i danske boliger, herunder baggrunds-niveauer i "upåvirkede" boliger
- emission af tetrachlorethylen fra rensede tekstiler
- modellering af tetrachlorethylen koncentrationer efter introduktion af rensed tøj til boliger

Der er anvendt spørgeskemaundersøgelser, feltmålinger, laboratorieundersøgelser samt statistiske og matematiske modelværktøjer i de gennemførte delprojekter.

Indeklimamåling

Der er udført 24 målinger af indeklimakoncentrationen af tetrachlorethylen i udvalgte boliger. Resultaterne af de 24 indeklimamålinger viser niveauer af tetrachlorethylen i indeklimaet på op til $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De højeste koncentrationer er konstateret i boliger, hvor man i måleperioden modtog nyrenset tøj. En statistisk analyse af data viste at koncentrationen af tetrachlorethylen var signifikant afhængig af boligtype (lejlighed eller parcelhus/andet), tilførslen af kemisk rensede tekstiler samt vekselvirkningen mellem antallet af udluftningsventiler og rensede tekstiler.

Basisniveauer – eller niveauer for de upåvirkede boliger – blev statistisk bestemt til $0,15$ og $0,027 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for hhv. lejligheder og parcelhuse/andet.

Klimakammermåling

Der er foretaget klimakammermålinger på nyrensede habitter, vinterfrakke og gardin fra 2 udvalgte renserier. Målingerne viste residualindhold i tekstilerne på mellem $0,01$ og $0,03$ vægt%, idet residualindholdet varierer med renserier og tekstiltyper. Halveringstiden for emissionsraten varierede mellem 70 og 100 timer.

Matematisk model

Der er udviklet en matematisk model til bestemmelse af den resulterende indeklimakoncentration i boliger efter introduktion af rensed tekstil. Modelkørsler viser, at introduktion af 2 stykker rensed tekstil i samme rum kan resultere i indeklimakoncentrationer af tetrachlorethylen, der overskrider luftkvalitetskriteriet på $0,006 \text{ mg}/\text{m}^3$. Modellen har en tendens til en overestimering af indeklimakoncentrationen.

Anbefalinger til kommuner

På baggrund af projektets resultater kan følgende anbefalinger opstilles for kommunerne:

- Der anvendes baggrundsværdier på $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $0,027 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for hhv. lejligheder og parcelhuse/andet. Baggrundsværdien fratrækkes indeklimamålingerne inden vurdering i relation til Miljøstyrelsens anbefalinger.
- Forud for kontrolmålinger fremsendes et brev til beboerne, hvor man anmoder beboerne om at fjerne alt tekstil, der er rensset inden for den sidste måned fra boligen.
- For at tydeliggøre vigtigheden heraf anmodes beboerne om at erklære, at rensset tekstil er fjernet, og at der ikke tilføres nyt rensset tekstil under måleperioden.
- Målingerne gennemføres som tidligere anbefalet i Miljøstyrelsens brev af 20. dec. 2000, idet målingen først igangsættes minimum 1 uge efter beboernes erklæring

Er der en jord- og grundvandsforurening i forbindelse med renseriet eller andre tetrachlorethylenforbrugende virksomheder end det nærtliggende renseri bør bidragene herfra vurderes, særligt i situationen, hvor der konstateres under $0,3 \text{ mg tetrachlorethylen}/\text{m}^3$ i lejligheden.

10 Referencer

Aggazzotti, G., Fantuzzi, G., Predieri, G., Righi, E. & Moscadelle, S. (1994): Indoor exposure to perchloroethylen (tetrachlorethylen) in individuals living with dry-cleaning workers. *The Science of the Total Environment*, 156, pp. 133-137.

Amagai, T., Olansandan, Matsushita, H., Ono, M., Nakai, S., Tamura, K., & Maeda, K. (1999): A survey of indoor pollution by volatile organohalogen compounds in Katsushika, Tokyo, Japan. *Indoor Built Environ.* 8, pp. 255-268.

Bergsøe, N. C., (2000): Vurdering af ventilationsbehov. SBI-meddelelse 130, Statens Byggeforskningsinstitut, 2000.

Bouhamra, W. & Elkilani, A. S. (1999 a): Development of a Model for the Estimation of Indoor Volatile Organic Compounds Concentration Based on Experimental Sorption parameters. *Environ. Sci. Technol.* 1999, 33, pp. 2100-2105.

Bouhamra, W. & Elkilani, A. S (1999 b): Investigation and modelling of surface sorption/desorption behavior of volatile organic compounds for indoor air quality analysis. *Environmental Technology*, vol. 20, pp. 531-545.

Brodman, G.L (1975): Retention of chlorinated solvents in fabrics. *Journal of American Association of Textile Chemists and Colorists*. Vol. 7. no. 5.

European Commision (1997): Evaluation of VOC emission from building products. *Solid Floring materials*. Report no. 18.

Gulyas, H. Hemmerling, L. (1990): Tetrachloroethene Air Pollution Originating from Coin-Operated Dry Cleaning Establishments. *Environmental Research* 53, pp. 90-99.

Iwata, T., Ozaki, J., Takahashi, M., & Kimura, K. (2000): Field investigation on concentration of volatile organohalogen compounds and risk assessment. *Proceedings of Healthy Buildings 2000*, vol 1, pp. 407 – 412

Kampsax A/S (2001): Personlig kommunikation med Jesper A. Jacobsen & Dorte Glensvig.

Kawauchi, T. & Nishiyama, K. (1988): Residual tetrachloethylen in dry-cleaned clothes. *Environmental Research*, pp. 296-301.

Kraenzmer, M (1999): Modelling and continuous monitoring of indoor air pollutants for identification of sources and sinks. *Environmental International*, Vol. 25, nr. 5, pp. 541-551.

Kurz, J. (1995): Statement on the risk assessment of perchloroethylene on persons not employed in the textile dry cleaning industry. *Forschungsinstitut Hohenstein*, 1995.

Miljøstyrelsen, 1995: Renere teknologi i renseribranchen. Miljøprojekt nr. 305.

Miljøstyrelsen, 2001: Personlig kommunikation med Preben Bruun, Miljøstyrelsens Jordforureningskontor.

Phillips, K., McKenna, A. M., Howard, D. A., Bentley, M. C., Cook, J. N. (1997): The concentration of volatile organic compounds inside and outside the homes of the residents of six european cities. *Advances in occupational medicine and rehabilitation*, vol.3, no. 3, sept.-dec., pp. 33-46

Reinhard, K., Dulson, W., Exner, M. (1989): Untersuchungen zum Vorkommen von Perchlorethylen in Raumluft und Lebensmitteln in Wohnungen in der Nähe von Chemischreinigungen. *Zbl. Hyg.* 189, 111-116, 1989.

Sleibinger, H., Hott, U., Marchl, D.; Braun, P., Plieninger, P. & Rüden, H. (2000): VOC-Konzentrationen in Innerräumen des Grossraums Berlin im Zeitraum von 1988 bis 1999. *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*, Jan/feb 2000, pp. 26-38.

Saarinen, M. & Saarela, K. (2000): Investigation of the sorption phenomena of VOCs on material surface. *Proceedings of Healthy Buildings 2000*, vol 4, pp. 193-197

Thomas, K. W., Pellizzari, E. D. & Perritt, R. (1991): Effect of dry-cleaned clothes on tetrachloroethylene levels in indoor air, personal air and breath for residents of several New Jersey homes. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. Vol. 1 nr. 4, pp 475-490.

Tichenor, B. A., Sparks, L.E. & Jackson, M. D. (1988): Evaluation of perchloroethylene emissions from dry cleaned fabrics. EPA report EPA/600/2-88/061.

Tichenor, B. A., Sparks, L.E. & Jackson, M. D. (1990): Emissions of perchloroethylene from dry cleaned fabrics. *Atmospheric Environment*, vol 24 A, No. 5, pp. 1219-1229

Wallace, L. & Clayton, C. A.,(1987): Volatile organic compounds in 600 US-homes: Major sources of personal exposure. EPA report EPA/600/D-87/155

Weber, L. (1992): Desorption Kinetics of Trichloroethylene and perchloroethylene from cotton fabrics. *Indoor Environ.*, 1 pp. 219-223.

11 Forkortelser

A	Arealet af det rensede tøj, m ²
A _{forurening}	Arealet af jord- og grundvandsforureningen under boligen, m ²
A _i	Arealet af det i'ne stykke rensede tekstil
β _i	Statistisk bestemte faktorer
B _{belig}	Statistisk variabel beskrivende effekten af boligens beliggenhed
B _{type}	Statistisk variabel beskrivende effekten af boligtype
C	Koncentration af tetrachlorethylen i indeluft i rum eller bolig, μg/m ³
C _{inde, start}	Koncentrationen af tetrachlorethylen i indeklimaet inden introduktion af rensede tekstiler, μg /m ³
C _n	Den normalt forekommende koncentration af tetrachlorethylen i indeklimaet i danske boliger, enten som en gennemsnitsværdi, som en boligtypeafhængig værdi eller som en målte udeklimaværdi afhængigt af omstændighederne. Som udgangspunkt kan anvendes de i nærværende projekt bestemte værdier, μg/m ³
f _{ventil1}	Statistisk faktor beskrivende betydningen af ventilation i boligen, ubenævnt
f _{T_periode}	Statistisk faktor beskrivende bidraget af tilstedeværende af rensede tekstiler under eller umiddelbart op til måleperioden
f _{Vekselvirkning}	Statistisk faktor beskrivende vekselvirkningen mellem ventilation og tilstedeværelsen af rensede tekstiler, ubenævnt
F _{forurening}	Fluxen af forurening fra den underliggende jord- og grundvandsforurening, jf. Miljøstyrelsens JAGG-modellen, μg/m ² h
K	Ratekonstant, h ⁻¹
k _i	Ratekonstant for det i'ne stykke rensede tekstil.
N	Luftskiftet = Q/V, h ⁻¹
R	Emissionsraten for rensed tøj til tiden t, μg/m ² h
R ₀	Initial emissionsrate, μg/m ² h
R _{0,i}	Initialemissionsraten for det i'ne stykke rensede tekstil, μg /m ² h
T _{periode}	Statistisk faktor beskrivende bidraget af tilstedeværende af rensede
V	Volumen af rum eller bolig, m ³
Ventil1	Statistisk faktor beskrivende betydningen af ventilation i boligen
Virksom1	Statistisk variabel beskrivelsen effekten af nærtliggende tetrachlorethylenforbrugende virksomheder
V-score	Statistisk score for udluftningsventiler i husstanden. Den beregnes som summen af point for udluftningsventiler, hvor der gives 3 for ventiler i opholdsrummet, 2 for ventiler i tilstødende rum, 1 for ventiler i andre rum og 0 for ingen ventiler. Maksimal værdi for V-score er 6.
Q	Luftflow gennem rum eller bolig, m ³ /time
μ, μ ₀	Statistisk bestemt basisniveau af tetrachlorethylen i indeklimaet

Følgebreve og spørgeskema til beboere

KAMPSAX

«Kommune» Kommune
«Kommune_adr»
«Kommune_postogby»

MILJØ-KEMI
Dansk Miljø Center A/S



Smedeskovvej 38
DK-8464 Galten

Telefon 70 22 42 66
Telefax 70 22 42 55
miljo-kemi@miljo-kemi.dk
www.miljo-kemi.dk

Dato
17. april 2001
Vores ref.
PM/lbk

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Med baggrund i de seneste måneders debat om renseriers påvirkning af indeklimaet i boliger foretager Kampsax A/S og MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S på vegne af Miljøstyrelsen et udredningsarbejde vedr. interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i indeklimaet i boliger.

Som en del af udredningsarbejdet foretages der målinger i 26 boliger fordelt over hele Danmark. Ved målingerne bestemmes indeluftens indhold af tetrachlorethylen efter passiv opsamling af luften på ATD-rør over 14 dage.

For at kunne vurdere resultaterne, er der for hver bolig indsamlet data om bl.a. udluftningsvaner, opbevaring af tetrachlorethylen-holdige rensedmidler, hvor tit der renses tøj i husstanden mm.

Da viden om eksterne kilder til luftforurening med tetrachlorethylen er af stor betydning for resultatvurderingen, skal vi venligst anmode kommunen om at udfylde vedlagte spørgeskema.

Projektet har en meget stram tidsplan, da resultaterne heraf skal udgøre en del af baggrunden for den udmelding, som Miljøstyrelsen vil komme med overfor kommunerne i juni måned, derfor skal de besvarede spørgeskemaer være os i hænde senest den 26. april 2001.

Det udfyldte spørgeskema bedes returneret til MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S, Smedeskovvej 38, 8464 Galten, att.: Peter Mortensen.

Skulle der være spørgsmål i øvrigt kan projektleder Dorte Glensvig, Kampsax A/S, tlf. 3639 0700 kontaktes. Kontaktperson hos Miljøstyrelsen er Lisbet Heerfordt.

Med venlig hilsen

Kampsax A/S
Dorte Glensvig

MILJØ-KEMI
Peter Mortensen

Vedlagt: Spørgeskema samt returkuvert

Spørgeskema – dokumentation af tetrachlorethylen i indeklima

Alle data behandles fortroligt. Spørgeskemaet bedes returneret sammen med ATD-rørene til MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S, Smedeskovvej 38, 8464 Galten, Att. Peter Mortensen.

Skulle der være spørgsmål til spørgeskemaet kan Peter Mortensen, MILJØ-KEMI A/S, tlf. 70 22 42 66 kontaktes.

Vi takker for din hjælp !

Spørgsmål 1 – Stamdata som oplysninger om placering af målestation	
A	Boligens fulde adresse, samt evt. telefonnummer:
B	Skemaet er udfyldt af : _____ (navn)
C	<p>I hvilket rum er målestationen (ATD-rørene) opsat ?</p> <p><input type="checkbox"/> stue</p> <p><input type="checkbox"/> andet _____</p> <p>Målerummets størrelse _____ m²</p> <p>På hvilken etage ligger dette rum ?</p> <p><input type="checkbox"/> stueetage</p> <p><input type="checkbox"/> 1. sal</p> <p><input type="checkbox"/> 2. sal</p> <p><input type="checkbox"/> andet _____</p> <p>I hvilken højde er rørene opsat? _____ meter over gulv</p> <p>Måleperiodens start Dato: _____ Klokketæt: _____</p> <p>Måleperiodens afslutning Dato: _____ Klokketæt: _____</p>
D	Tegn en planskitse af placeringen af målestationen i rummet med angivelse af møbler, døre, vinduer, radiatorer, evt. ventilation mm:

Spørgsmål 2 – Lidt om boligen, beboerne og deres beskæftigelse

A

Boligtype:

 Lejlighed Rækkehus Parcelhus Andet _____

Hvornår er bygningen opført ? _____

Har der været foretaget renoveringer af boligen indenfor de sidste 2 år ?

 Ja Nej

Hvis "Ja", hvornår ? : _____

Type og omfang af renoveringen¹⁾:¹⁾ f.eks. nyt gulv, opsætning af skillevægge

B

Boligens beliggenhed

 I bymæssigt område I industriområde eller på kanten af industriområde I landzone, herunder landsbyer Andet _____

C

Boligens størrelse

Samlede antal kvadratmeter beboelse ²⁾ : _____ m²Samlede antal rum ²⁾ i boligen: _____ rum

Typisk rumhøjde: _____ m

²⁾ incl. køkken, bad m.v. – dog excl. eventuelle kælderrum, medmindre disse er beboelsesrum

D

Antal beboere i boligen

0 - 9 år: _____ personer

10 - 18 år: _____ personer

19 - 29 år: _____ personer

30 - 49 år: _____ personer

Over 50 år: _____ personer

E	<p>Beskæftigelse</p> <p>Er nogle af beboerne beskæftiget på arbejdspladser, hvor kemikaliet tetrachlorethylen (perchlor) produceres eller anvendes, eller hvor man kan komme i kontakt med kemikaliet?</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej</p> <p>Hvis "Ja" :</p> <p>Hvor mange beboere drejer det sig om ? _____ personer</p> <p>Hvilken branche(r) er der tale om ? _____</p> <p>Hvorledes anvendes tetrachlorethylen på arbejdspladsen ? :</p> <p>Varetager beboeren opgaver, der omfatter håndtering af tetrachlorethylen, f.eks. omhældning eller lignende ?</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej</p>
---	--

Spørgsmål 3 – Nærtliggende tetrachlorethylen- forbrugende virksomheder			
A	<p>Ligger der renserier eller metalforarbejdende virksomheder i nærheden af boligen, dvs. indenfor en afstand af 500 meter.</p>		
	Ja	Nej	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Afstand: m (ca.)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Afstand: m (ca.)

