

Slutrapport för projektet

Kompetenscentrum Byggnad - Luftkvalitet - Hälsa 2 (KLUCK 2)

Byggnadsrelaterad ohälsa i Kvarckenregionen

- nio delprojekt om miljö känslighet, luftkvalitet
och sjuka hus ur ett tvärvetenskapligt perspektiv

Byggnadsrelaterad ohälsa i Kvarkenregionen

Denna publikation är utgiven som en del av slutrapporteringen i projektet Kompetenscentrum Byggnad - Luftkvalitet - Hälsa 2 (KLUCK 2). Syftet för detta treåriga projekt var att öka kompetensen inom inomhusmiljöfrågor i Kvarkenregionen.

Utgivare: Yrkes högskolan Novia, Fabriksgatan 1, Vasa, Finland

© 2012 Martina Österberg och Yrkes högskolan Novia.

Texter: Linus Andersson, Kristian Blomqvist, Anna-Sara Claeson, Annika Glader, Berit Edvardsson, Bo Glas, Géza Fischl, Minna Kempe, Stina Lindström, Maria Nordin, Steven Nordin, Maj-Helen Nyback, Thomas Olofsson, Eva Palmquist, Tony Pellfolk, Maria Snickars, Berndt Stenberg, Anna Söderholm och Martina Österberg.

Fotografier: Bildbanken Plugi, Yrkes högskolan Novia och Umeå universitet.

Redaktör: Martina Österberg

Layout: Mikael Paananen

Tryck: Fram, Vasa 2012. En tryckt utgåva av denna bok publicerades i maj 2012.

Novia publikation och produktion, serie R: Rapporter 2/2012

ISBN: 978-952-5839-36-4

ISSN: 1799-4179

ISBN (online): 978-952-5839-37-1

Slutrapport för projektet

Kompetenscentrum Byggnad - Luftkvalitet - Hälsa 2 (KLUCK 2)

Byggnadsrelaterad ohälsa i Kvarkenregionen

- nio delprojekt om miljö känslighet, luftkvalitet och sjuka hus ur ett tvärvetenskapligt perspektiv

Innehållsförteckning

Varför ska man forska i inomhusluft?	7
KOMIN - Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa	8
Del 1: Inomhusluft ur ett hälsoperspektiv	
Hälsa - innemiljö i Österbotten	16
SBS i relation till annan miljö känslighet	30
Sjuka hus-syndromet och kroniska hälsobesvär	44
Del 2: Metoder för mätning av luftkvalitet	
SBS och luftkemi	54
Emissioner från fuktskadade konstruktioner	64
Del 3: Byggnadstekniska lösningar för bättre luftkvalitet	
Reaktiv kemi och jonisering av luft	78
Intelligent styrning och husautomation	88
Arkitektur och hälsa	102

Varför ska man forska i inomhusluft?

Vi har alla läst de tråkiga tidningsrubrikerna om skolor som utrymms eller privatpersoner vars hälsa och ekonomi ruinerats på grund av hälsovådlig inomhusluft. Komplicerade renoveringsåtgärder utförs på offentliga byggnader, skolor, daghem, sjukhus, kontor och i otaliga bostadshus utan att man alltid lyckas åtgärda den egentliga orsaken.

Den som har en någorlunda heltäckande bild av läget kan konstatera att problemen med undermålig eller hälsovådlig inomhusluft börjar anta så stora proportioner att de har national-ekonomiska konsekvenser. Sjukskrivningar, nedsatt arbetsförmåga och omfattande reparationer innebär stora kostnader för både de drabbade och samhället.

Att hitta entydiga, klara orsaker till alla de följder som dålig inomhusluft och skadade byggnader förorsakar är väldigt svårt. Det finns många faktorer som samverkar och ger upphov till olika reaktioner – vi saknar helt enkelt heltäckande mätmetoder, diagnostiseringsprocesser och tillräcklig förståelse för underliggande orsaker. Det man däremot kan förlita sig på är att människor sällan mår dåligt utan anledning; allt oftare blir slutsatsen att inomhusluften är boven i dramat.

Vårt projekt Kompetenscentrum Byggnad - Luftkvalitet - Hälsa 2 (KLUCK 2) uppstod som en reaktion på denna komplicerade problematik. Vi insåg att det behövs mer kunskap och bättre information om den dåliga inomhusluftens orsaker och effekter. Våra resultat har stärkt vår uppfattning om att byggnadsrelaterad ohälsa är ett mycket angeläget forskningsområde och att det tvärvetenskapliga samarbetet är nyckeln till att öka vår förståelse. Vårt projekt gav oss många svar, men minst lika många nya frågor. Därför behöver vi arbeta vidare med att utveckla bättre metoder för att mäta, analysera, förebygga, diagnostisera, reparera och rehabilitera.

KLUCK 2 var ett samarbete mellan Yrkeshögskolan Novia i Finland och Umeå Universitet i Sverige. Projektet innefattade åtta delprojekt samt uppbyggnaden av vårt tvärfackliga Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa, KOMIN. Under projektet har en av våra viktigaste uppgifter nämligen varit att höja kunskapsnivån om inomhusmiljö och hälsa hos både allmänheten och sådana yrkesgrupper som berörs av denna tematik i sitt dagliga arbete. KOMIN är en viktig plattform för kunskapsöverföring på bred front. Under projektets gång har vi informerat via vår webbplats, på seminarier, i dagstidningar och facktidskrifter. Inom vetenskapssamhället har vi bidragit genom att delta i konferenser och göra inlägg i vetenskapliga tidskrifter. Vi hoppas att KOMIN ska kunna fortsätta sin verk-

samhet och på så sätt öka samverkan olika branscher emellan. Ett helhetsmässigt och långsiktigt samarbete skulle troligtvis borga för bättre och friskare byggnader, där människor mår bra.

Trots att KLUCK 2 upphör kommer vi att fortsätta vårt arbete för att inomhusmiljö och hälsa ska bli ett angeläget tema på den politiska dagordningen, i media, och vissa utbildningar. I denna slutrapport har vi valt att belysa de mest intressanta aspekterna i våra nio delprojekt, så att även du som inte har expertis på området kan ta del av den kunskap och de insikter vi fått under vårt treåriga arbete.