Spørgsmål 4 – Lidt om udluftningsvaner og ventilation		
A	<p>Hvor tit åbnes vinduer og/eller døre i boligen med det formål at udlufte boligen?</p> <p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> flere gange dagligt <input type="checkbox"/> ca. 1-2 gange pr. uge <input type="checkbox"/> minimum 1 gang hver dag <input type="checkbox"/> ca. 1-2 gange pr. måned <input type="checkbox"/> ca. hver anden dag </p> <p>Findes og bruges der udeluftventiler ?</p>	
	Ja	Nej
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B	<p>Er der i boligen mekanisk ventilation <u>udover</u> almindelig brug af emhætte, ventilator i badeværelset og ventilationsåbninger i bygningsdele (f.eks. friskluftventiler i vinduer, ventilationsrist i væg)?</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej</p> <p>Hvis ”Ja”</p> <p>- hvilken type og hvor ? :</p>
---	---

Spørgsmål 5 – Lidt om brugen af kemikalier i boligen

A	<p>I de fleste boliger opbevares et udvalg af kemikalier og rengøringsartikler, herunder pletrensmidler mm. Disse kan indeholde opløsningsmidlet tetrachlorethylen. I ældre kemikalier/reensemidler er indholdsstoffer ikke altid deklareret.</p> <p>Du bedes kontrollere husstandens beholdning af kemikalier/reensemidler og udfylde nedenstående skema mht. produktets handelsnavn, hvorvidt det er deklareret at indeholde tetrachlorethylen (TCE, også benævnt perchlor, tetrachlorethen, perchlor-ethylen eller ethylen-tetrachlor), hvor i boligen reensemiddel opbevares, hvad det anvendes til og hvor hyppigt.</p> <p>Kemikalier / reensemidler i boligen</p> <table data-bbox="598 1008 1484 1140"> <tr> <td>Produktets:</td> <td>Opbevaringssted:</td> </tr> <tr> <td>Handelsnavn:</td> <td>Anvendelse:</td> </tr> <tr> <td>TCE deklareret:</td> <td>Anvendelses-hyppighed:</td> </tr> </table>	Produktets:	Opbevaringssted:	Handelsnavn:	Anvendelse:	TCE deklareret:	Anvendelses-hyppighed:
Produktets:	Opbevaringssted:						
Handelsnavn:	Anvendelse:						
TCE deklareret:	Anvendelses-hyppighed:						

Spørgsmål 6 – Kemisk rensning af tekstiler

A	<p>Ved kemisk rensning af tekstiler anvendes typisk tetrachlorethylen som rensningsmiddel. Det er derfor vigtigt at få oplysninger omkring beboernes vaner mht. rensning af såvel beklædningstekstiler som boligtekstiler.</p> <p>Hvor mange stykker tekstil lader husstanden kemisk rense på ét år ?</p> <table><tr><td>Beklædningstekstiler:</td><td>Gardiner:</td><td>Andet : _____</td></tr><tr><td>Boligtekstiler:</td><td>Tæpper:</td><td>Andet : _____</td></tr><tr><td>Habitter:</td><td>Kjoler:</td><td></td></tr><tr><td>Frakker:</td><td>Dyner:</td><td></td></tr></table> <p>”Gemmes”/anvendes emballagerne (plastikposerne), som det rensede tøj leveres i fra renseseriet ?</p> <p style="text-align: center;">Hvor / til hvad?</p>	Beklædningstekstiler:	Gardiner:	Andet : _____	Boligtekstiler:	Tæpper:	Andet : _____	Habitter:	Kjoler:		Frakker:	Dyner:	
Beklædningstekstiler:	Gardiner:	Andet : _____											
Boligtekstiler:	Tæpper:	Andet : _____											
Habitter:	Kjoler:												
Frakker:	Dyner:												
B	<p>Har boligen modtaget kemisk rensset tekstil:</p> <p><input type="checkbox"/> Under måleperioden, _____ (antal) dage efter start af måleperioden, A</p> <p><input type="checkbox"/> I ugen op til opsætning af målestationen, B</p> <p><input type="checkbox"/> 1-2 uger før opsætningen af målestationen, C</p> <p><input type="checkbox"/> 2-4 uger før opsætningen af målestationen, D</p> <p><input type="checkbox"/> 1-6 måneder før opsætningen af målestationen, E</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej</p> <p>Hvis ”Ja”, hvilke(t) og hvor mange tekstil(er) er der tale om, og hvor opbevares de ?</p> <table><tr><td>Tidsrum (A-E):</td><td>Tekstiltype:</td><td>Antal:</td><td>Opbevaring:</td></tr></table>	Tidsrum (A-E):	Tekstiltype:	Antal:	Opbevaring:								
Tidsrum (A-E):	Tekstiltype:	Antal:	Opbevaring:										
C	<p>Har der i ugen op til eller under måleperioden været længerevarende besøg (mere end 3 timer) af personer som adspurgte bekræfter at bære rensset tekstil ³⁾ (f.eks. habitter, jakker, kjoler), og i givet fald hvor mange ? :</p> <p><input type="checkbox"/> Under måleperioden, antal personer : _____ _____ (antal) dage efter start af måleperioden</p> <p><input type="checkbox"/> I ugen op til opsætning af målestationen, antal personer : _____</p> <p>³⁾ Renset indenfor den seneste måned</p>												

KAMPSAX

«Kommune» Kommune
 «Kommune_adr»
 «Kommune_postogby»

MILJØ-KEMI
 Dansk Miljø Center A/S



Smedeskovvej 38
 DK-8464 Galten

Telefon 70 22 42 66
 Telefax 70 22 42 55
 miljo-kemi@miljo-kemi.dk
 www.miljo-kemi.dk

Dato
 17. april 2001
Vores ref.
 PM/lbk

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Med baggrund i de seneste måneders debat om rensersiers påvirkning af indeklimaet i boliger foretager Kampsax A/S og MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S på vegne af Miljøstyrelsen et udredningsarbejde vedr. interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i indeklimaet i boliger.

Som en del af udredningsarbejdet foretages der målinger i 26 boliger fordelt over hele Danmark. Ved målingerne bestemmes indeluftens indhold af tetrachlorethylen efter passiv opsamling af luften på ATD-rør over 14 dage.

For at kunne vurdere resultaterne, er der for hver bolig indsamlet data om bl.a. udluftningsvaner, opbevaring af tetrachlorethylen-holdige rensesmidler, hvor tit der renses tøj i husstanden mm.

Da viden om eksterne kilder til luftforurening med tetrachlorethylen er af stor betydning for resultatvurderingen, skal vi venligst anmode kommunen om at udfylde vedlagte spørgeskema.

Projektet har en meget stram tidsplan, da resultaterne heraf skal udgøre en del af baggrunden for den udmelding, som Miljøstyrelsen vil komme med overfor kommunerne i juni måned, derfor skal de besvarede spørgeskemaer være os i hænde senest den 26. april 2001.

Det udfyldte spørgeskema bedes returneret til MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S, Smedeskovvej 38, 8464 Galten, att.: Peter Mortensen.

Skulle der være spørgsmål i øvrigt kan projektleder Dorte Glensvig, Kampsax A/S, tlf. 3639 0700 kontaktes. Kontaktperson hos Miljøstyrelsen er Lisbet Heerfordt.

Med venlig hilsen

Kampsax A/S
 Dorte Glensvig

MILJØ-KEMI
 Peter Mortensen

Vedlagt: Spørgeskema samt returkuvert

Spørgeskema – dokumentation af tetrachlorethylen i indeklima

I nedenfor nævnte bolig er der opsat målestation til bestemmelse af indeluftens indhold af tetrachlorethylen. De listede spørgsmål vedrører tetrachlorethylen-forbrugende eller -producerende virksomheder samt jord- og grundvandsforureninger med tetrachlorethylen beliggende indenfor en radius af hhv. 2 km og 0,5 km fra boligen:

«Adresse», «postnrby»

Er der ikke plads nok til besvarelsen, er kommunen velkommen til at vedlægge supplerende materiale. Vedlægges supplerende data, bedes dette mærkes med kommunens navn, samt ovenfor nævnte adresse.

Spørgeskemaet bedes returneret til MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S, Smedeskovvej 38, 8464 Galten, Att. Peter Mortensen, **inden den 26. april 2001.**

Skulle der være spørgsmål til spørgeskemaet kan Peter Mortensen, MILJØ-KEMI A/S, tlf. 70 22 42 66 kontaktes.

Vi takker for kommunens hjælp !

Spørgsmål 1 – Stamdata	
A	Kommunens adresse, samt tlf. nr.:
B	Skemaet er udfyldt af : _____

Spørgsmål 2 – Nærtliggende tetrachlorethylen-forbrugende/producerende virksomheder

A

Ligger der inden for en radius af 2 km fra omtalte bolig virksomheder som anvender/producerer eller har anvendt/produceret tetrachlorethylen ?
Kommunen er velkommen til at vedlægge målfast kortmateriale.
Alternativt bedes angives en skønnet afstand mellem bolig og virksomhed samt en kompasretning (regnet fra omtalte bolig i retning af virksomheden)

- Igangværende renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)
- Igangværende renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)
- Igangværende renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)

- Tidligere renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)
- Tidligere renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)
- Tidligere renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)
- Tidligere renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)

- Igangværende metalforarbejdende virksomhed ¹⁾, afstand: _____ m
- Igangværende metalforarbejdende virksomhed ¹⁾, afstand: _____ m

- Tidligere metalforarbejdende virksomhed ¹⁾, afstand: _____ m
- Tidligere metalforarbejdende virksomhed ¹⁾, afstand: _____ m
- Tidligere metalforarbejdende virksomhed ¹⁾, afstand: _____ m

- Andre, _____, afstand: _____ m
- Andre, _____, afstand: _____ m

¹⁾ oplyses kun såfremt der er kendskab til, at den metalforarbejdende virksomhed anvender / har anvendt tetrachlorethylen

B

Er der i forbindelse med disse virksomheder foretaget målinger af udeluftens indhold af tetrachlorethylen ?

- Ja
- Nej

Hvis "Ja" Hvor, hvornår og hvilke koncentrationer af tetrachlorethylen blev der konstateret ?

Spørgsmål 3 – Nærtliggende jord- eller grundvandsforurening med tetrachlorethylen

A

Har kommunen kendskab til jordforureninger eller terrænnære grundvandsforureninger med tetrachlorethylen inden for en radius af 0,5 km fra omtalte bolig ?
Kommunen er velkommen til at vedlægge målfast kortmateriale.
Alternativt bedes angives en skønnet afstand mellem bolig og virksomhed samt en kompasretning (regnet fra omtalte bolig i retning af forureningen):

Jordforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)

Jordforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ el. lign.)

Jordforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ el. lign.)

Terrænnær grundvandsforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)

Terrænnær grundvandsforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)

Terrænnær grundvandsforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)

B

Er der i forbindelse med disse forureninger foretaget målinger af udeluftens indhold af tetrachlorethylen ?

Ja

Nej

Hvis "Ja" :

- hvor, hvornår og hvilke koncentrationer af tetrachlorethylen er der påvist ?

Metodebeskrivelse – klimakammer

Prøvehåndtering: MK-metode 9810G

Princip: Emissionsforsøgene er foretaget i 238 liters klimakamre af poleret rustfrit stål. Kamrene forsynes med rensat atmosfærisk luft fra et centralt forsyningsystem. Temperatur, luftfugtighed og tilført luftmængde overvåges og registreres kontinuert via EDB.

Referencer: ISO 13419-1
Prøvningsstandard for Dansk Indeklimamærkning

**Prøveopsamling:
og analyse** MK- metode 9812A og 2404

Princip: Til fastsatte tidspunkter udtages prøver af luften i klimakamrene ved aktiv opsamling på kulrør (SKC type 226-1). Flowmåling foretages med kalibreret elektronisk flowcontroller af typen Sierra.

Efter opsamling desorberes kulrørene med dimethylformamid og analyseres ved gaschromatografi med flammeionisationsdetektor (GC/FID).

Referencer: AMI L1 (mod.)
ISO/CD 16200-1
MDHS 1-54
NIOSH 1403
VDI 3482

Analyseusikkerhed: 10% (RSD) dog mindst 0,5 - 2,5 µg absolut.

Detektionsgrænse: 1-5 µg

Metodebeskrivelse – ATD rør's målinger

**Prøveopsamling:
og analyse** MK- metode 15-01-63 og 2704

Princip Tetrachlorethylen opsamles ved diffusion på ATD-rør med Chromosorb 106, desorberes termisk og analyseres ved gaskromatografi med massespecifik detektion (ATD/GC/MS).

Referencer: ISO/DIS 16017-2
MHDS 80

Analyse- og prøvetagningsusikkerhed:
20% (RSD) dog mindst 0,5 ng absolut.

Detektionsgrænse 1 ng.

Statistisk datagrundlag – indeklimate målinger og spørgeskemasvar

Spørgeskema – dokumentation af tetrachlorethylen i indeklimate

Alle data behandles fortroligt. Spørgeskemaet bedes returneret sammen med ATD-rørene til MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S, Smedeskovvej 38, 8464 Galten, Att. Peter Mortensen.

Skulle der være spørgsmål til spørgeskemaet kan Peter Mortensen, MILJØ-KEMI A/S, tlf. 70 22 42 66 kontaktes.

Vi takker for din hjælp !

Spørgsmål 1 – Stamdata som oplysninger om placering af målestation	
	Boligens fulde adresse, samt evt. telefonnummer:
B 1B	Skemaet er udfyldt af : _____ Init _____ (navn)
C 1C1	I hvilket rum er målestationen (ATD-rørene) opsat ? <p style="text-align: center;">S <input type="checkbox"/> stue</p> <p style="text-align: center;">A <input type="checkbox"/> andet _____</p>
1C2	Målerummets størrelse Tal _____ m ²
1C3	På hvilken etage ligger dette rum ? <p style="text-align: center;">1 <input type="checkbox"/> stueetage</p> <p style="text-align: center;">2 <input type="checkbox"/> 1. sal</p> <p style="text-align: center;">3 <input type="checkbox"/> 2. sal</p> <p style="text-align: center;">4 <input type="checkbox"/> andet _____</p>
1C4	I hvilken højde er rørene opsat? Tal _____ meter over gulv Måleperiodens start Dato: _____ Klokkelæt: _____ Måleperiodens afslutning Dato: _____ Klokkelæt: _____

D	Tegn en planskitse af placeringen af målestationen i rummet med angivelse af møbler, døre, vinduer, radiatorer, evt. ventilation mm:
---	--

Spørgsmål 2 – Lidt om boligen, beboerne og deres beskæftigelse	
<p>A 2A1</p> <p>2A2</p> <p>2A3</p> <p>2A4</p>	<p>Boligtype:</p> <p>L <input type="checkbox"/> Lejlighed</p> <p>R <input type="checkbox"/> Rækkehus</p> <p>P <input type="checkbox"/> Parcelhus</p> <p>A <input type="checkbox"/> Andet _____</p> <p>Hvornår er bygningen opført ? _____</p> <p>Har der været foretaget renoveringer af boligen indenfor de sidste 2 år ?</p> <p>J <input type="checkbox"/> Ja N <input type="checkbox"/> Nej</p> <p>Hvis ”Ja”, hvornår ? : _____ Tal</p> <p>Type og omfang af renoveringen¹⁾:</p> <p>¹⁾ f.eks. nyt gulv, opsætning af skillevægge</p>
<p>B 2B</p>	<p>Boligens beliggenhed</p> <p>B <input type="checkbox"/> I bymæssigt område</p> <p>I <input type="checkbox"/> I industriområde eller på kanten af industriområde</p> <p>L <input type="checkbox"/> I landzone, herunder landsbyer</p> <p>A <input type="checkbox"/> Andet _____</p>
<p>C 2C1</p> <p>2C2</p> <p>2C3</p>	<p>Boligens størrelse</p> <p>Samlede antal kvadrater beboelse ²⁾ : _____ Tal _____ m²</p> <p>Samlede antal rum ²⁾ i boligen: _____ Tal _____ rum</p> <p>Typisk rumhøjde: _____ Tal _____ m</p> <p>²⁾ incl. køkken, bad m.v. – dog excl. eventuelle kælderrum, medmindre disse er beboelsesrum</p>