Lärorika lässtunder!

Vasa och Umeå i mars 2012

Projektgruppen för KLUCK 2

Vi vill alla rikta ett stort tack till våra finansörer som gjorde KLUCK 2 möjligt:

Det EU-finansierade programmet Botnia-Atlantica, Umeå Universitet, Yrkeshögskolan Novia, Österbottens Förbund i Finland samt Länsstyrelsen i Västerbottens län i Sverige.

Våra delprojekt

Eftersom inomhusluft och hälsa är ett brett forskningsområde delades våra olika delprojekt in i tre temahelheter enligt inriktning.

Temahelhet 1: Inomhusluft ur ett hälsoperspektiv:

- Hälsa – inomhusmiljö i Österbotten
- SBS i relation till annan miljö känslighet
- Sjuka hus-syndromet och kroniska hälsobesvär

Temahelhet 2: Metoder för mätning av luftkvalitet:

- SBS och luftkemi
- Emissioner från fukt-skadade konstruktioner

Temahelhet 3: Byggnadstekniska lösningar för bättre luftkvalitet:

- Reaktiv kemi och jonisering av luft
- Intelligent styrning och husautomation
- Arkitektur och hälsa



Annika Glader

Projektledare vid Enheten för forskning och utveckling, Yrkehögskolan Novia.

Annika jobbar som projektledare för KLUCK 2 (2008-2012) och TEMA (2011-2013), två tvärvetenskapliga projekt med fokus på byggnad, luftkvalitet och hälsa. Den egna forskningen handlar om kemiska emissioner från byggnadsmaterial och kommer att utmytna i en licentiatavhandling vid Umeå Universitet våren 2012.

annika.glader@novia.fi



Stina Lindström

Projektsamordnare för KLUCK 2, biomedicinsk analytiker och filosofie kandidat inom pedagogik, Umeå universitet.

Stina har främst arbetat med att göra KLUCK 2 synligt på olika sätt. Hon har även planerat för seminarier, utbildningar samt för projektets framtida utveckling, verksamhet, organisation och finansiering.

KOMIN – Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa

Stina Lindström och Annika Glader

En övergripande målsättning med vårt projekt KLUCK 2 har varit att arbeta för en ökad och samlad kompetens kring kopplingen mellan byggnader, luftkvalitet och hälsa. Därför har vi byggt upp ett svenskspråkigt kompetenscentrum som ska sprida information till olika målgrupper om den forskning och evidensbaserade kunskap som anknyter till våra temaområden. Att samla både praktisk och forskningsmässig kompetens under ett och samma tak är till stor fördel när man vill informera och utbilda olika målgrupper som arbetar med eller påverkas av inomhusmiljön.

Vi vet idag att dålig kvalitet på inomhusluften leder till ohälsa, sämre produktivitet och stora kostnader för hela samhället. Det finns kända samband mellan byggnadsfaktorer, inomhusmiljö och ohälsa men för vissa typer av hälsoproblem är vår kunskap fortfarande begränsad. För att lösa problem med dålig inomhusluft bör man först få kännedom om vad det är i inomhusluften som gör kvaliteten dålig och på vilket sätt detta påverkar människors hälsa. Med fortsatt forskning, god information och kontinuerlig utbildning kan man sannolikt både minska och förebygga förekomsten av byggnadsrelaterad ohälsa, vilket troligtvis även har gynnsamma samhällsekonomiska effekter.

Inomhusluft är ett prioriterat forskningsområde i Europeiska unionens hälsostrategi. Det huvudsakliga målet för EU:s policy om luftföroreningar är att uppnå en sådan luftkvalitet som inte resulterar i oacceptabla risker för människornas hälsa. I EU-rapporten "Halvtidsöversyn av den europeiska handlingsplanen för miljö och hälsa 2004-2010" har både rådet och parlamentet fastställt att ytterligare insatser krävs på detta område. Kommissionen kommer att fortsätta stöda forskning om inomhusluftens kvalitet – framtida åtgärder kommer att vara inriktade på information till allmänheten och relevanta yrkesgrupper, utbyte av bästa praxis på nationell och lokal nivå samt samordning av aktuella åtgärder för inomhusluftens kvalitet.

Byggnadsrelaterad ohälsa är ett utbrett problem. Undersökningar i många Europeiska länder visar på långsiktiga ekonomiska, sociala och miljömässiga konsekvenser. Miljöministeriet i Finland uppskattar att 600 000-800 000 finländare dagligen utsätts för fukt- och mögelskador i bostäder, arbetsplatser eller andra offentliga byggnader och i Sverige rapporterar cirka 1,2 miljoner vuxna att de har hälsobesvär som de bedömer beror på inomhusmiljön. I Finland uppskattas dålig inomhusmiljö

årligen kosta samhället 3 miljarder euro enbart i sjukvårdskostnader. Kvaliteten på den luft som vi andas är alltså av stor betydelse för både vår hälsa och samhällsekonomi och därför är det viktigt att se till att vi lever och verkar i friska hus med frisk luft.

Kompetensen om inomhusmiljö har, efter flera års samarbete mellan Yrkehögskolan Novia och Umeå universitet, ökat i Kvarkenregionen genom aktivt utbyte av kunskap och gemensamma forskningsaktiviteter. Inom EU-projektet "Kompetenscentrum Byggnad – Luftkvalitet – Hälsa (KLUCK 1, 2004-2007) lades grunden för samarbetet mellan Finland och Sverige, under fortsättningsprojektet KLUCK 2 (2008-2012) inleddes uppbyggnaden av vårt gemensamma kompetenscentrum KOMIN.

Kompetenscentrets uppbyggnad – från idé till resultat

Hälsoproblem som orsakas av dålig inomhusmiljö bör undersökas tvärvetenskapligt och involvera personer som representerar olika vetenskapliga discipliner och yrkesgrupper. För att kunna förstå bakomliggande orsaker till sjukdom och symptom ville vi samla ett nätverk av praktisk och forskningsmässig kompetens inom temat byggnad, luftkvalitet och hälsa under ett tak. Vi utarbetade en strategi för vår kontaktskapande verksamhet med målet att bygga ett nätverk av aktörer som på olika sätt påverkar eller påverkas av inomhusmiljön. Nätverket byggdes upp genom möten med andra nordiska aktörer, deltagande i nationella och internationella konferenser och genom att arrangera lokala seminarier.