D 2D	<p>Antal beboere i boligen</p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td></td> <td>Antal</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2D1</td> <td>0 - 9 år:</td> <td>_____</td> <td>personer</td> </tr> <tr> <td>2D2</td> <td>10 - 18 år:</td> <td>_____</td> <td>personer</td> </tr> <tr> <td>2D3</td> <td>19 - 29 år:</td> <td>_____</td> <td>personer</td> </tr> <tr> <td>2D4</td> <td>30 - 49 år:</td> <td>_____</td> <td>personer</td> </tr> <tr> <td>2D5</td> <td>Over 50 år:</td> <td>_____</td> <td>personer</td> </tr> </table>			Antal		2D1	0 - 9 år:	_____	personer	2D2	10 - 18 år:	_____	personer	2D3	19 - 29 år:	_____	personer	2D4	30 - 49 år:	_____	personer	2D5	Over 50 år:	_____	personer
		Antal																							
2D1	0 - 9 år:	_____	personer																						
2D2	10 - 18 år:	_____	personer																						
2D3	19 - 29 år:	_____	personer																						
2D4	30 - 49 år:	_____	personer																						
2D5	Over 50 år:	_____	personer																						
E 2E1	<p>Beskæftigelse</p> <p>Er nogle af beboerne beskæftiget på arbejdspladser, hvor kemikaliet tetrachlorethylen (perchlor) produceres eller anvendes, eller hvor man kan komme i kontakt med kemikaliet?</p> <p style="text-align: center;"> J <input type="checkbox"/> Ja N <input type="checkbox"/> Nej </p> <p>Hvis "Ja" :</p> <p>Hvor mange beboere drejer det sig om ? Tal _____ personer</p> <p>2E2 Hvilken branche(r) er der tale om ? _____</p> <p>Hvorledes anvendes tetrachlorethylen på arbejdspladsen ? :</p> <p>Varetager beboeren opgaver, der omfatter håndtering af tetrachlorethylen, f.eks. omhældning eller lignende ?</p> <p>2E3 J <input type="checkbox"/> Ja N <input type="checkbox"/> Nej</p>																								

Spørgsmål 3 – Nærtliggende tetrachlorethylen- forbrugende virksomheder																			
A 3A1 3A2	<p>Ligger der renserier eller metalforarbejdende virksomheder i nærheden af boligen, dvs. indenfor en afstand af 500 meter.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Ja</td> <td style="text-align: center;">Nej</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rensерier</td> <td style="text-align: center;">J <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">N <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">Afstand:</td> <td style="text-align: center;">m (ca.)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Metalforarbejdning</td> <td style="text-align: center;">J <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">N <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">Afstand:</td> <td style="text-align: center;">m (ca.)</td> <td></td> </tr> </table>		Ja	Nej				Rensерier	J <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	Afstand:	m (ca.)		Metalforarbejdning	J <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	Afstand:	m (ca.)	
	Ja	Nej																	
Rensерier	J <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	Afstand:	m (ca.)															
Metalforarbejdning	J <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	Afstand:	m (ca.)															

Spørgsmål 4 – Lidt om udluftsvaner og ventilation																													
A 4A1	<p>Hvor tit åbnes vinduer og/eller døre i boligen med det formål at udlufte boligen?</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;">1</td> <td><input type="checkbox"/> flere gange dagligt</td> <td><input type="checkbox"/> ca. 1-2 gange pr. uge</td> <td style="width: 15%; text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td><input type="checkbox"/> minimum 1 gang hver dag</td> <td><input type="checkbox"/> ca. 1-2 gange pr. måned</td> <td style="text-align: right;">4</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td><input type="checkbox"/> ca. hver anden dag</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Findes og bruges der udeluftventiler ?</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Ja</td> <td style="text-align: center;">Nej</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4A2</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> J</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> N</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4A3</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> J</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> N</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4A4</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> J</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> N</td> <td></td> </tr> </table> <p>- i målerummet</p> <p>- i tilstødende rum</p> <p>- i andre rum</p>	1	<input type="checkbox"/> flere gange dagligt	<input type="checkbox"/> ca. 1-2 gange pr. uge	2	3	<input type="checkbox"/> minimum 1 gang hver dag	<input type="checkbox"/> ca. 1-2 gange pr. måned	4	5	<input type="checkbox"/> ca. hver anden dag				Ja	Nej		4A2	<input type="checkbox"/> J	<input type="checkbox"/> N		4A3	<input type="checkbox"/> J	<input type="checkbox"/> N		4A4	<input type="checkbox"/> J	<input type="checkbox"/> N	
1	<input type="checkbox"/> flere gange dagligt	<input type="checkbox"/> ca. 1-2 gange pr. uge	2																										
3	<input type="checkbox"/> minimum 1 gang hver dag	<input type="checkbox"/> ca. 1-2 gange pr. måned	4																										
5	<input type="checkbox"/> ca. hver anden dag																												
	Ja	Nej																											
4A2	<input type="checkbox"/> J	<input type="checkbox"/> N																											
4A3	<input type="checkbox"/> J	<input type="checkbox"/> N																											
4A4	<input type="checkbox"/> J	<input type="checkbox"/> N																											

<p>B</p> <p>4B</p>	<p>Er der i boligen mekanisk ventilation <u>udover</u> almindelig brug af emhætte, ventilator i badeværelset og ventilationsåbninger i bygningsdele (f.eks. friskluftventiler i vinduer, ventilationsrist i væg)?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej</p> <p>Hvis "Ja" J N</p> <p>- hvilken type og hvor ? :</p>
--------------------	--

Spørgsmål 5 – Lidt om brugen af kemikalier i boligen

<p>A</p> <p>5A</p>	<p><i>I de fleste boliger opbevares et udvalg af kemikalier og rengøringsartikler, herunder pletrensere mm. Disse kan indeholde opløsningsmidlet tetrachlorethylen. I ældre kemikalier/remsmidler er indholdsstoffer ikke altid deklareret.</i></p> <p><i>Du bedes kontrollere husstandens beholdning af kemikalier/remsmidler og udfylde nedenstående skema mht. produktets handelsnavn, hvorvidt det er deklareret at indeholde tetrachlorethylen (TCE, også benævnt perchlor, tetrachlorethen, perchlor-ethylen eller ethylen-tetrachlor), hvor i boligen remsmidlet opbevares, hvad det anvendes til og hvor hyppigt.</i></p> <p>Kemikalier / remsmidler i boligen</p> <p><u>JA</u> <u>NEJ</u></p> <p>Produktets: Opbevaringssted: Handelsnavn: Anvendelse: TCE deklareret: Anvendelses-hyppighed:</p>
--------------------	--

Spørgsmål 6 – Kemisk rensning af tekstiler	
A	<p>Ved kemisk rensning af tekstiler anvendes typisk tetrachlorethylen som rensningsvæske. Det er derfor vigtigt at få oplysninger omkring beboernes vaner mht. rensning af såvel beklædningstekstiler som boligtekstiler.</p> <p>Hvor mange stykker tekstil lader husstanden kemisk rense på ét år ? Tal</p> <p>6A2 Beklædningstekstiler: Tal 6A6 Gardiner: Tal Andet : _____ 6A3 Boligtekstiler: Tal 6A7 Tæpper: Tal Andet : _____ 6A4 Habitater: Tal 6A8 Kjoler: Tal 6A5 Frakker: Tal 6A9 Dyner: Tal</p> <p>6A10 "Gemmes"/anvendes emballagerne (plastikposerne), som det rensede tøj leveres i fra renseriet ? Ja Nej Hvor / til hvad?</p>
B	<p>Har boligen modtaget kemisk rensset tekstil:</p> <p>6B1 <input type="checkbox"/> Under måleperioden, _____ (antal) dage efter start af måleperioden, A Ja Nej 6B2 <input type="checkbox"/> I ugen op til opsætning af målestationen, B J N 6B3 <input type="checkbox"/> 1-2 uger før opsætningen af målestationen, C J N 6B4 <input type="checkbox"/> 2-4 uger før opsætningen af målestationen, D J N 6B5 <input type="checkbox"/> 1-6 måneder før opsætningen af målestationen, E J N</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej</p> <p>Hvis "Ja", hvilke(t) og hvor mange tekstil(er) er der tale om, og hvor opbevares de ?</p> <p>Tidsrum (A-E): Tekstiltype: Antal: Opbevaring:</p>
C	<p>6C1 Har der i ugen op til eller under måleperioden været længerevarende besøg (mere end 3 timer) af personer som adspurgt bekræfter at bære rensset tekstil ³⁾ (f.eks. habitater, jakker, kjoler), og i givet fald hvor mange ? :</p> <p>6C2 <input type="checkbox"/> Under måleperioden, antal personer : <u> Antal </u> _____ (antal) dage efter start af måleperioden</p> <p><input type="checkbox"/> I ugen op til opsætning af målestationen, antal personer : <u> Antal </u></p> <p>³⁾ Renset indenfor den seneste måned</p>

Dataregistrering besvarelse af spørgeskema beboere

Prøve ID	Konc. Mg/m ³	Spørgsmål 1				Spørgsmål 2															
		1c1	1c2	1c3	1c4	2a1	2a2	2a3	2a4	2b	2c1	2c2	2c3	2d1	2d2	2d3	2d4	2d5	2e1	2e2	2e3
1	0,05	s	45	1	2	p	1986	n		b	151	9	2,2		2		2		n		
2	0,025	s	25	1		a	1906	n		b	200	13	3		2		2		n		n
3	0,037	s	22	4	2,2	l	1963	j	1999	b	93	6	2,5			1	1		j		1 n
4	< 0,02	s	75	1	2,25	p	1979	n		b	228	10	2,32					2	n		n
5	0,044	a	26	1	2,1	p	1960	j	1999	b	236	12	2,3	2			2		n		
6	< 0,02	s	40	1	2,3	p	1972	j	2000	l	150	10	2,3			1		2	n		
7	< 0,02	a	27	1	2	a	1900	n		l	171	10	2,2	3			2		n		n
8	0,084	s	18	1	2	r	1978	n		b	94	8		2	1		2				n
9	0,1	s	20	4	2	l	1999	n		b	52	4	2,5			1			j		1 n
10	2,2	s	60	1	2,2	p	1967	j	2001	b	170	10	2,4		2			2	n		n
11	0,12	s	40	1	2,1	r		n		b	62	6	1,4		1		1		n		n
12	0,12	s	15	3	1	l	1830	n		b	42	3	2,25			1			j		1 n
13	0,084	s	35	2	2	p	1929	n		l	272	9	2,5		1		2		n		
14	0,02	s		2		a	1916	n		l	178	11	2,3	1	1		2		n		
15	0,062	a	45	1	2	p	1998	n		b	250	14	3	1	2		2		n		n
16	0,019	s	36	1	1,95	p	1887	n		l	250	11	2,2		1		2		n		
17	0,06	s	26	1	2	a	1920	n		b	116	8	2,5				1	1	n		n
18	0,043	a	50	1	2	p	1980	j	1999	b	157	9	2,3					2	j		1 n
19	1,5	a	35	1	1,75	p	1995	n		l	154	10	2,33	1			2		n		
20	0,43	s	30	4	2,2	l	1940	j	1998	b	106	5	2,7				2		j		1 n
21	1,5	s	40	1	2,2	p	1985	n		l	129	8	2,3					2	n		n
22	< 0,02	s	38	1	2	a	1960	n		l	106	6	3		2		1		n		
23	0,28	s	65	1	2,1	p	1973	j	1999	i	160	10	2,4					2	n		n
24	0,63	s	15	3	2	l	1935	j	2000	b	40	5	2,4			2			j		1 n
25		s		1	2	p	2000	n		l	173	11	2,35	1			2		j		1 n
26		s	62	1	1,7	p	1977	j	2000	l	290	10	2,35		1		1	1	n		

- Spørgsmål 1 Stamdata som oplysninger om placering af målestation
- Spørgsmål 2 Boligen, beboerne og deres beskæftigelse
- Spørgsmål 3 Nærtliggende tetrachlorethylen-forbrugende virksomheder
- Spørgsmål 4 Udluftningsvaner og ventilation
- Spørgsmål 5 Brugen af kemikalier i boligen
- Spørgsmål 6 Kemisk rensning af tekstiler

Init.	Konc. Mg/m ³	Spørgsmål 3		Spørgsmål 4					Spørgsmål 5	Spørgsmål 6																
		3a1	3a2	4a1	4a2	4a3	4a4	4b	5a	6a1	6a2	6a3	6a4	6a5	6a6	6a7	6a8	6a9	6a10	6b1	6b2	6b3	6b4	6b5	6c1	6c2
1	0,05	n	n	3	n	n	n	n	n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
2	0,025	n	n	2	n	n	n	n	j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
3	0,037	n	j	2	n	j	j	n	j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
4	< 0,02	n	n	5	n	n	n	j	j	3	2	0	1	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
5	0,044	n	n	3	n	n	j	n	j	10	0	0	0	0	0	0	0	2	n	n	n	n	n	j	0	0
6	< 0,02	n	n	3	n	n	n	j	j	2	0	0	2	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
7	< 0,02	n	n	3	n	n	j	n	n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
8	0,084	n		1	j	j		n	n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
9	0,1	n	n	3	n	n	n	n	n	0	0	0	1	1	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
10	2,2	n	n	1	n	n	n	n	n	25	10	0	4	3	0	0	8	0	n	j	n	j	n	j	0	0
11	0,12	n	n	1		j		n	n	1	0	0	1	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
12	0,12	n	n	1	n	n	n	n		0	0	0	0	0	0	0	0	0								
13	0,084	n	n	5	n	n	n	n	j	4	2	0	0	1	0	0	1	0	n	n	n	n	n	n	0	0
14	0,02	n	n	2	n	n	n	n	n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
15	0,062	n	n	1	j	j	j	n	n	1	0	0	1	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
16	0,019	n	n	1	n	n	j	n	n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
17	0,06	n	n	3	n	n	n	n	n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
18	0,043	n	n	3	n	j	j	n	n	5	3	0	2	0	0	0	0	0	j	n	n	n	n	n	0	0
19	1,5	n	n	3	n	j	n	n	n	6	0	0	0	0	0	0	0	0	n	j	n	n	n	n	0	0
20	0,43	j	n	3	n	n	j	n	n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
21	1,5	n	n	5	n	n	j	n	n	24	2	14	6	0	0	0	2	0	j	n	n	j	n	n	0	0
22	< 0,02	n	n	3	n	n	j	n	n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
23	0,28		j	3	j	n	j	n		2	0	0	1	1	0	0	0	0	n	n	j	n	n	n	0	0
24	0,63		n	1	n	n	n	n	n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
25		n	n	4	j	j	j	n	n	1	0	0	0	0	0	0	0	0	n	n	n	n	n	n	0	0
26		n	n	2	n		j	n		15	8		6					1	n	n	n	j	n	j	3	8

- Spørgsmål 1 Stamdata som oplysninger om placering af målestation
- Spørgsmål 2 Boligen, beboerne og deres beskæftigelse
- Spørgsmål 3 Nærtliggende tetrachlorethylen-forbrugende virksomheder
- Spørgsmål 4 Udluftningsvaner og ventilation
- Spørgsmål 5 Brugen af kemikalier i boligen
- Spørgsmål 6 Kemisk rensning af tekstiler

Kodet spørgeskema til bopælskommune til brug for statistisk analyse

Spørgeskema – dokumentation af tetrachlorethylen i indeklime

I nedenfor nævnte bolig er der opsat målestation til bestemmelse af indeluftens indhold af tetrachlorethylen. De listede spørgsmål vedrører tetrachlorethylen-forbrugende eller -producerende virksomheder samt jord- og grundvandsforureninger med tetrachlorethylen beliggende indenfor en radius af hhv. 2 km og 0,5 km fra boligen :

«Adresse», «postnrby»

Er der ikke plads nok til besvarelsen, er kommunen velkommen til at vedlægge supplerende materiale. Vedlægges supplerende data, bedes dette mærkes med kommunens navn, samt ovenfor nævnte adresse.

Spørgeskemaet bedes returneret til MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S, Smedeskovvej 38, 8464 Galten, Att. Peter Mortensen, **inden den 26. april 2001.**

Skulle der være spørgsmål til spørgeskemaet kan Peter Mortensen, MILJØ-KEMI A/S, tlf. 70 22 42 66 kontaktes.

Vi takker for kommunens hjælp !

Spørgsmål 1 – Stamdata	
A	Kommunens adresse, samt tlf. nr.:
B	Skemaet er udfyldt af : _____

Spørgsmål 2 – Nærtliggende tetrachlorethylen-forbrugende/producerende virksomheder

A	<p>Ligger der inden for en radius af 2 km fra omtalte bolig virksomheder som anvender/producerer eller har anvendt/produceret tetrachlorethylen ?</p> <p>Kommunen er velkommen til at vedlægge målfast kortmateriale.</p> <p>Alternativt bedes angives en skønnet afstand mellem bolig og virksomhed samt en kompasretning (regnet fra omtalte bolig i retning af virksomheden)</p> <p>2A1 <input type="checkbox"/> Igangværende renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.) Ja Nej <input type="checkbox"/> Igangværende renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.) <input type="checkbox"/> Igangværende renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)</p> <p>2A2 <input type="checkbox"/> Tidligere renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.) Ja Nej <input type="checkbox"/> Tidligere renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.) <input type="checkbox"/> Tidligere renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.) <input type="checkbox"/> Tidligere renseri, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)</p> <p>2A3 <input type="checkbox"/> Igangværende metalforarbejdende virksomhed ¹⁾, afstand: _____ m Ja Nej <input type="checkbox"/> Igangværende metalforarbejdende virksomhed ¹⁾, afstand: _____ m</p> <p>2A4 <input type="checkbox"/> Tidligere metalforarbejdende virksomhed ¹⁾, afstand: _____ m <input type="checkbox"/> Tidligere metalforarbejdende virksomhed ¹⁾, afstand: _____ m <input type="checkbox"/> Tidligere metalforarbejdende virksomhed ¹⁾, afstand: _____ m</p> <p><input type="checkbox"/> Andre, _____, afstand: _____ m <input type="checkbox"/> Andre, _____, afstand: _____ m</p> <p>¹⁾ oplyses kun såfremt der er kendskab til, at den metalforarbejdende virksomhed anvender / har anvendt tetrachlorethylen</p>
B	<p>Er der i forbindelse med disse virksomheder foretaget målinger af udeluftens indhold af tetrachlorethylen ?</p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej</p> <p>Hvis ”Ja” Hvor, hvornår og hvilke koncentrationer af tetrachlorethylen blev der konstateret ?</p>

Spørgsmål 3 – Nærtliggende jord- eller grundvandsforurening med tetrachlorethylen

A	<p>Har kommunen kendskab til jordforureninger eller terrænnære grundvands-forureninger med tetrachlorethylen inden for en radius af 0,5 km fra omtalte bolig ? Kommunen er velkommen til at vedlægge målfast kortmateriale. Alternativt bedes angives en skønnet afstand mellem bolig og virksomhed samt en kompasretning (regnet fra omtalte bolig i retning af forureningen):</p> <p>3A1 <input type="checkbox"/> Jordforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.) Ja Nej <input type="checkbox"/> Jordforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ el. lign.) <input type="checkbox"/> Jordforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ el. lign.)</p> <p>3A2 <input type="checkbox"/> Terrænnær grundvandsforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.) Ja Nej <input type="checkbox"/> Terrænnær grundvandsforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.) <input type="checkbox"/> Terrænnær grundvandsforurening, afstand: _____ m, _____ (S, SØ, el. lign.)</p>
B	<p>Er der i forbindelse med disse forureninger foretaget målinger af udeluftens indhold af tetrachlorethylen ?</p> <p><input type="checkbox"/>Ja <input type="checkbox"/>Nej</p> <p>Hvis ”Ja” :</p> <p>- hvor, hvornår og hvilke koncentrationer af tetrachlorethylen er der påvist ?</p>

Dataregistrering besvarelse af spørgeskema bopælskommune

Init. 1b	Spørgsmål 2				Spørgsmål 3		Kommune
	2a1	2a2	2a3	2a4	3a1	3a2	
1							Odense
2	j	j	n	n	j	j	Viborg
3							Odense
4	j	j	n	n	n	n	Brønderslev
5	j				n	n	Aalborg
6	n	n	n	n	n	n	Karup
7	n	n	j	n	n	n	Bjerringbro
8	n	n	n	n	n	n	Ishøj
9	j	n	n	n	n	n	Århus
10	j	j	j	j	n	n	Horsens
11							Odense
12	j	j	n	n	j	j	Viborg
13	n	n	n	n	n	n	Dronninglund
14	n	n	n	n	n	n	Ebeltoft
15	n	n	n	n	n	n	Silkeborg
16	n	n	n	n	n	n	Gedved
17							Odense
18	n	n	n	n	n	n	Karlebo
19	n	n	n	n	n	n	Skanderborg
20	j	j	j	j	j	j	Frederiksberg
21	n	n	n	n	n	n	Horsens
22	n	n	n	n	n	n	Lejre
23	n	n	n	n	n	n	Hedensted
24	j	j	n	n	n	n	København
25							
26							

Statisk analyse

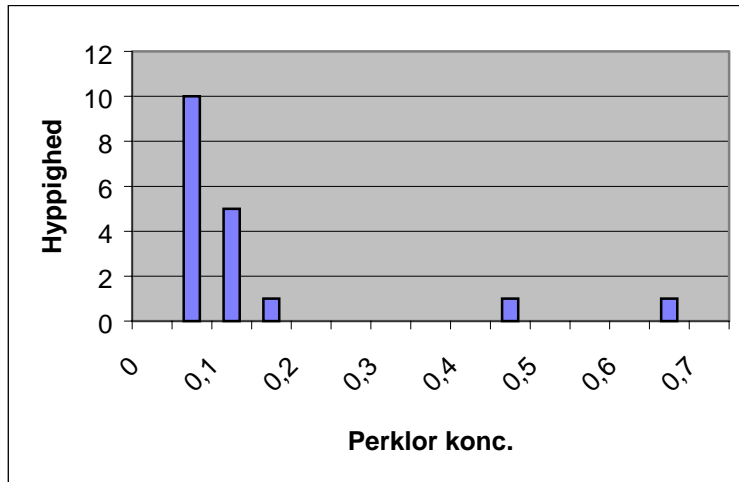
Statistisk analyse af perklor-data

De anvendte variable

Variabel	Navn	Spørgeskema-spørgsmål	Værdier
Conc	Koncentrationen af perklor		Koncentrationen i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Værdier givet som " <0.02 " blev sat til 0.01 (n=4)
Lnconc	Logaritmen til koncentrationen		Den naturlige logaritme til Conc
B_Type	Boligtype	2A	0 = lejlighed 1 = parcelhus, rækkehus eller andet
B_Belig	Boligens beliggenhed	2B	0 = Bymæssig eller industri 1 = Landzone
B_Areal	Boligens areal	2C	antal m^2
Beskaeft	Er nogen af husstandens beboere beskæftiget på virksomheder der anvender perklor?	2E	0 = nej 1 = ja
Virksom1	Findes der perklorforbrugende virksomheder (renseri eller metalforarbejdende virksomhed) indenfor en radius af 500 m?	3A	0 = nej til begge typer 1 = ja til mindste én type
Virksom2	Findes der perklorforbrugende virksomheder (renseri eller metalforarbejdende virksomhed) indenfor en radius af 2 km?	Kommune 2A1 og 2A3	0 = nej til begge typer 1 = ja til mindste én type
Udluft1	Score for udluftningsfrekvens	4A1	2 = flere gange dagligt 1 = min. én gang per dag 0.5 = ca. hver anden dag 0.2 = ca. 1-2 gange per uge 0.05 = ca. 1-2 gange per md.
Udluft2	Hyppig udluftning?	4A1	0 = Mindst én gang per dag 1 = sjældnere end en gang per dag.
Ventil1	Score for udeluftventiler	4A2-4A4	3 = i målerummet 2 = i tilstødende rum 1 = i andre rum 0 = ingen Scoren er summen af points.
Ventil2	Er udeluftventiler tilstede og anvendes i husstanden?	4A2-4A4	0 = nej 1 = ja
T_Antal	Tekstiler kemisk rensset per år	6A	antal tekstiler kemisk rensset per år
T_period	Har husstanden modtaget kemisk rensede tekstiler under eller op til 2 uger før måleperioden?	6B	0 = nej 1 = ja
T_Score	Score for tekstiler rensset under eller umiddelbart op til måleperioden	6B	Score for: Under måleperioden = 5 I ugen op til = 4 1-2 uger før = 3 2-4 uger før = 2 1-6 mdr. før = 1 ellers = 0 Scoren summeres, fx "under måleperioden" og "2-4 uger før" = 5 + 2 = 7.
T_per_m2	Tekstiler kemisk rensset årligt per kvadrater boligareal	6A/2C	$T_per_m2 = T_antal / B_areal$.

Initial dataanalyse

Plot af conc i et histogram viste, at data ikke er normalfordelte. Se figur 1. Fordelingen synes tættere på en logaritmisk normalfordeling, hvilket et histogram af $\ln(\text{conc})$ bekræftede (ikke vist). Det blev derfor besluttet at modellen skulle baseres på $\ln(\text{conc})$ fremfor conc.



Figur 1. Histogram af perklordata under $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Korrelation mellem uafhængige variable

Før den statistiske analyse blev de afhængige variable undersøgt for korrelation (afhængighed). Hvis værdierne af to uafhængige variable korrelerer er det ikke muligt at skelne effekterne for de to variable. De to variable kan erstatte hinanden i den statistiske model, uden at det ændrer modellen. Derudover kræver den statistiske modellering at der ingen korrelation er mellem værdierne af de uafhængige variable.

For dikotomiserede variable blev den indbyrdes afhængighed testet med Fischer's eksakte test. Signifikanskriterium var $P < 0.05$.

For kontinuerte variable blev den indbyrdes afhængighed undersøgt ved at teste korrelationskoefficienten.

Der blev observeret en signifikant afhængighed mellem værdierne for Virksom2 og B_Type, se tabel 1. Uforholdsvist mange ($n=4$) af de perklorforbrugende virksomheder indenfor en radius af 2 km findes for boligtypen lejligheder ($B_type=0$).

Antal observationer fordelt på B_type og Virksom2			
		Niveau for Virksom2	
		0	1
Niveau for B_type	0	0	4
	1	10	4

Tabel 1. $P=0.0229$.

Der blev ligeledes observeret en signifikant afhængighed mellem værdierne for Beskaeft og 44B_Type, se tabel 2. Næsten alle de husstande, hvor en person er beskæftiget på en perklorforbrugende virksomhed er af boligtypen lejligheder ($B_type=0$).

Antal observationer fordelt på B_type og Beskaeft			
		Niveau for Beskaeft	
		0	1
Niveau for B_type	0	0	5
	1	17	1

Tabel 2. $P < 0.001$.

Endelig blev der fundet en signifikant afhængighed (korrelation) mellem T_score og T_per_m2 . Også for gruppen af husstande, som havde modtaget kemisk rensede tekstiler under, eller op til 2 uger før, måleperioden, havde klart højere værdi for variabelen T_per_m2 .

Model

Initial model:

$$\ln \text{conc} = \mu + \beta_1 \cdot B_type + \beta_2 \cdot B_belig + \beta_3 \cdot \text{Virksom1} + \beta_4 \cdot \text{Ventil1} + \beta_5 \cdot T_period + \beta_6 \cdot \text{Ventil1} \cdot T_period + \varepsilon$$

Det blev besluttet at anvende variabelen B_type i stedet for variabelen Virksom2 (som korrelerer med B_type) idet der er flere observationer med værdier for B_type end med værdier for Virksom2 (6 manglende observationer). Modellen kan ikke teste indflydelsen fra personer beskæftiget på perklorforbrugende virksomheder, idet variabelen Beskaeft korrelerer med variabelen B_Type . Modellen kan heller ikke teste effekten af antal kemisk rensede tekstiler per år (per kvadratmeter boligareal) (variabelen T_per_m2) idet denne korrelerer med variabelen T_period (det er de samme husstande som har modtaget kemisk rensede tekstiler i måleperioden som renser de fleste tekstiler per år). Det blev besluttet ikke at inkludere variablene Udluft1 og Udluft2 , dels for de ikke er objektive, dels kan de være positivt korrelerede med antallet af kemiske rensede tekstiler per år (jo hyppigere man renser tøj, jo mere luft er der). I stedet anvendes den objektive variabel Ventil1 som et mål for luftudskiftning. Bemærk, at den initiale model inkluderer en vekselvirkning mellem Ventil1 og T_period , idet ventilationen kan forventes kun at være effektiv, når perklor-koncentrationen er høj (dvs. når der er et kemisk rensede tekstil i husstanden).

Estimer af μ og β_i blev estimeret med PROC MIXED proceduren i SAS (alle variable behandlet som "Fixed effects"). Kriterier for at fjerne en variabel: Koefficient ikke signifikant forskellig fra 0 ($P > 0.10$) og variabelen har ingen signifikant indflydelse på modelfit (vurderet ved værdien af $-2 \text{ RES LOG LIKELIHOOD}$, som er χ^2 -fordelt). Kriterium for at acceptere den lineære model er at residualerne er uafhængige af koncentrationsniveauet og er normalfordelte. Det første vurderes grafisk, det sidste testes med Anderson-Darling test (signifikanskriterium $P < 0.05$).

Endelig model:

$$\ln \text{conc} = \mu + \beta_1 \cdot B_type + \beta_4 \cdot \text{Ventil1} + \beta_5 \cdot T_period + \beta_6 \cdot \text{Ventil1} \cdot T_period + \varepsilon$$

Estimer:

Effekt	Variabel	Koefficient	Estimat	SD	df	P
Intercept	μ	-	-1.897	0.42	19	<0.001
Boligtype	B_type	β_1	-1.717	0.47	19	<0.001
Udluftventiler i husstanden	Ventil1	β_4	(0.115)	0.119	19	0.347
Tekstiler rensede under eller umiddelbart op til måleperioden	T_period	β_5	4.585	0.757	19	<0.002
Vekselvirkning	$\text{Ventil1} \cdot T_Period$	β_6	-0.623	0.33	19	0.073

Tabel 3. Estimer af modelparametre.

Beregningseksempel:

Parcelhus ($B_type = 1$), uden udluftningsventiler ($Ventil1 = 0$) og hvor husstanden i de sidste 2 uger ikke har modtaget kemisk rensede tekstiler ($T_period = 0$):

$$\ln \text{conc} = -1.897 - 1.717 \cdot 1 + 4.585 \cdot 0 - 0.623 \cdot 0 \cdot 0 = -3.614 \Rightarrow$$

$$\text{Predikteret conc} = 0.027 \mu\text{g}/\text{m}^3.$$

Bemærk, at effekten for udluftningsventiler ($\beta_4 = 0.115$) ikke indgår i beregningerne, idet den ikke er signifikant forskellig fra nul.

Hvis der findes udluftningsventiler, afhænger niveauet af hvor de er placeret. Modellen predikterer koncentrationen i det ”væsentligste opholdsrum” (stue, evt. køkken/alrum) og udluftningsventilerne vægtes efter om de er placeret i dette rum, tilstødende rum eller andre rum i huset. Tag fx et parcelhus ($B_type = 1$), med udluftningsventiler i stue (score 3) og tilstødende rum (score 2) ($Ventil1 = 3+2 = 5$) og hvor husstanden i de sidste 2 uger har modtaget kemisk rensede tekstiler ($T_period = 1$):

$$\ln \text{conc} = -1.897 - 1.717 \cdot 1 + 4.585 \cdot 1 - 0.623 \cdot 1 \cdot 5 = -2.144 \Rightarrow$$

$$\text{Predikteret conc} = 0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3.$$

Uden udluftningsventiler vil den predikterede koncentration i samme situation være $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Multiplikativ model

I stedet for at regne i logaritmer kan ovenstående model formuleres som en multiplikativ model:

$$\text{Conc} = \mu_0 \cdot f_{B_type} \cdot f_{ventil1} \cdot f_{T_period} \cdot f_{\text{vekselvirkning}}$$

hvor faktorerne har følgende værdier:

Effekt	Estimat
Basisniveau	$\mu_0 = 0.027 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.013-0.056 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boligtype	$f_{B_type} = 5.6$ (2.5 – 12.5) for lejligheder $f_{B_type} = 1$ for andre typer boliger
Ventilation	$(f_{ventil1} = 1$ for alle)
Tilstedeværelsen af kemisk rensede tekstiler i husstanden	$f_{T_period} = 98$ hvis husstanden har modtaget kemisk rensede tekstiler inden for de sidste 2 uger $f_{T_period} = 1$ ellers
Vekselvirkning mellem ventilation og tilstedeværelsen af kemisk rensede tekstiler	$f_{\text{vekselvirkning}} = 0.54^{V_score}$ hvis husstanden har modtaget kemisk rensede tekstiler inden for de sidste 2 uger ^(*) $f_{\text{vekselvirkning}} = 1$ ellers
<p>V_score er en score for udeluftventiler i husstanden. Den beregnes som summen af point for udeluftventiler, hvor der gives 3 for ventiler i opholdsrummet, 2 for ventiler i tilstødende rum, og 1 for ventiler i andre rum, og 0 for ingen ventiler. Maksimal værdi for V_score er 6.</p>	

Tabel 4. Estimerne af faktorerne er givet med 90% konfidensinterval i parenteser. (*) 90% konfidensintervallet er 0.3 – 0.95.