En av kompetenscentrets viktigaste uppgifter är spridning av information till olika målgrupper via webbplats, seminarier och



En del av KLUCK 2-arbetsgruppen under slutseminariet i november 2011. Upp från vänster: Geza Fishl, Berit Edvardsson, Kristian Blomqvist, Tony Pellfolk, Maj-Helen Nyback och Steven Nordin. Nere från vänster: Berndt Stenberg, Maria Nordin, Annika Glader, Minna Kempe och Bo Glas.

publikationer. Förutom att vi ville nå både allmänhet, relevanta yrkesgrupper och forskare med information har vi haft även våra egna studerande som målgrupp.

Kompetenscentrets överlevnad efter projektfinansieringens slut är beroende av att det finns personer som arbetar praktiskt med dess verksamhet och att den kostnad som det medför kan täckas inom ordinarie verksamhet. Målsättningen är dock att utreda en mer långsiktig finansiering av kompetenscentrets verksamhet.

Organisation och arbetssätt

Arbetet med kompetenscentrets uppbyggnad utfördes av en arbetsgrupp där projektsamordnaren i Sverige hade en ledande roll. Arbetsgruppen bestod av projektmedlemmar från både Finland och Sverige som vid möten utarbetade strategier och tillvägagångssätt för att nå våra uppställda mål. Anställda i projektet, både forskare, lärare och studerande, tilldelades olika ansvarsområden för att skriva texter till webbplatsen. Arbetsgruppen hade återkommande möten för att samordna alla arbetsinsatser, vilket gav en god samverkan både inom gruppen och mellan länderna.

KOMIN - centrala aktiviteter

Utmaningen med att etablera ett kompetenscentrum var att hitta en modell där tidsplan och tillgängliga resurser skulle ge optimalt resultat. Det vi framför allt ville satsa på var en i huvudsak svenskspråkig webbplats som samlade tillförlitlig tvärvetenskaplig information på ett ställe och som utgjorde en gemensam bas för den kunskap som fanns både i Finland och i Sverige.

Kompetenscentret fick namnet KOMIN - Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. Utgångspunkten vid utarbetandet av webbplatsen var att samla information om inomhusmiljö och hälsa ur ett användarperspektiv. Webbplatsens struktur byggdes upp på basis av vilken typ av information besökarna kunde tänkas ha intresse av. Informationsmaterialet sorterades in under tre huvudrubriker:

- Byggnad & Luftkvalitet
- Hälsa
- Forskning & Utbildning

Idag erbjuder webbplatsen information om exempelvis hur utomhusluften påverkar inomhusluftens kvalitet, hur olika luftföreningar såsom mögel kan påverka hälsan, vilka utbildning-

ar som finns inom området, vilken forskning som bedrivs m.m. Informationen ger besökaren en aktuell bild av kunskapsläget och var kompetensen inom respektive område finns att tillgå. Vi har i samband med våra seminarier gjort korta filmer med föreläsarna där de sammanfattar det viktigaste i sin föreläsning. Kortfilmerna har haft god genomslagskraft och varit ett uppskattat sätt att informera.

Vi kunde konstatera att tillgängliga kurser och utbildningar inom området var utspridda på många olika webbplatser. Därför har vi samlat kurser, seminarier och konferenser på vår webbplats i hopp om att informationen på detta sätt ska nå fler.

Vid utredningar av byggnader med inomhusmiljöproblematik har de olika aktörerna ofta olika infallsvinklar, vilket vanligtvis beror på skillnader i utbildning och erfarenheter. Dessa varierande synsätt leder ofta till intressanta diskussioner. Därför skapades möjligheter till interaktion mellan besökare på hemsidan. Ett Forum utformades för att allmänheten och sakkunniga skulle få möjlighet att fritt diskutera olika förhållanden i inomhusmiljön. Genom tjänsten FAQ (Frequently Asked Questions), kan man idag enkelt som besökare få svar på ofta förekommande frågor.

Kontaktskapande verksamhet

KOMIN har en stark koppling till forskning inom området och utöver forskningsenheterna vid Yrkeshögskolan Novia och Umeå universitet samverkar KOMIN med andra aktörer i syfte att skapa gott forsknings-samarbete. Vi har under projektperioden knutit kontakter såväl lokalt, nationellt som internationellt för att etablera samarbete och goda relationer. Vi har även besökt ett flertal kunniga aktörer som i dag arbetar aktivt inom området inomhusmiljö och hälsa. Besöken har genererat ökade kunskaper om olika aktörers kompetens och öppnat möjligheter för gemensamma forskningsprojekt i framtiden. Flertalet av aktörerna har även varit villiga att engagera sig i KOMIN:s nätverk. De personer vi haft kontakt med verkar i Danmark, Sverige och Finland. Vi har bl.a. besökt Statens Byggeforskningsinstitut, Videncenter for Duft- og Kemikalieoverfølsomhed vid Gentofte sjukhus och Danmarks Tekniske Universitet (DTU) i Köpenhamn, Arbets- och miljömedicinska klinikerna vid Akademiska sjukhuset i Uppsala, Sahlgrenska Universitetssjukhuset i Göteborg, Svenska Miljöinstitutet IVL i Stockholm, SP Sveriges provningsanstalt i Borås samt Miljöministeriet i Finland och FISIAQ (Sisäilmayhdistys, den nationella finska inomhusluftföreningen) i Helsingfors.

Förutom ett forskningsnätverk har KOMIN under projektperioden även haft ambitionen att bygga broar mellan forskning och olika yrkesgrupper. Detta för att främja samverkan,

underlätta erfarenhetsutbyte och kommunikation mellan olika målgrupper som i sin vardag arbetar eller berörs av frågor inom området inomhusmiljö och hälsa. Ett engagemang i nätverket KOMIN kan ge kommuner, myndigheter, byggföretag och andra aktörer ökade möjligheter till kunskapsutveckling, erfarenhetsutbyte, samarbete och inspiration.

Ett fungerande nätverk är sannolikt en av de viktigaste förutsättningarna för att kompetenscentret ska kunna vidareutvecklas efter att projektfinansieringen tar slut och bygga ett hållbart kompetenscenter där man främjar dialog och öppenhet mellan allmänhet, branschfolk och forskare

Utbildning

Vi har under projektperioden arrangerat ett antal seminarier i både Umeå och Vasa. Temat för seminarierna har varierat och intresset har varit stort. Föredragshållarna har varit såväl nationella som internationella experter med gedigen erfarenhet inom området inomhusmiljö och hälsa. Seminarierna har även varit ypperliga tillfällen att presentera våra egna forskningsresultat. Seminariedeltagarna har representerat många olika yrkesgrupper såsom hälsoinspektörer, företagshälsovårdare, arkitekter, konsulter, sanerare, fastighetsförvaltare, studerande, anställda vid Arbetsmiljöverket och försäkringsbolag etc. Deltagarantalet har i medeltal varit ca 50 personer per seminarium.

Lista över våra seminarier varav de flesta arrangerades både i Vasa och Umeå:

Våren/hösten 2009

Startseminarium om KLUCK 2-projektet.

Våren 2010

Doftkänslighet och dess relation till byggnadsrelaterad ohälsa - Multipel kemisk känslighet och sensorisk hyperreaktivitet.

Hösten 2010

Hur farligt är fukt?

Hösten 2010

Sjuk av hus - Historia om kunskap och okunskap.

Hösten 2010

Riksomfattande åtgärder mot fukt och mögel i Finland.

Våren 2011

Miljöklassning av byggnader - hur styr det arkitekten & byggprocessen mot kvaliteter i innemiljön?

Hösten 2011

Det är ytan som spelar roll - för inomhusmiljön.

Hösten 2011

Slutseminarium för KLUCK 2-projektet.

Vi har även haft föreläsningssupplett i samband med studerandekurser både vid Umeå Universitet och Yrkeshögskolan Novia samt vid ett flertal workshops och informationstillfällen. Dessa har ordnats i samarbete med bl.a. följande institutioner/yrkeshögrupper:

- Lungkliniken och Barnkliniken vid Umeå Universitetssjukhus
- Byggnads- och hälsovårdsutbildningarna vid Yrkeshögskolan Novia
- Forskare/lärare vid Arkitektshögskolan i Umeå
- Svenska kyrkans personal
- Hälsovetare vid Västerbottens läns landsting
- Gymnasieskolor i Österbotten
- Vasaregionens utveckling (VASEK)
- Umehälsan (företagshälsovård i Umeå)
- Umeå universitet (utbildning av blivande Arbetsmiljöingenjörer)
- Folkuniversitetet i Umeå
- Medicinska fakulteten vid Umeå universitet och Västerbottens läns landsting (ett samarbete som genererade öppna föreläsningar för allmänheten).

Boende i Västerbottens län erbjuds även möjligheten att i september 2011 chatta om inomhusmiljö och hälsa med KOMIN. Chatten blev mycket uppskattad och visade sig utgöra ett bra komplement till webbplatsens FAQ.

Publikationer

En av projektets uppgifter har varit att via publikationer sprida den kunskap som finns om hantering av problem med inomhusluften. Kunskapen som togs fram i projektet spreds bl.a. i populärvetenskapliga tidskrifter och facktidningar. Inom vetenskapssamhället spreds resultaten genom publikationer i vetenskapliga tidskrifter och presentationer vid vetenskapliga konferenser. På utbildningsnivå ökades och spreds kunskapen genom undersökningar och rapporter utförda av studerande.

En heltäckande, uppdaterad lista över alla publikationer finns på webbplatsen: <http://www.novia.fi/kluck/publikationer/>

KOMIN i framtiden

Ett viktigt mål har varit att under projektiden utreda hur kompetenscentrets verksamhet skall drivas och finansieras i framtiden. Trots att KOMIN verkat under kort tid ökar intresset för verksamheten för varje månad som går. Vår strävan är att säkra en långsiktig finansiering så att kompetenscentret kan bli

en tillförlitlig och aktiv informationskanal för hälsosam inomhusmiljö.

Umeå universitet har uppmärksammat KOMIN:s strävanden som ett utmärkt exempel på vad nyttiggörande av forskning kan innebära i praktiken. Därför är avsikten nu att utarbeta ett intentionsavtal där universitetet stöder idén att sprida väl underbyggd, evidensbaserad information. Detta intentionsavtal ska utgöra ett stöd i det fortsatta arbetet att söka finansiering för verksamheten. Även inom Yrkeshögskolan Novia har man prioriterat inomhusmiljö som ett forsknings- och utvecklingsområde

Slutsatser

KOMIN har genom flera olika aktiviteter bidragit till att relevant, ny och redan känd kunskap blivit tillgänglig för många målgrupper i Kvarkenregionen. Den interaktiva webbplatsen utgör idag navet i KOMIN's verksamhet och hade i oktober 2011 nästan 1200 besökare. KOMIN samlar, skriver, sorterar, länkar och publicerar evidensbaserade fakta med ambitionen att via webbplatsen göra redan känd kunskap lättillgänglig på ett och samma ställe. Under projektets gång har det även utarbetats informationsplanscher och folders som gjort det möjligt att på ett enkelt sätt sprida information om KOMIN:s existens och inriktning på mässor, föreläsningar och konferenser.



För dig som vill bekanta dig närmare med KLUCK 2 och KOMIN:
 KLUCK 2: <http://www.novia.fi/kluck/>
 KOMIN: <http://www.kominmiljo.eu/>

Förklaringar på nyckelbegrepp och -förkortningar i denna temahelhet

SBS är en förkortning av engelskans Sick Building Syndrome. I svenskan har detta begrepp översatts till sjuka hus-syndromet, ofta även kallat ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa. Termen används då man refererar till symptom som uppstår hos personer som vistas i en byggnad och som försvinner då personerna avlägsnar sig från byggnaden.

MCS kommer från engelskans Multiple Chemical Sensitivity och avser hälsobesvär som har ett samband med kemiska (luktande) ämnen i omgivningen.