Diskussion

Effekten af boligtype kan skyldes større bidrag udefra i bymæssig bebyggelse fra rensier og metalforarbejdende virksomheder, eller bidrag fra omkringliggende lejligheder. Mht. til den første forklaring var variabelen Virksom1 ikke signifikant. En statistisk analyse baseret på en model med variabelen Virksom2 i stedet for B_type gav heller ikke signifikans for Virksom2. Dette kan dog skyldes, at der var mange manglende observationer for denne variabel.

Selvom de signifikante effekter ser ”naturlige” ud, så er analysen baseret på ret få observationer. Det er ikke undersøgt hvor robust den gennemførte analyse er for ændringer i en eller få af de indgående variable.

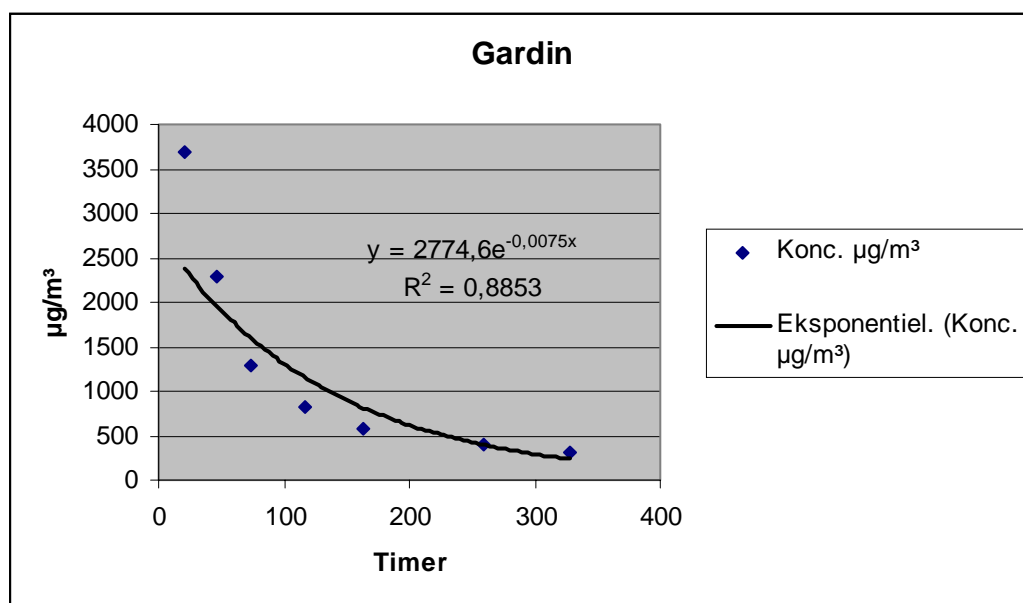
Arbejds miljøinstituttet

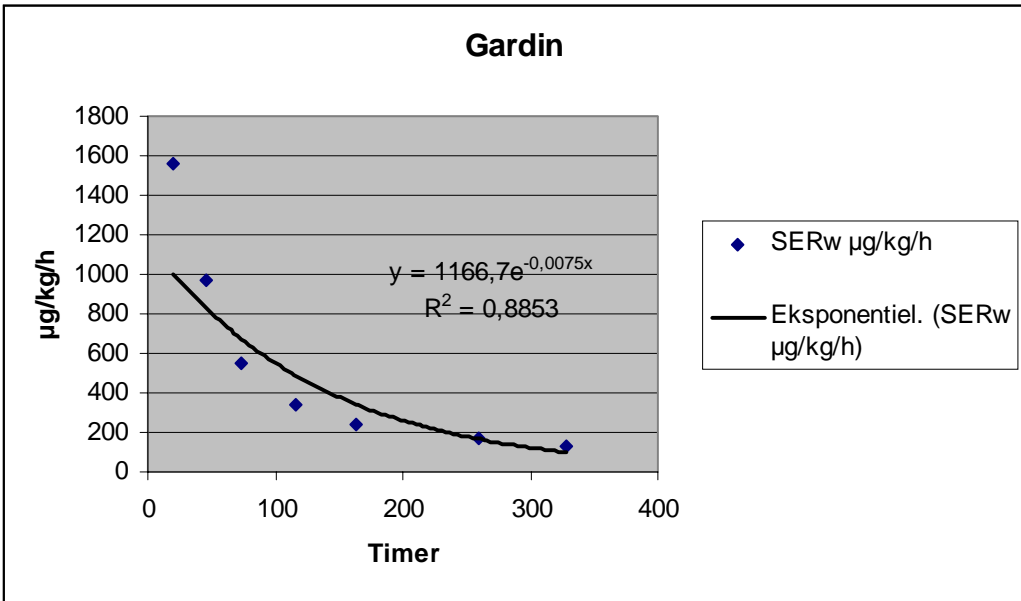
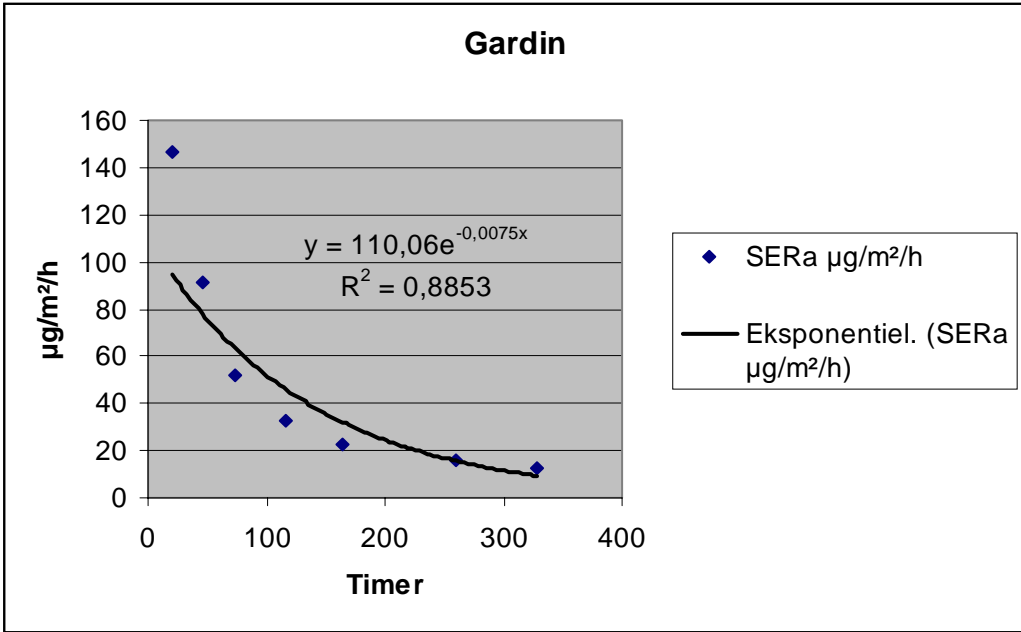
Jesper Kristiansen
19. maj 2001

Resultater af klimakammermålinger

Måleresultater, Gardin

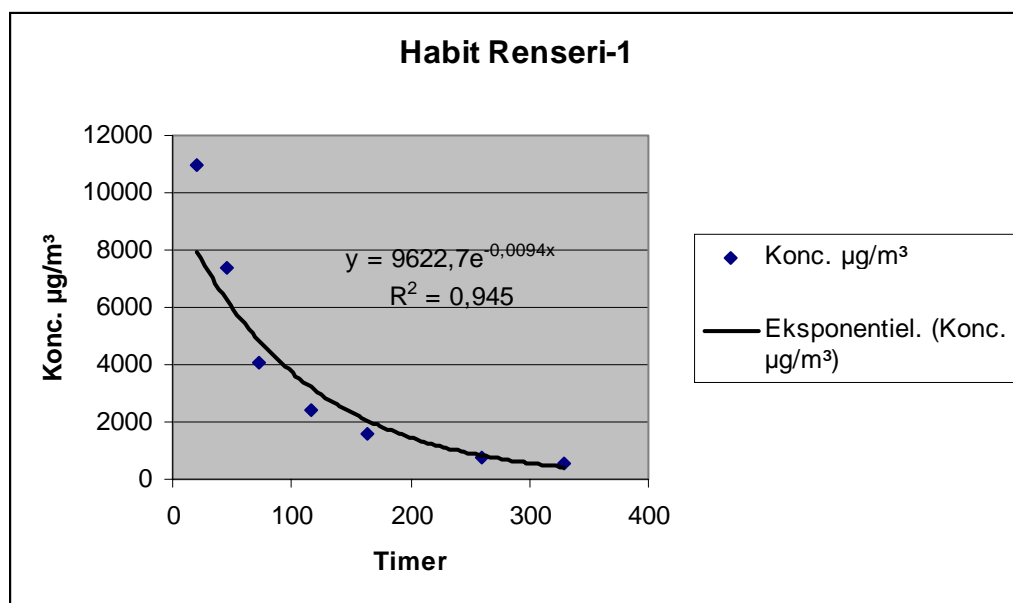
Timer	Konc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SERw $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{h}$	SERa $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$
20,45	3700	1556	147
46,33	2300	967	91
73,25	1300	547	52
116	820	345	33
163,9	580	244	23
259,75	400	168	16
328,55	310	130	12



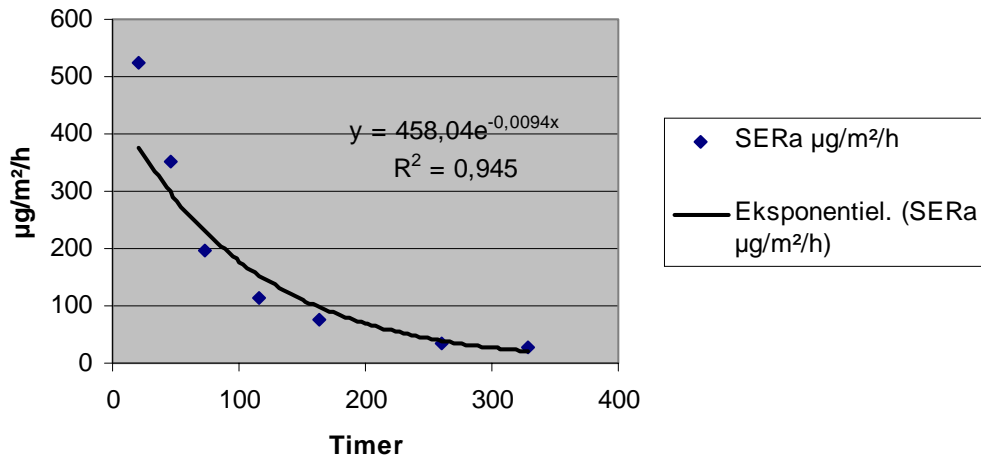


Måleresultater, Habit, Renseri-1

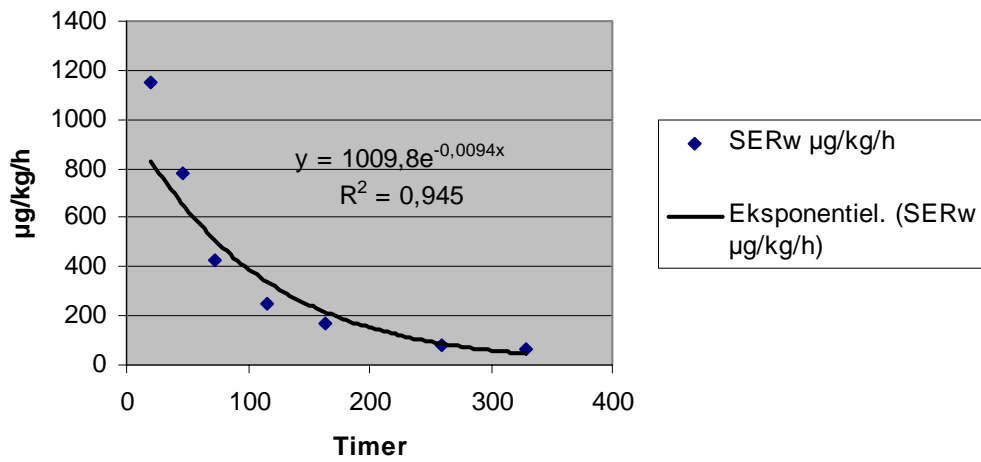
Timer	Konc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SERw $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{h}$	SERa $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$
20,6	11000	1154	524
46,35	7400	777	352
73,4	4100	430	195
116	2400	252	114
164	1600	168	76
259,8	750	79	36
328,7	580	61	28



Habit Renseri-1

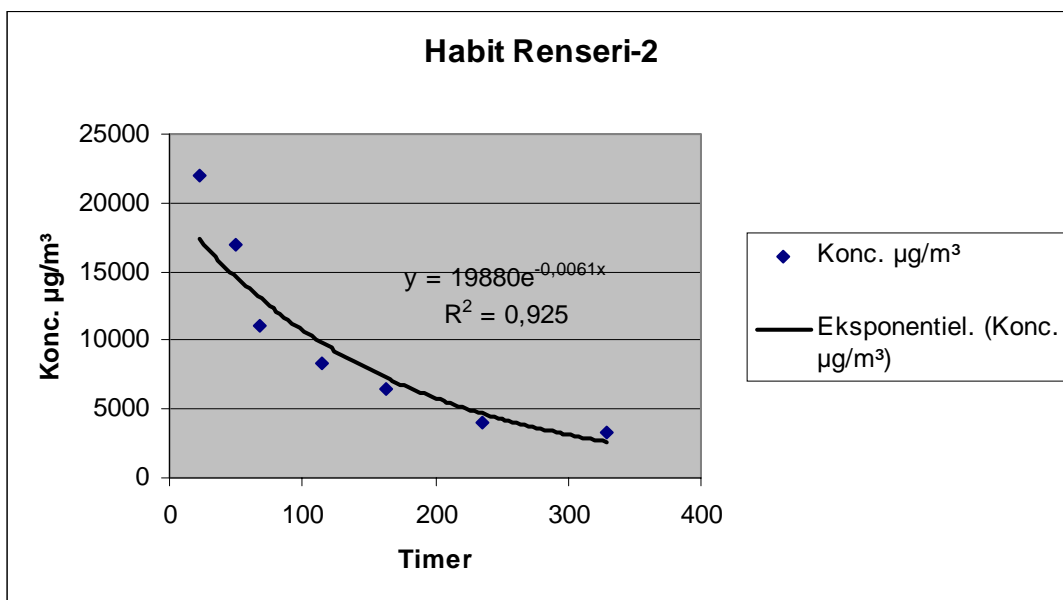


Habit Renseri-1

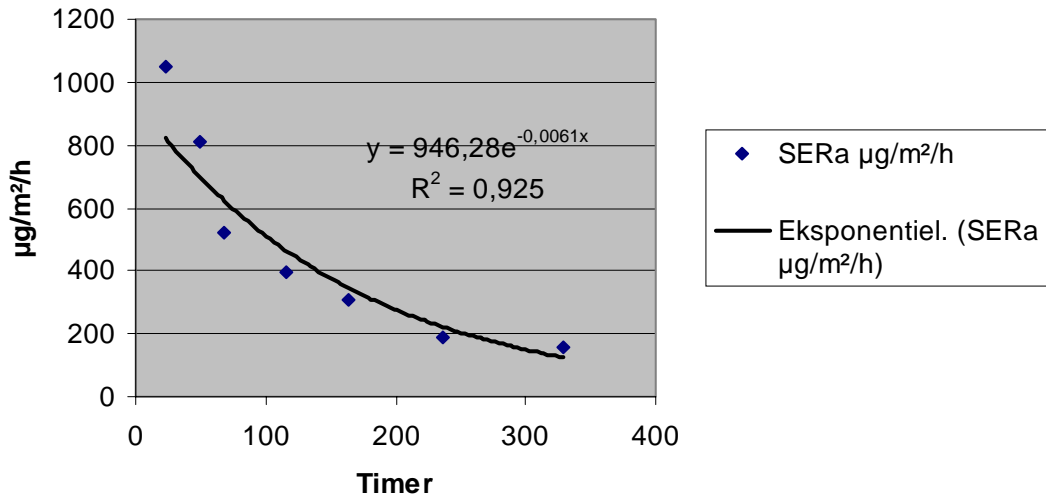


Måleresultater, Habit, Renseri-2

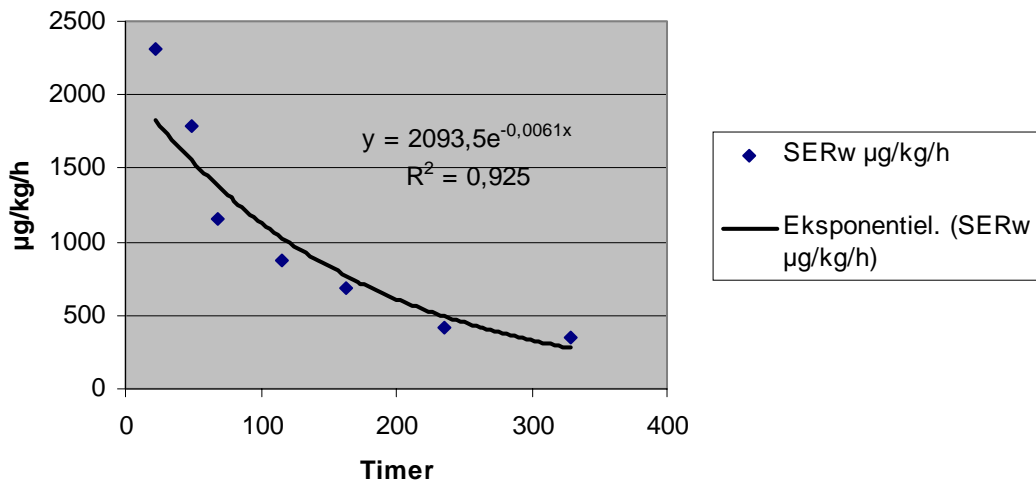
Timer	Konc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SERw $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{h}$	SERa $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$
22,4	22000	2317	1047
49,5	17000	1790	809
67,8	11000	1158	524
115,1	8300	874	395
163,3	6500	685	309
235,9	4000	421	190
328,6	3300	348	157