IEI står för Idiopathic Environmental Intolerance och innebär en slags miljöintolerans vars orsak är oförklarad och som ofta relaterar till kemiska ämnen (används ofta synonymt med MCS)

EMF är en förkortning av elektromagnetiskt fält och avser det fält som avges från exempelvis påslagen elektrisk utrustning. Personer som är känsliga för denna strålning brukar sägas lida av EMF.

SHR (Doftöverkänslighet). Det är en form av kemisk överkänslighet som karakteriseras av symptom från ögon och luftvägarnas slemhinnor.

Coping är det begrepp som används om människans förmåga att genom olika slags handlingar försöka behärska, tolerera och minska inre och yttre belastningar för att minimera negativa följder.

Ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa se bokstavsförkortningen SBS.

Del 1

Inomhusluft ur ett hälsoperspektiv

Denna del innehåller artiklar om delprojekten:

- **Hälsa - innemiljö i Österbotten**
- **SBS i relation till annan miljökänslighet**
- **Sjuka hus-syndromet och kroniska hälsobesvär**



Maj-Helen Nyback
Doktor i hälsovetenskaper och överlärare i vårdvetenskap på Yrkehögskolan Novia.

I projektet har Maj-Helen arbetat som projektforskare med insamling, bearbetning samt analys av kvantitativa och kvalitativa data kring skolpersonalens och elevers upplevda inomhusmiljö.

maj-helen.nyback@novia.fi



Maria Snickars
Hälsovårdare och Medicine magister. Projektforskare på Yrkehögskolan Novias enhet för forskning och utveckling.

I projektet har Maria arbetat med bearbetning och analys av kvantitativa och kvalitativa data kring skolpersonalens och elevers upplevda inomhusmiljö.

maria.snickars@novia.fi



Tony Pellfolk
Sjukskötare, hälsovårdsmagister och medicine doktor. Forsknings- och utvecklingsledare på Yrkehögskolan Novia.

I projektet har Tony arbetat med bearbetning och analys av kvantitativa och kvalitativa data kring skolpersonalens och elevers upplevelse av inomhusmiljön i skolan.

tony.pellfolk@novia.fi

Hälsotillståndet hos lärare, övrig personal och elever i österbottniska skolor

– två delstudier om inomhusluftens betydelse i skolmiljön

Maj-Helen Nyback, Maria Snickars och Tony Pellfolk

Människan tillbringar största delen av sitt liv inomhus, vilket gör det viktigt att granska upplevelsen av inomhusmiljön och dess inverkan på människan. Inomhusluften har debatterats flitigt i dagstidningarna och då har fuktskadade hus ofta varit föremål för debatten. Fuktskadade hus för tanken till "sjuka hus-syndromet" och de hälsoproblem som detta syndrom ger upphov till. I flera vetenskapliga artiklar diskuteras relationen mellan psykosocial hälsa och upplevelse av dålig inomhusluft. Denna relation har även varit vårt främsta intresseområde i de delstudier som genomförts inom KLUCK 2 vid Yrkehögskolan Novias enhet för hälsovård och det sociala området i Vasa. Genom två empiriska studier ville vi kartlägga hur lärare, elever och övrig personal mår i de österbottniska skolorna i Finland.

Benämningen sjuka hus-syndrom (SBS) används då man refererar till symptom som uppstår hos personer som vistas i en byggnad och som försvinner då personerna avlägsnar sig från byggnaden. Symptomen kan bli varaktiga och kroniska om personerna vistas länge i samma byggnad. "Building-related-illness" är det begrepp som används då man kan diagnostisera en sjukdom och sjukdomen kan relateras till luftburna föroreningar eller en källa i byggnaden. Eftersom skolbyggnader ofta dras med dålig inomhusluft, beslöt vi oss för att undersöka hur mycket skolmiljön påverkar lärares och elevers hälsotillstånd.

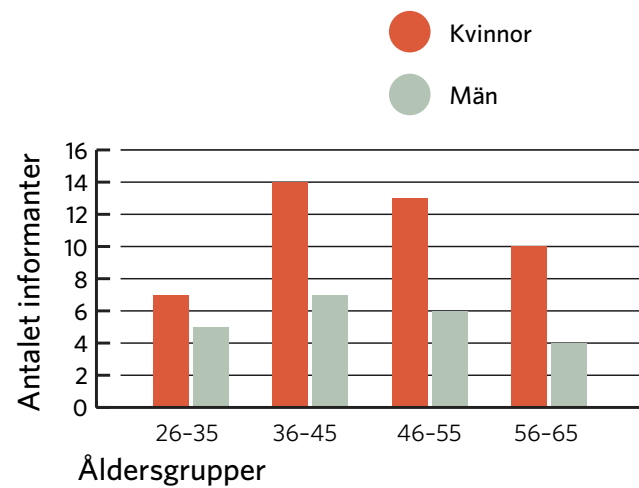
I vårt delprojekt sökte vi svar på följande frågor:

- Kan upplevd hälsa/ohälsa bland personal och elever i skolor förklaras av skolan som fysisk och social miljö?
- Hur allmänt är det att folk lider av sjuka hus-syndrom (SBS) i Österbottniska skolor?
- Bidrar luftkvalitet och därmed relaterade faktorer i väsentlig grad till skillnaderna i skolbarns och -personals självupplevda hälsotillstånd?

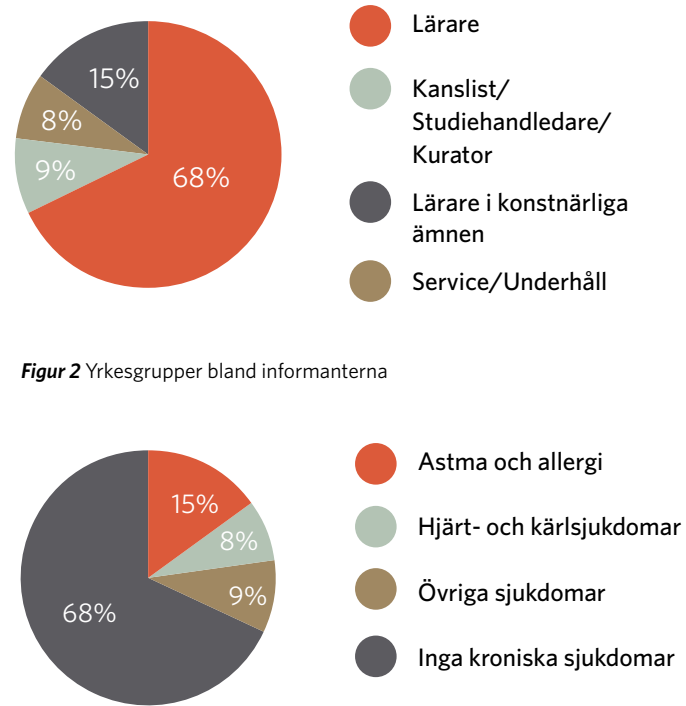
För att kunna besvara ovan nämnda frågor utförde vi två delstudier a) En intervjustudie i sju österbottniska skolor samt b) en enkätstudie bland samtliga svenska skolor i fyra österbottniska kommuner. Delstudierna engagerade 34 studerande och fem