Habit Renseri-2

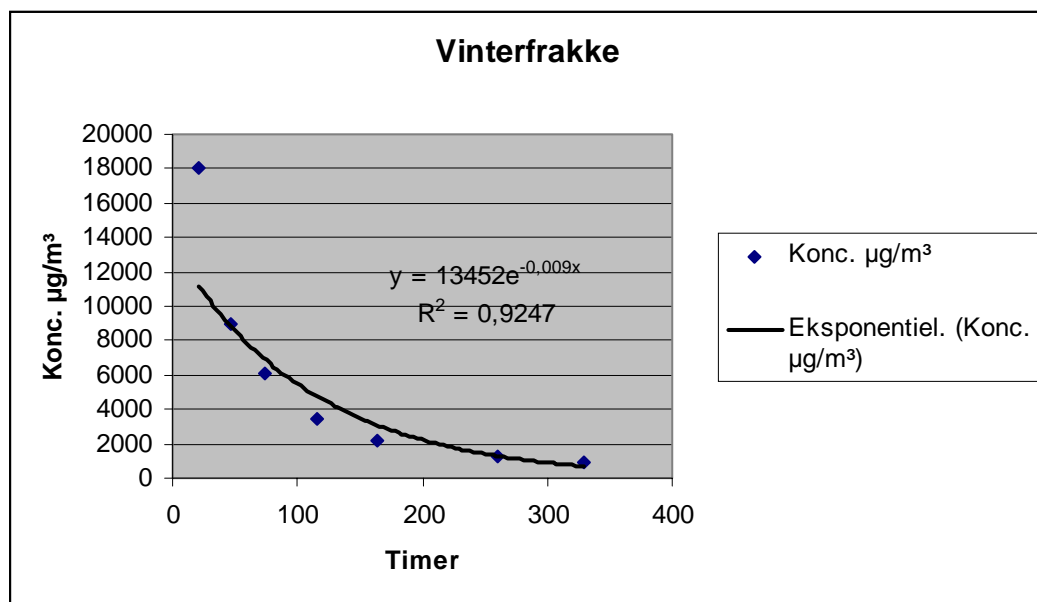


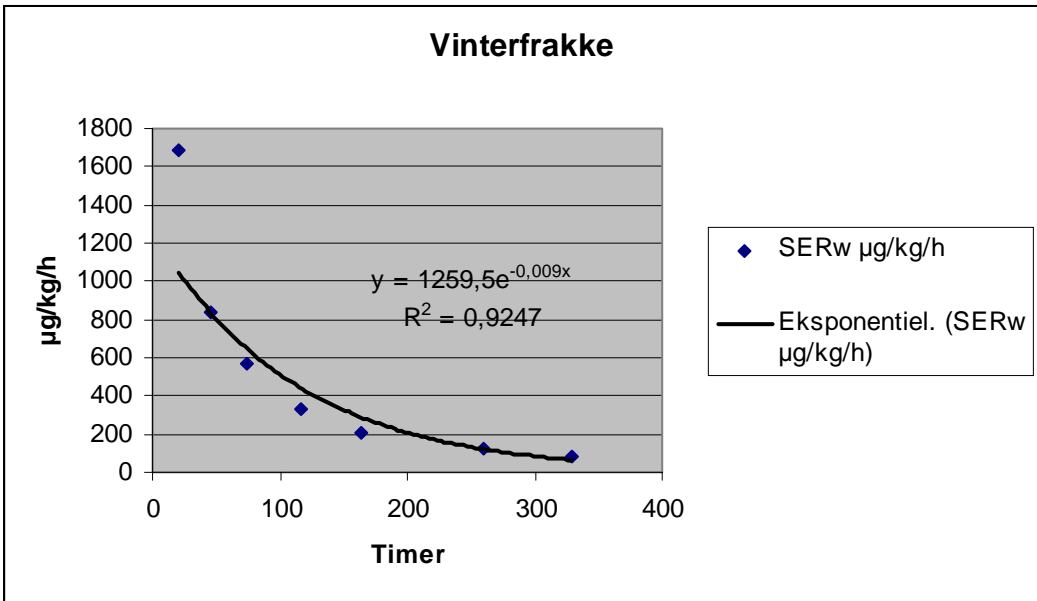
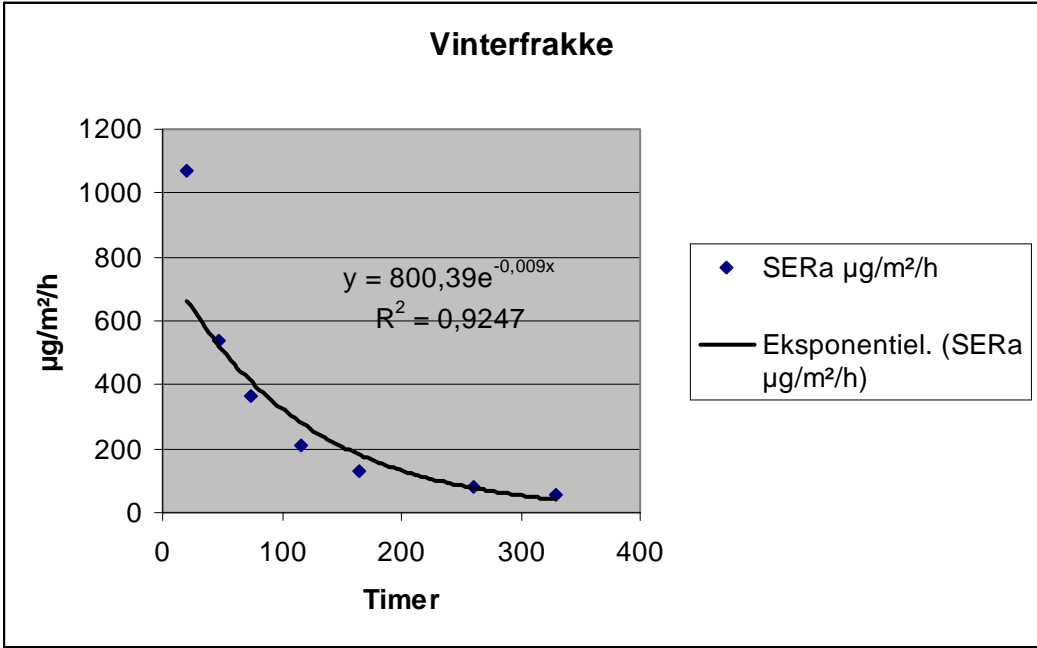
Habit Renseri-2



Måleresultater, Vinterfrakke

Timer	Konc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SERw $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{h}$	SERa $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$
20,7	18000	1685	1071
46,4	9000	843	536
73,5	6100	571	363
116,1	3500	328	208
164	2200	206	131
259,9	1300	122	77
328,7	910	85	54





Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Regneark til bestemmelse af emissionsbidrag fra rensede tekstiler og
Resulterende luftkoncentration af rensedmidler i indeluft i boliger efter introduktion af rensed tekstil

Scenarie Lejlighed, dårligt ventileret. Tilførsel af habit samt vinterfrakke. Beregning for hel bolig

Input:	Værdi	Enhed
Luftskifte i rum, N	0.4	pr. time
Volumen af rum/bolig, V	41	m ³
Ratekonstant tekstil 1, k1	0.006	pr. time
Ratekonstant tekstil 2, k2	0.009	pr. time
Startkoncentration, C _{inde,start}	0.15	µg/m ³
Initial emissionsrate T1, Ro	950.0	µg/(h*m ²)
Initial emissionsrate T2, Ro	800.0	µg/(h*m ²)
Areal af tekstil T1, A1	2.5	m ²
Areal af tekstil T2, A2	2.0	m ²

Bemærk

Der skal kun indtastes data i de gule felter ovenfor

Øvrige beregninger, tabeller og grafer dannes herudfra
Introduceres kun én type rensed tekstil sættes værdier for T2 lig "0".

Modelgrundlag

Modellen er nærmere beskrevet i rapporten

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Modellen bygger på samtidig introduktion af op til 2 typer af rensed tekstil, T1 og T2, i boligen.

For hver af tekstilerne er bestemt den initielle emissionsrate, Ro og ratekonstanten, k.

Modellen ser ud som følger:

$$C = \sum_i \left(\frac{A_i R_{o,i}}{V(N - k_i)} (e^{-k_i t} - e^{-Nt}) \right) + e^{-Nt} C_{inde,start}$$

Ved introduktion af de 2 typer rensed tekstil med tidsforsinkelsen t gøres følgende:

De beregnede koncentrationer af T1 og T2 kopieres som værdier til andet regneark.

T2-kolonen markeres og flyttes vertikalt svarende til tidsforsinkelsen. Summen af T1 og T2 bestemmes som summen af tidsmæssigt samhørende T1 og T2 værdier

KAMPSAX

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Scenarie 1

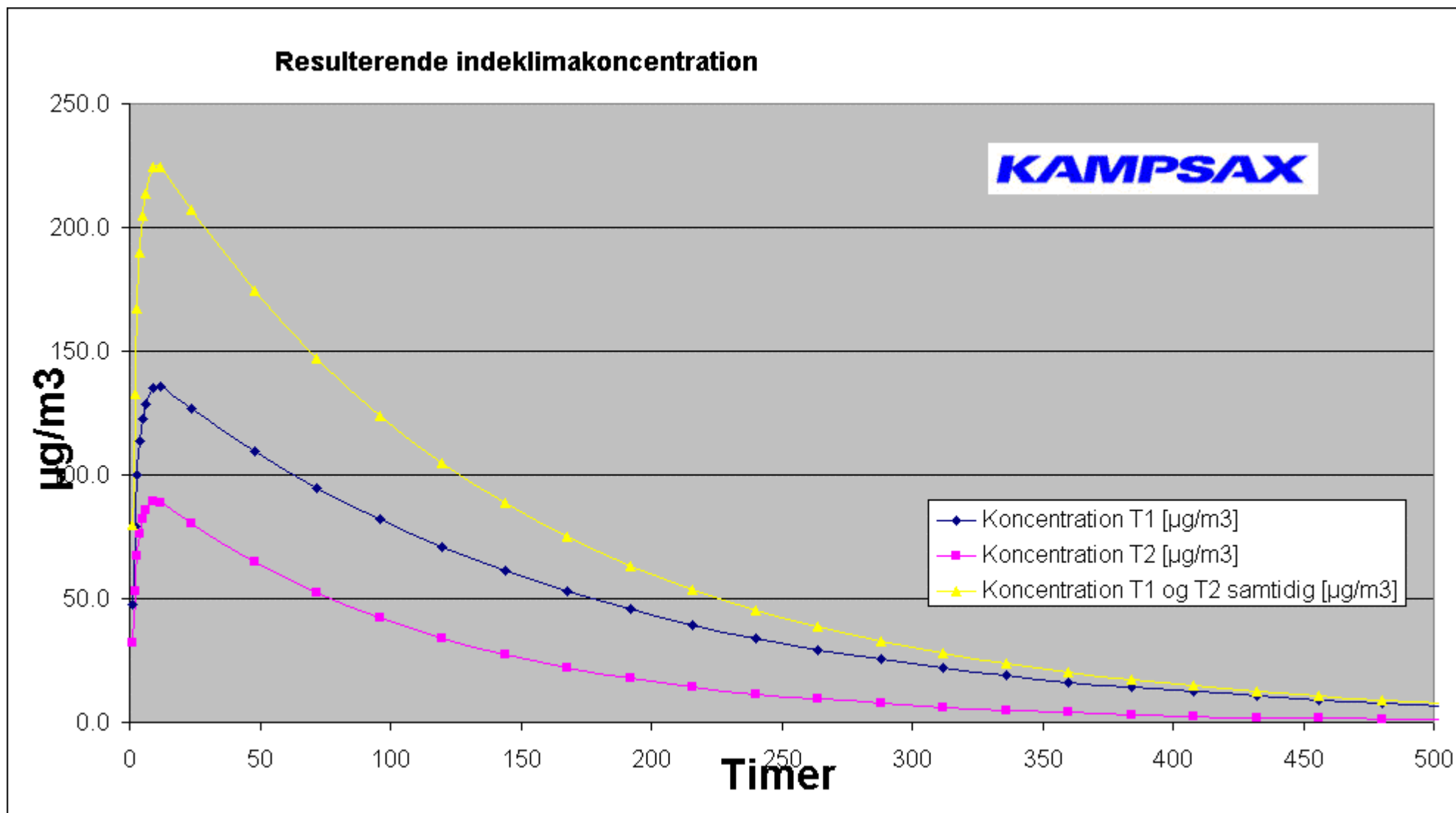
Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke

Resultater:				
Tid [timer]	Tid [timer]	Koncentration T1 [µg/m ³]	Koncentration T2 [µg/m ³]	Koncentration T1 og T2 samtidig [µg/m ³]
1 time	1	47.7	32.1	79.7
2 timer	2	79.3	53.2	132.4
3 timer	3	100.1	67.1	167.2
4 timer	4	113.9	76.2	190.0
5 timer	5	122.8	81.9	204.7
6 timer	6	128.4	85.5	214.0
9 timer	9	135.2	89.3	224.5
12 timer	12	135.5	88.8	224.2
1 dag	24	127.0	80.4	207.4
2 dage	48	109.7	64.8	174.5
3 dage	72	94.8	52.2	147.0
4 dage	96	81.9	42.1	123.9
5 dage	120	70.7	33.9	104.6
6 dage	144	61.1	27.3	88.4
7 dage	168	52.8	22.0	74.8
8 dage	192	45.6	17.7	63.3
9 dage	216	39.4	14.3	53.7
10 dage	240	34.0	11.5	45.5
11 dage	264	29.4	9.3	38.7
12 dage	288	25.4	7.5	32.9
13 dage	312	21.9	6.0	27.9
14 dage	336	18.9	4.9	23.8
15 dage	360	16.4	3.9	20.3
16 dage	384	14.1	3.1	17.3
17 dage	408	12.2	2.5	14.7
18 dage	432	10.5	2.0	12.6
19 dage	456	9.1	1.6	10.8
20 dage	480	7.9	1.3	9.2
21 dage	504	6.8	1.1	7.9
Estimeret gennemsnit over 14 dage		61	31	92

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Scenarie 1

Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke



Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Regneark til bestemmelse af emissionsbidrag fra rensede tekstiler og resulterende luftkoncentration af rensedmidler i indeluft i boliger efter introduktion af rensed tekstil

Scenarie Lejlighed, dårligt ventileret. Tilførsel af habit samt vinterfrakke. Beregning for hel bolig

Input:	Værdi	Enhed
Luftskifte i rum, N	0.4	pr. time
Volumen af rum/bolig, V	138	m ³
Ratekonstant tekstil 1, k1	0.006	pr. time
Ratekonstant tekstil 2, k2	0.009	pr. time
Startkoncentration, C _{inde,start}	0.15	µg/m ³
Initial emissionsrate T1, R _o	950.0	µg/(h*m ²)
Initial emissionsrate T2, R _o	800.0	µg/(h*m ²)
Areal af tekstil T1, A1	2.5	m ²
Areal af tekstil T2, A2	2.0	m ²

Bemærk

Der skal kun indtastes data i de gule felter ovenfor

Øvrige beregninger, tabeller og grafer dannes herudfra
Introduceres kun én type rensed tekstil sættes værdier for T2 lig "0".