forskare. Denna artikel presenterar våra resultat på ett allmänt plan och ger till stora delar svar på de ovan nämnda frågorna.

Vår första studie närmar sig området ur ett brett perspektiv, avsikten var att beskriva hälsotillståndet bland lärare och övrig personal i skolor i Österbotten. I intervjustudien ringade vi in olika faktorer som påverkar hälsan både på fritiden och i skolan och som kan ha relevans för hur skolan upplevs som fysisk och social miljö. Den andra, empiriska studien är en enkätstudie där vi använder oss av Örebroenkäten, ett instrument utvecklat vid Örebro universitet, som används vid studier som rör SBS. Dessutom inkluderade intervjustudien tilläggsfrågor kring faktorer som kan påverka förekomsten av SBS.



Figur 1 Ålders- och könsfördelning bland informanterna



Figur 2 Yrkesgrupper bland informanterna

Figur 3 Förekomst av kroniska sjukdomar bland informanterna

Delstudie 1: Skolpersonalens upplevelse av hälsa, välbefinnande och inomhusmiljö

Studien utfördes i högstudier och gymnasier i fyra Österbottens kommuner. I studien deltog 65 informanter bestående av lärare och övrig personal.

Demografisk beskrivning av informanterna

I figur 1-3 görs en demografisk beskrivning av informanterna samt deras ålder, kön och tidigare sjukdomar.

Läraryrket är kvinnodominerat vilket kommer till synes i att 31 % av de intervjuade är män medan 69 % är kvinnor. Detta motsvarar genomsnittet för könsfördelningen bland lärare i Finland. Beträffande ålder kan man se att åldersgruppen 36-45 år är den största och det ligger också mycket nära genomsnittet i Finland. Bland informanterna är 17 % övrig personal och deras ålder är samstämmig med lärarnas; åldersfördelningen är likadan i den gruppen.

I figur 2 särskiljs lärare i teoretiska ämnen och lärare i konstnärliga ämnen. Denna distinktion görs eftersom studien fokuserar på inomhusluft och det finns en tanke om att t.ex. dammpartiklar kan förekomma mer i slöjd- och textilsalar och att lukt och os kan förekomma mer i t.ex. undervisningskök.

Hälsotillståndet bland informanterna

I figur 3 görs en beskrivning av informanternas hälsotillstånd, både det objektivt bedömda hälsotillståndet, som beskrivs utgående från sjukdom som konstaterats av läkare, och den subjektiva bedömningen av hälsotillståndet. Beskrivningen görs utgående från ett könsperspektiv.

Bland informanterna angav 32 % att de led av en kronisk sjukdom. Detta kan jämföras med Folkhälsoinstitutets (2008) statistik från år 2007, där 40,8 % av den vuxna arbetsföra finländska befolkningen lider av någon kronisk sjukdom konstaterad av läkare. De kroniska sjukdomar som informanterna i vår studie angav är:

- astma och allergi (15 %), vilket är en högre andel än genomsnittet i Finland (enligt Folkhälsoinstitutets uppgifter (2008) lider 6,3 % av den vuxna befolkningen i Finland av astma eller andra luftvägssjukdomar)
- hjärt- och kärlsjukdomar (8 %) vilket är en lägre andel än genomsnittet i Finland (enligt Folkhälsoinstitutets uppgifter (2008) lider 31,3% av den vuxna befolkningen av hjärt- och kärlsjukdomar)
- övriga sjukdomar (9 %) till exempel reumatism eller magsjukdom.

Hälsotillstånd	Subjektivt upplevd hälsa hos kvinnor (n=45)	Gott hälsotillstånd (n=22) Gott hälsotillstånd trots hälsohinder (n=16) Nedsatt hälsotillstånd (n=7)
	Subjektivt upplevd hälsa hos män (n=20)	Gott hälsotillstånd (n=13) Gott hälsotillstånd trots hälsohinder (n=5) Nedsatt hälsotillstånd (n=2)
Faktorer (utanför arbetsplatsen) som påverkar hälsotillståndet	Faktorer som påverkar kvinnor (n=45)	Hälsosamma levnadsvanor (n=11) Hälsohinder (n=7) Balanserad livssituation (n=10) Stress i familjelivet (n=8) Inga nämnda påverkande faktorer (n=9)
	Faktorer som påverkar män (n=20)	Hälsosamma levnadsvanor (n=7) Hälsohinder (n=3) Balanserad livssituation (n=1) Stress i familjelivet (n=3) Inga nämnda påverkande faktorer (n=6)

Tabell 1 Det subjektiva hälsotillståndet

Den subjektiva upplevelsen av hälsa beskrivs utgående från de intervjuer som gjordes. Först beskrivs de kategorier som steg fram ur datamaterialet i tabellform (tabell 1). Här anges de faktorer som påverkar hälsotillståndet utanför skolan, medan bilderna 1 och 2 anger de faktorer som berör skolan som fysisk och social miljö. En del av de kategorier som nämns i tabellerna belyses därefter med citat från intervjuerna. Största delen av informanterna upplever sig ha god hälsa, trots att hälsan sätts i relation till negativa faktorer såsom trötthet och kronisk sjukdom.

"I allmänhet mår jag nog bra, jag har ju det här höga blodtrycket...sen hade jag ju en blodpropp i benet i höstas och sviterna av den märks ju nog fortfarande lite"
"Reuman är alltid värre för mig på vårkisten men jag tror att jag har liksom kommit över den biten nu, att det är liksom på bättringsvägen mot sommaren..."

Männen beskriver sig ha ett gott hälsotillstånd vilket definieras som avsaknad av sjukdom och bra fysisk kondition.

"Bra, jag mår bra...jag är frisk...jag rör på mig och jag håller igång, jag har bra hemförhållanden...efter min ålder är jag nog i bra skick."

Studien visar också att kvinnor i åldern 36-45 år anger hälsoproblem i högre grad än de övriga grupperna. Hälsohinder som nämns bland kvinnorna är allergiska symptom och astma.

"Jag är ju pollenallergiker, så jag brukar ju nog känna det sedan när björkarna blommar. Det påverkar ju nog när man är täppt i näsan."

Dålig kondition, stress, sjukdom och trötthet är de faktorer som bidrar till försämrad hälsa hos både männen och kvinnorna. Kvinnorna i åldersgruppen 56-65 år samt de yngsta eller äldsta männen rapporterar inga hälsohinder som påverkar hälsotillståndet.

Informanterna i åldersgrupperna <45 år beskriver mer familjerelaterad stress. De äldre männen anser att deras familjesituation inte är en påverkande faktor.

"Det är klart att det är intensivt med småbarnsliv och heltidsjobb och så pendlar jag även åttio kilometer om dagen".

Skolan som social miljö

Psykosociala faktorer såsom stress, hög arbetsbörda, bristande möjlighet att kontrollera sitt arbete och bristande socialt stöd är ofta förekommande hos personer med SBS. Det motiverar till en reflektion över hur skolan som social miljö beskrivs av lärare och övrig personal.

I studien kartläggs den sociala miljön utgående från hur informanterna upplever sin relation till elever, kolleger och förman. Generellt kan sägas att den sociala miljön upplevs som god och trivselsn bland personalen i de 7 österbottniska skolorna är hög.

Bland lärarna beskrivs klimatet i klassrummet som gott med ömsesidig tillit mellan lärare och elever. Tidsbristen gör sig påmind, lärare upplever att de inte har tillräckligt med tid för de elever som behöver mer stöd. Personkemin påtalas också, man avser då att samarbetet fungerar bättre med en del elever än med andra. De olika kategorierna som framgick av materialet presenteras i bild 1.

"Jag tycker att det är lätt att få kontakt med eleverna.

Avståndet lärare-elev är inte speciellt stort. Eleverna kan tala med lärarna och säkert tvärtom också."

Naturligtvis upplevs den sociala miljön också som tung och problemfylld både i relation till elever/studerande och till arbetskamrater:

"Jag tycker att det blir jobbigare och jobbigare med eleverna som har de här psykiska problemen, många har det så jobbigt hemifrån och det syns i skolan. Vi klarar inte av dem i skolan, socialen får inte heller tag i dem. Det blir ju ett större problem som tär på lärarna, man tar med hem."

"Det är stressigt att jobba med högstadieungdomar, speciellt stökiga elever som är i behov av stöd. Stressen skulle minska om det fanns mer tid för den här gruppen elever."

Männen upplever ett positivt socialt klimat och att samspelet med eleverna fungerar bra. De menar även att en god stämning i kollegiet har positiv inverkan på eleverna. Vidare lyfter informanterna fram att såväl stora som små skolor påverkar det sociala klimatet på ett bra sätt. I en liten skola känner man varandra väl och i en stor skola gynnas umgänget.

Gällande relationen till kollegorna poängterar kvinnorna att samarbetet fungerar och att man är öppen och respekterar varandra. Flera kvinnor lyfter fram att det finns olikheter i personkemin och samarbetet löper bättre med de arbetskamrater som har samma värderingar. Ensamhet i arbetet omnämns som en negativ faktor i arbetet och bidragande faktorer till ensamheten i arbetet är avsaknad av samarbetspartners i t.ex.

ämnesgrupper, olika värderingar och ålderskillnad. Männerna framhåller att de trivs på arbetsplatsen och med sina kollegor. Samarbetet inom kollegiet beskrivs som gott, men även männen lyfter fram personkemin som en viktig faktor för samarbetet. Stress i jobbet diskuteras och diskussioner kolleger emellan lyfts fram som en viktig faktor i hur man hanterar stressen.

"Det är någonting som också har blivit bättre här på senare tid. Om jag beskriver situationen som den är nu så tycker jag att vi har riktigt bra relationer. Demokratin fungerar rätt så bra och det tycker jag egentligen är det allra viktigaste på en arbetsplats."

"Om man skulle säga att man aldrig upplever stress så skulle man ju ljuga, men man måste ju också lära sig att hantera det... man måste ju se till att man har en prioritering... jag tycker nog jag kan hantera det ganska bra idag."

"Vi har ett sådant här varmt klimat, man kan misslyckas i vårt kollegium, det finns uppbackning och hjälp och diskussionspartners."

Flera kvinnor påpekar att det i relationen till närmaste förmanen finns en ömsesidig respekt, gott samarbete och rak kommunikation men en del informanter upplever en bristande ledarstil hos förmanen, resultatet är kontextbundet. De brister som omnämns är att förmanen inte alltid är lyhörd, inte tar tillvara resurser som finns hos lärarna och att denne tillbringar för lite tid med sina kollegor. Männerna uppger att samspelet till förmanen fungerar bra och att denne sköter sitt jobb. Det finns naturligtvis också utsagor som tyder på att förmanen har andra värderingar och det gör att arbetsklimatet blir dåligt.

Gott klimat i klassrummet

Ömsesidig tillit

Tidsbrist

Personkemi

Gott samarbete

Dålig ledarstil

Kommunikationen god och ömsesidig

Bild 1 Faktorer som inverkar på skolan som social miljö.