Modelgrundlag

Modellen er nærmere beskrevet i rapporten

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Modellen bygger på samtidig introduktion af op til 2 typer af rensed tekstil, T1 og T2, i boligen.

For hver af tekstilerne er bestemt den initiale emissionsrate, R_o og ratekonstanten, k. Modellen ser ud som følger:

$$C = \sum_i \left(\frac{A_i R_{o,i}}{V(N - k_i)} (e^{-k_i t} - e^{-Nt}) \right) + e^{-Nt} C_{inde,start}$$

Ved introduktion af de 2 typer rensed tekstil med tidsforsinkelsen t gøres følgende:

De beregnede koncentrationer af T1 og T2 kopieres som værdier til andet regneark.

T2-kolonnen markeres og flyttes vertikalt svarende til tidsforsinkelsen. Summen af T1 og T2 bestemmes som summen af tidsmæssigt samhørende T1 og T2 værdier

KAMPSAX

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

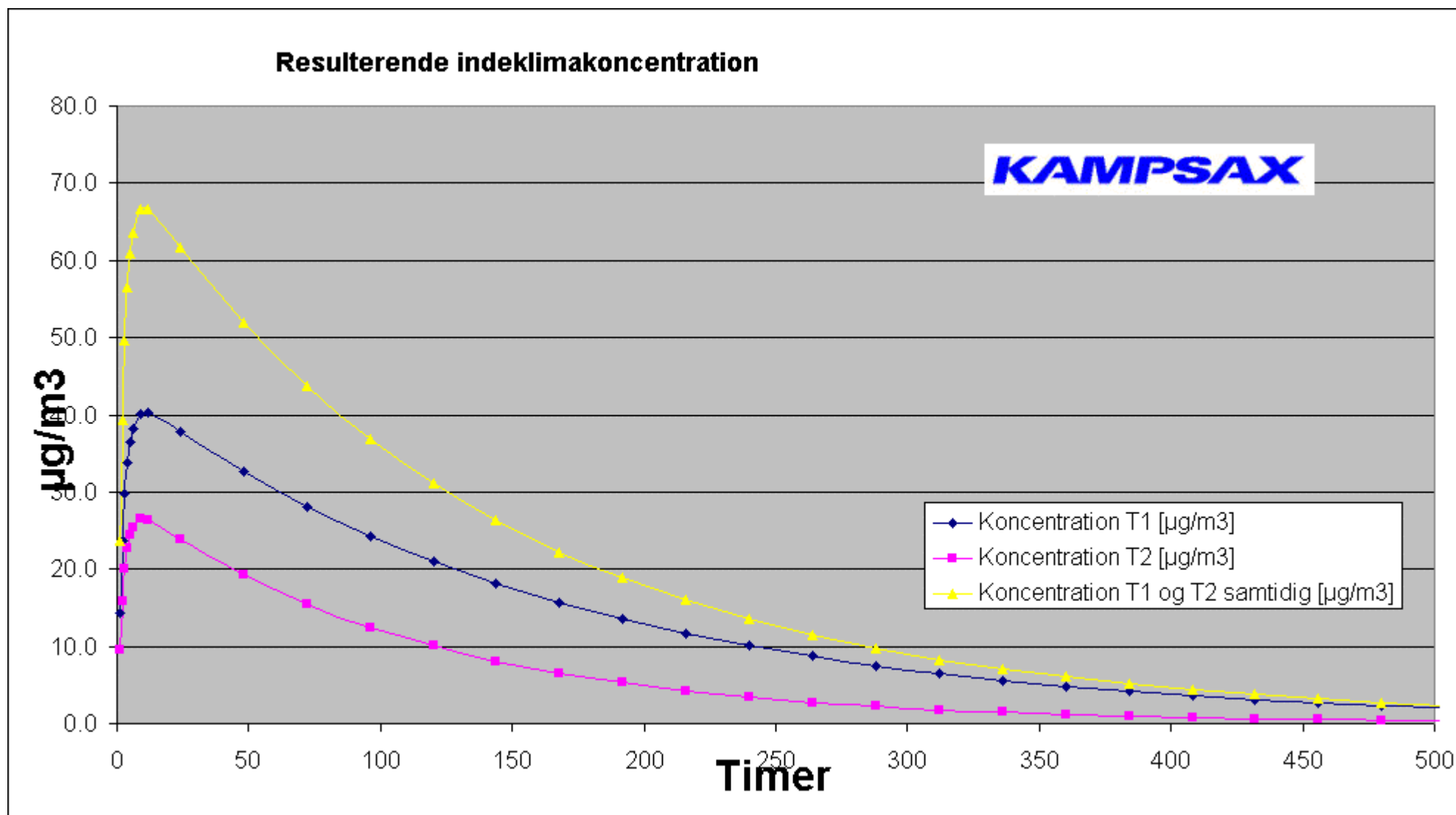
Scenarie 1 Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke

Resultater:				
Tid [timer]	Tid [timer]	Koncentration T1 [µg/m ³]	Koncentration T2 [µg/m ³]	Koncentration T1 og T2 samtidig [µg/m ³]
1 time	1	14.2	9.6	23.7
2 timer	2	23.6	15.9	39.4
3 timer	3	29.8	20.0	49.7
4 timer	4	33.8	22.6	56.5
5 timer	5	36.5	24.4	60.8
6 timer	6	38.2	25.4	63.6
9 timer	9	40.2	26.5	66.7
12 timer	12	40.2	26.4	66.6
1 dag	24	37.7	23.9	61.6
2 dage	48	32.6	19.3	51.9
3 dage	72	28.2	15.5	43.7
4 dage	96	24.3	12.5	36.8
5 dage	120	21.0	10.1	31.1
6 dage	144	18.2	8.1	26.3
7 dage	168	15.7	6.5	22.2
8 dage	192	13.5	5.3	18.8
9 dage	216	11.7	4.2	15.9
10 dage	240	10.1	3.4	13.5
11 dage	264	8.7	2.8	11.5
12 dage	288	7.5	2.2	9.8
13 dage	312	6.5	1.8	8.3
14 dage	336	5.6	1.4	7.1
15 dage	360	4.9	1.2	6.0
16 dage	384	4.2	0.9	5.1
17 dage	408	3.6	0.8	4.4
18 dage	432	3.1	0.6	3.7
19 dage	456	2.7	0.5	3.2
20 dage	480	2.3	0.4	2.7
21 dage	504	2.0	0.3	2.3
Estimeret gennemsnit over 14 dage		18	9	27

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Scenarie 1

Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke



Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Regnesark til bestemmelse af emissionsbidrag fra rensede tekstiler og resulterende luftkoncentration af rensedmidler i indeluft i boliger efter introduktion af rensed tekstil

Scenarie Lejlighed, dårligt ventileret. Tilførsel af 4 habitter og 2 vinterfrakker. Beregning for enkelt rum

Input:	Værdi	Enhed
Luftskifte i rum, N	0.4	pr. time
Volumen af rum/bolig, V	41	m ³
Ratekonstant tekstil 1, k1	0.006	pr. time
Ratekonstant tekstil 2, k2	0.009	pr. time
Startkoncentration, C _{inde,start}	0.15	µg/m ³
Initial emissionsrate T1, R _o	950.0	µg/(h*m ²)
Initial emissionsrate T2, R _o	800.0	µg/(h*m ²)
Areal af tekstil T1, A1	10.0	m ²
Areal af tekstil T2, A2	4.0	m ²

Bemærk

Der skal kun indtastes data i de gule felter ovenfor

Øvrige beregninger, tabeller og grafer dannes herudfra

Introduceres kun én type rensed tekstil sættes værdier for T2 lig "0".

Modelgrundlag

Modellen er nærmere beskrevet i rapporten

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Modellen bygger på samtidig introduktion af op til 2 typer af rensed tekstil, T1 og T2, i boligen.

For hver af tekstilerne er bestemt den initiale emissionsrate, R_o og ratekonstanten, k. Modellen er ud som følger:

$$C = \sum_i \left(\frac{A_i R_{o,i}}{V(N - k_i)} (e^{-k_i t} - e^{-Nt}) \right) + e^{-Nt} C_{inde,start}$$

Ved introduktion af de 2 typer rensed tekstil med tidsforsinkelsen t gøres følgende:

De beregnede koncentrationer af T1 og T2 kopieres som værdier til andet regneark.

T2-kolonen markeres og flyttes vertikalt svarende til tidsforsinkelsen. Summen af T1 og T2 bestemmes

som summen af tidsmæssigt samhørende T1 og T2 værdier

KAMPSAX

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

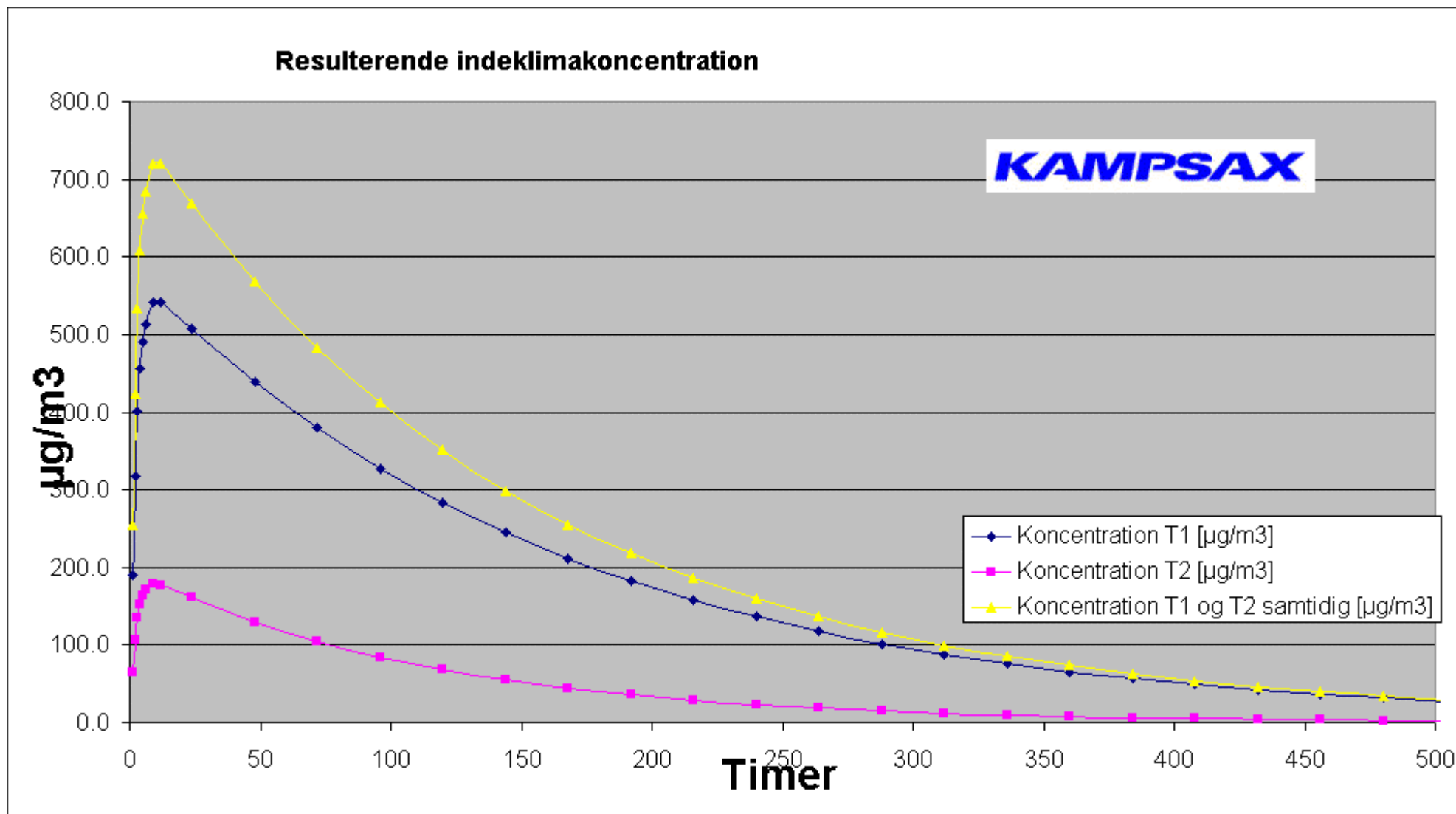
Scenarie 1 Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke

Resultater:				
Tid [timer]	Tid [timer]	Koncentration T1 [µg/m ³]	Koncentration T2 [µg/m ³]	Koncentration T1 og T2 samtidig [µg/m ³]
1 time	1	190.5	64.1	254.5
2 timer	2	316.9	106.4	423.2
3 timer	3	400.4	134.2	534.6
4 timer	4	455.3	152.3	607.6
5 timer	5	491.0	163.8	654.8
6 timer	6	513.7	171.0	684.8
9 timer	9	540.7	178.6	719.4
12 timer	12	541.9	177.5	719.4
1 dag	24	508.1	160.8	668.9
2 dage	48	438.9	129.6	568.5
3 dage	72	379.2	104.4	483.6
4 dage	96	327.5	84.1	411.6
5 dage	120	282.9	67.8	350.7
6 dage	144	244.4	54.6	299.0
7 dage	168	211.1	44.0	255.1
8 dage	192	182.4	35.5	217.8
9 dage	216	157.5	28.6	186.1
10 dage	240	136.1	23.0	159.1
11 dage	264	117.5	18.5	136.1
12 dage	288	101.5	14.9	116.5
13 dage	312	87.7	12.0	99.7
14 dage	336	75.8	9.7	85.5
15 dage	360	65.4	7.8	73.3
16 dage	384	56.5	6.3	62.8
17 dage	408	48.8	5.1	53.9
18 dage	432	42.2	4.1	46.3
19 dage	456	36.4	3.3	39.7
20 dage	480	31.5	2.7	34.1
21 dage	504	27.2	2.1	29.3
Estimeret gennemsnit over 14 dage		246	61	307

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Scenarie 1

Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke



Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Regnesark til bestemmelse af emissionsbidrag fra rensede tekstiler og resulterende luftkoncentration af rensedmidler i indeluft i boliger efter introduktion af rensed tekstil

Scenarie Lejlighed, dårligt ventileret. Tilførsel af 4 habitter og 2 vinterfrakker. Beregning for hele bolig

Input:	Værdi	Enhed
Luftskifte i rum, N	0.4	pr. time
Volumen af rum/bolig, V	138	m ³
Ratekonstant tekstil 1, k1	0.006	pr. time
Ratekonstant tekstil 2, k2	0.009	pr. time
Startkoncentration, C _{inde,start}	0.15	µg/m ³
Initial emissionsrate T1, R _o	950.0	µg/(h*m ²)
Initial emissionsrate T2, R _o	800.0	µg/(h*m ²)
Areal af tekstil T1, A1	10.0	m ²
Areal af tekstil T2, A2	4.0	m ²

Bemærk

Der skal kun indtastes data i de gule felter ovenfor

Øvrige beregninger, tabeller og grafer dannes herudfra

Introduceres kun én type rensed tekstil sættes værdier for T2 lig "0".

Modelgrundlag

Modellen er nærmere beskrevet i rapporten

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Modellen bygger på samtidig introduktion af op til 2 typer af rensed tekstil, T1 og T2, i boligen.

For hver af tekstilerne er bestemt den initiale emissionsrate, R_o og ratekonstanten, k. Modellen er udformet som følger:

$$C = \sum_i \left(\frac{A_i R_{o,i}}{V(N - k_i)} (e^{-k_i t} - e^{-Nt}) \right) + e^{-Nt} C_{inde,start}$$

Ved introduktion af de 2 typer rensed tekstil med tidsforsinkelsen t gøres følgende:

De beregnede koncentrationer af T1 og T2 kopieres som værdier til andet regneark.

T2-kolonnen markeres og flyttes vertikalt svarende til tidsforsinkelsen. Summen af T1 og T2 bestemmes

som summen af tidsmæssigt samhørende T1 og T2 værdier

KAMPSAX

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

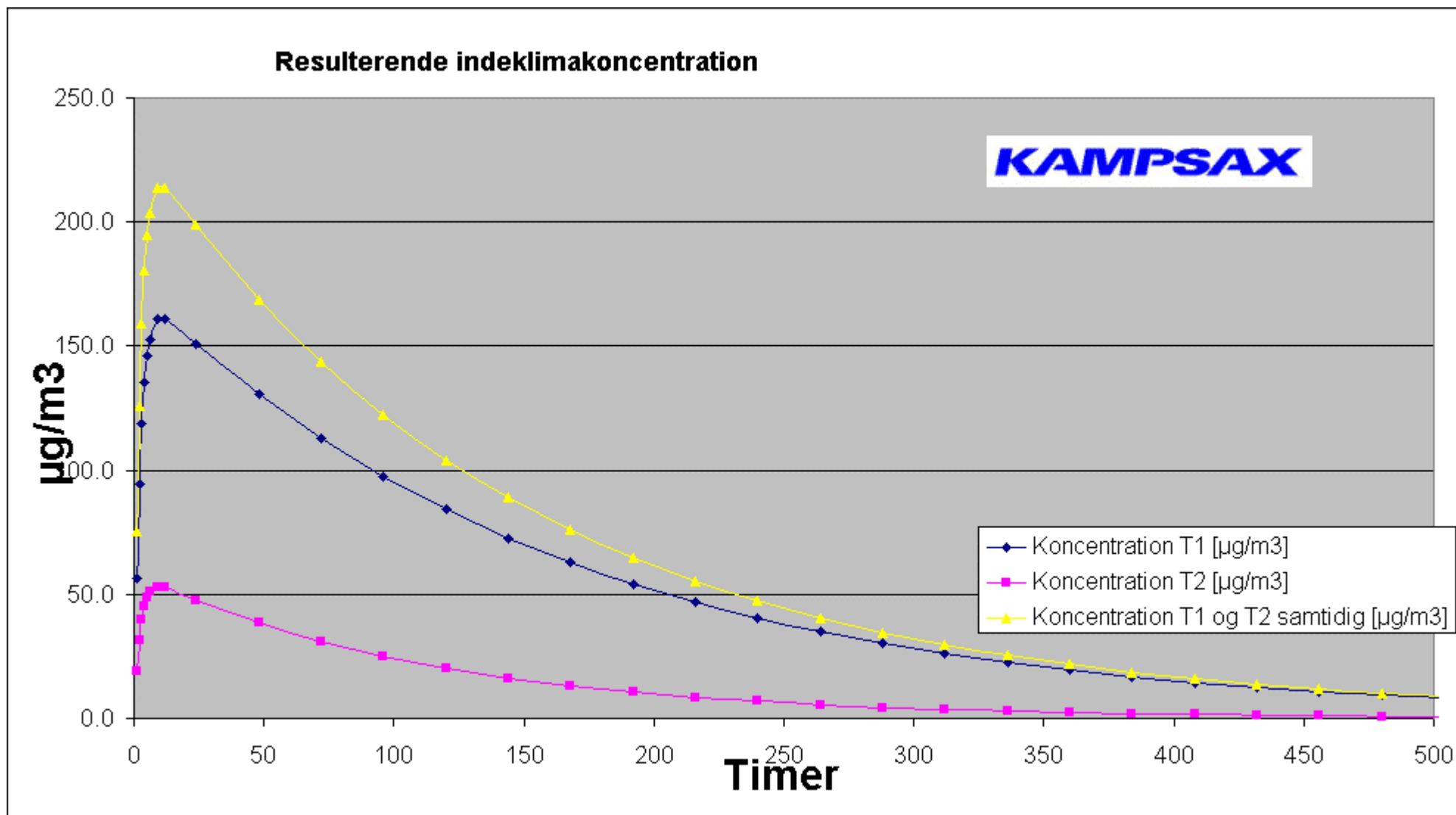
Scenarie 1 Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke

Resultater:				
Tid [timer]	Tid [timer]	Koncentration T1 [µg/m ³]	Koncentration T2 [µg/m ³]	Koncentration T1 og T2 samtidig [µg/m ³]
1 time	1	56.7	19.1	75.7
2 timer	2	94.2	31.7	125.8
3 timer	3	119.0	39.9	158.9
4 timer	4	135.3	45.3	180.5
5 timer	5	145.9	48.7	194.6
6 timer	6	152.6	50.8	203.5
9 timer	9	160.7	53.1	213.7
12 timer	12	161.0	52.7	213.7
1 dag	24	151.0	47.8	198.7
2 dage	48	130.4	38.5	168.9
3 dage	72	112.6	31.0	143.7
4 dage	96	97.3	25.0	122.3
5 dage	120	84.1	20.1	104.2
6 dage	144	72.6	16.2	88.8
7 dage	168	62.7	13.1	75.8
8 dage	192	54.2	10.5	64.7
9 dage	216	46.8	8.5	55.3
10 dage	240	40.4	6.8	47.3
11 dage	264	34.9	5.5	40.4
12 dage	288	30.2	4.4	34.6
13 dage	312	26.1	3.6	29.6
14 dage	336	22.5	2.9	25.4
15 dage	360	19.4	2.3	21.8
16 dage	384	16.8	1.9	18.7
17 dage	408	14.5	1.5	16.0
18 dage	432	12.5	1.2	13.7
19 dage	456	10.8	1.0	11.8
20 dage	480	9.4	0.8	10.1
21 dage	504	8.1	0.6	8.7
Estimeret gennemsnit over 14 dage		73	18	91

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Scenarie 1

Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke



Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Regnesark til bestemmelse af emissionsbidrag fra rensede tekstiler og resulterende luftkoncentration af rensedmidler i indeluft i boliger efter introduktion af rensed tekstil

Scenarie Parcelhus, velventileret. Tilførsel af habit samt vinterfrakke. Beregning for enkelt rum

Input:	Værdi	Enhed
Luftskifte i rum, N		1pr. time
Volumen af rum/bolig, V	115	m ³
Ratekonstant tekstil 1, k1	0.006	pr. time
Ratekonstant tekstil 2, k2	0.009	pr. time
Startkoncentration, C _{inde,start}	0.03	µg/m ³
Initial emissionsrate T1, R _o	950.0	µg/(h*m ²)
Initial emissionsrate T2, R _o	800.0	µg/(h*m ²)
Areal af tekstil T1, A1	2.5	m ²
Areal af tekstil T2, A2	2.0	m ²

Bemærk

Der skal kun indtastes data i de gule felter ovenfor

Øvrige beregninger, tabeller og grafer dannes herudfra

Introduceres kun én type rensed tekstil sættes værdier for T2 lig "0".

Modelgrundlag

Modellen er nærmere beskrevet i rapporten

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Modellen bygger på samtidig introduktion af op til 2 typer af rensed tekstil, T1 og T2, i boligen.

For hver af tekstilerne er bestemt den initiale emissionsrate, R_o og ratekonstanten, k. Modellen er ud som følger:

$$C = \sum_i \left(\frac{A_i R_{o,i}}{V(N - k_i)} (e^{-k_i t} - e^{-Nt}) \right) + e^{-Nt} C_{inde,start}$$

Ved introduktion af de 2 typer rensed tekstil med tidsforsinkelsen t gøres følgende:

De beregnede koncentrationer af T1 og T2 kopieres som værdier til andet regneark.

T2-kolonen markeres og flyttes vertikalt svarende til tidsforsinkelsen. Summen af T1 og T2 bestemmes

som summen af tidsmæssigt samhørende T1 og T2 værdier

KAMPSAX

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

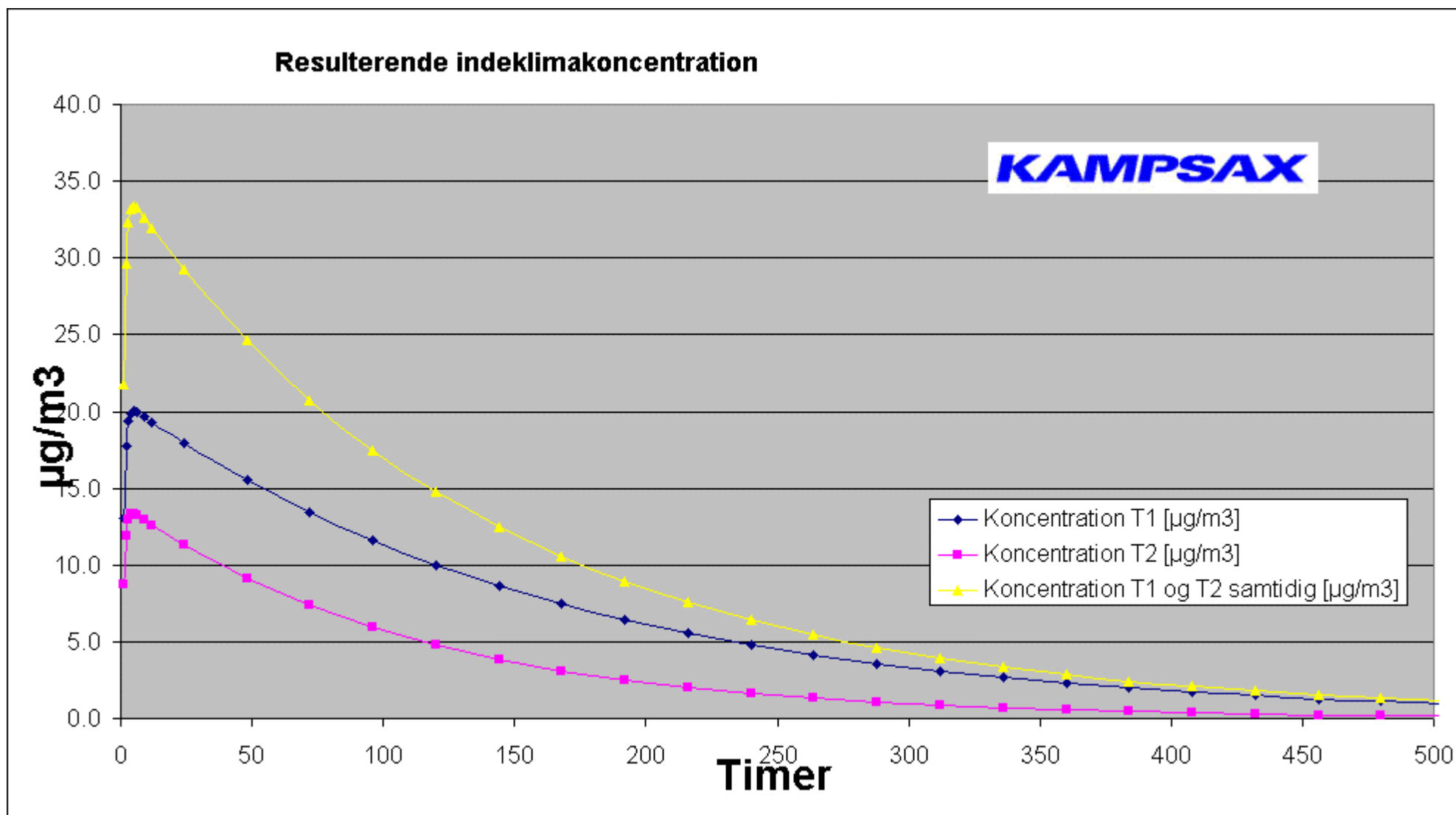
Scenarie 1 Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke

Resultater:				
Tid [timer]	Tid [timer]	Koncentration T1 [µg/m ³]	Koncentration T2 [µg/m ³]	Koncentration T1 og T2 samtidig [µg/m ³]
1 time	1	13.0	8.8	21.8
2 timer	2	17.7	11.9	29.6
3 timer	3	19.4	13.0	32.3
4 timer	4	19.9	13.3	33.2
5 timer	5	20.0	13.3	33.3
6 timer	6	20.0	13.3	33.2
9 timer	9	19.7	12.9	32.6
12 timer	12	19.3	12.6	31.9
1 dag	24	17.9	11.3	29.3
2 dage	48	15.5	9.1	24.6
3 dage	72	13.4	7.3	20.7
4 dage	96	11.6	5.9	17.5
5 dage	120	10.0	4.8	14.8
6 dage	144	8.6	3.8	12.5
7 dage	168	7.5	3.1	10.6
8 dage	192	6.4	2.5	8.9
9 dage	216	5.6	2.0	7.6
10 dage	240	4.8	1.6	6.4
11 dage	264	4.2	1.3	5.5
12 dage	288	3.6	1.1	4.6
13 dage	312	3.1	0.8	3.9
14 dage	336	2.7	0.7	3.4
15 dage	360	2.3	0.5	2.9
16 dage	384	2.0	0.4	2.4
17 dage	408	1.7	0.4	2.1
18 dage	432	1.5	0.3	1.8
19 dage	456	1.3	0.2	1.5
20 dage	480	1.1	0.2	1.3
21 dage	504	1.0	0.2	1.1
Estimeret gennemsnit over 14 dage		9	4	13

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Scenarie 1

Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke



Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Regnesark til bestemmelse af emissionsbidrag fra rensede tekstiler og resulterende luftkoncentration af rensedmidler i indeluft i boliger efter introduktion af rensed tekstil

Scenarie Parcelhus, velventileret. Tilførsel af habit samt vinterfrakke. Beregning for hele bolig

Input:	Værdi	Enhed
Luftskifte i rum, N		1 pr. time
Volumen af rum/bolig, V	300	m ³
Ratekonstant tekstil 1, k1	0.006	pr. time
Ratekonstant tekstil 2, k2	0.009	pr. time
Startkoncentration, C _{inde,start}	0.03	µg/m ³
Initial emissionsrate T1, R _o	950.0	µg/(h*m ²)
Initial emissionsrate T2, R _o	800.0	µg/(h*m ²)
Areal af tekstil T1, A1	2.5	m ²
Areal af tekstil T2, A2	2.0	m ²

Bemærk

Der skal kun indtastes data i de gule felter ovenfor

Øvrige beregninger, tabeller og grafer dannes herudfra

Introduceres kun én type rensed tekstil sættes værdier for T2 lig "0".

Modelgrundlag

Modellen er nærmere beskrevet i rapporten

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Modellen bygger på samtidig introduktion af op til 2 typer af rensed tekstil, T1 og T2, i boligen.

For hver af tekstilerne er bestemt den initiale emissionsrate, R_o og ratekonstanten, k. Modellen er ud som følger:

$$C = \sum_i \left(\frac{A_i R_{o,i}}{V(N - k_i)} (e^{-k_i t} - e^{-Nt}) \right) + e^{-Nt} C_{inde,start}$$

Ved introduktion af de 2 typer rensed tekstil med tidsforsinkelsen t gøres følgende:

De beregnede koncentrationer af T1 og T2 kopieres som værdier til andet regneark.

T2-kolonnen markeres og flyttes vertikalt svarende til tidsforsinkelsen. Summen af T1 og T2 bestemmes

som summen af tidsmæssigt samhørende T1 og T2 værdier

KAMPSAX

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Scenarie 1 Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke

Resultater:				
Tid [timer]	Tid [timer]	Koncentration T1 [µg/m ³]	Koncentration T2 [µg/m ³]	Koncentration T1 og T2 samtidig [µg/m ³]
1 time	1	5.0	3.4	8.4
2 timer	2	6.8	4.6	11.4
3 timer	3	7.4	5.0	12.4
4 timer	4	7.6	5.1	12.7
5 timer	5	7.7	5.1	12.8
6 timer	6	7.7	5.1	12.7
9 timer	9	7.5	5.0	12.5
12 timer	12	7.4	4.8	12.2
1 dag	24	6.9	4.3	11.2
2 dage	48	5.9	3.5	9.4
3 dage	72	5.1	2.8	7.9
4 dage	96	4.4	2.3	6.7
5 dage	120	3.8	1.8	5.7
6 dage	144	3.3	1.5	4.8
7 dage	168	2.9	1.2	4.0
8 dage	192	2.5	1.0	3.4
9 dage	216	2.1	0.8	2.9
10 dage	240	1.8	0.6	2.5
11 dage	264	1.6	0.5	2.1
12 dage	288	1.4	0.4	1.8
13 dage	312	1.2	0.3	1.5
14 dage	336	1.0	0.3	1.3
15 dage	360	0.9	0.2	1.1
16 dage	384	0.8	0.2	0.9
17 dage	408	0.7	0.1	0.8
18 dage	432	0.6	0.1	0.7
19 dage	456	0.5	0.1	0.6
20 dage	480	0.4	0.1	0.5
21 dage	504	0.4	0.1	0.4
Estimeret gennemsnit over 14 dage		3	2	5

Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger

Scenarie 1

Lejlighed, enkelt rum, dårligt ventileret. Tilførsel af habit 2 samt vinterfrakke