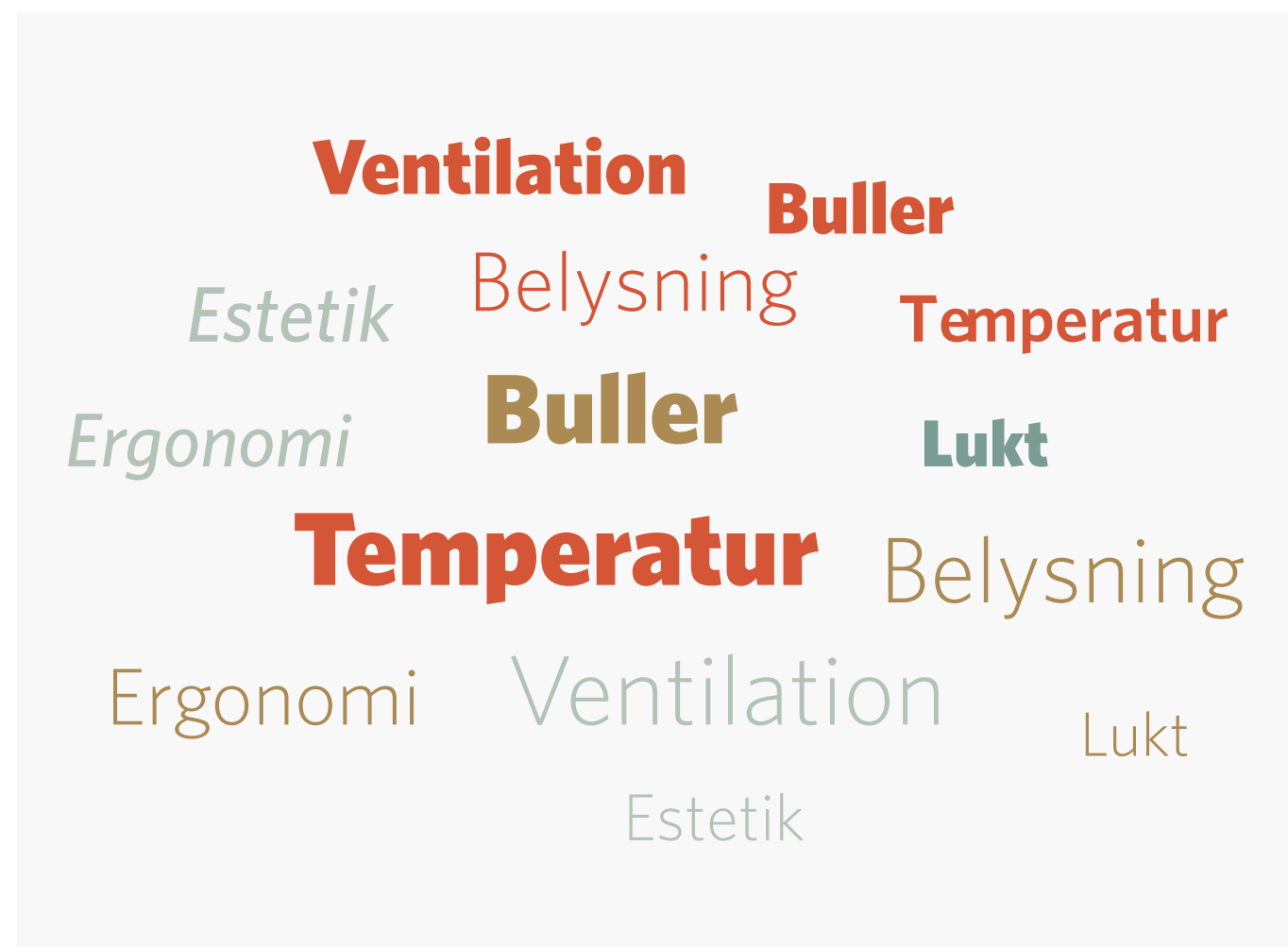


Bild 2 Faktorer som inverkar på skolan som fysisk miljö.

Skolan som fysisk miljö

Vid beskrivning av skolan som fysisk miljö läggs vikt vid ventilation, lukt, buller, ljus, temperatur och ergonomi. Lärare och övrig personal kan ange utrymmen de uppfattar har dålig inomhusluft - miljö.

Ventilation

Informanterna poängterar vikten av att kunna vädra mellan lektionerna, och de påtalar också att ventilationen inte fungerar bra. Det förekommer damm och luften beskrivs som tung och syrefattig.

"Ventilationen är ju enligt mig jättedålig. Luften är sådär allmänt tung och riktigt syrefattig..."

"Speciellt den här luftkvaliteten är riktigt bedrövlig, nu efter jul stängde gårdskarlen av ventilationen och då blev det bättre. Tidigare var det som om det skulle ha dragit upp något under från golvet, liksom luktade"

I en del skolor har ventilationen förbättrats och det uppmärksammar informanterna. Ventilationen kan variera i olika delar inom samma skola och ventilationen kan också förorsaka drag.

"Alltså, jag upplever den väldigt, väldigt mycket bättre nu än för några år sedan, för att vi fick förbättrad ventilation här för ungefär fem år sedan och då blev det märkbart bättre."

"Här finns det ingenting egentligen att klaga på... medan där i andra byggnaden så är det nog mycket usligt skulle jag säga... med ventilationen."

"Och så är det ju det här, vi har rätt så bra ventilation, men det är ju när man lägger på ventilation mera så då vill det ju bli lite dragigt förstås då istället."

Lukt

De lukter som informanterna nämner som störande är matos, tobak, svetslukt, målarfärger, avgaser från mopeder, kloak/avloppslukt samt mögellukt.

"Men det är jättemärkligt med det där luftintaget för ibland så är det rena avgaserna som kommer in och jag vet inte varifrån luften kommer... Där de parkerar mopederna och sådär så ibland kan jag känna en riktigt stark tobakslukt..."

"Jå, nå det finns lite, jag vet inte hur mögel luktar, men det finns nog någon obestämbar lukt i åtminstone det här huset där jag jobbar."

"Jag upplever ingen speciell lukt i klassrummet, än vad det i vissa fall kan komma från kemi som är på andra sidan korridoren, så där fungerar ju kanske inte utsugen så bra alla gånger heller."

"Nej, det skulle jag inte säga, ingenting annat än när det drar ur kloaken så det kan vara någon morgon när man kommer, så kan det ha dragit ur i vårt omklädningsrum och wc när det har blivit tömt så då, men annars tycker jag inte att det är något."

Temperatur

Temperaturen upplevs ofta vara för sval eller för varm, men en stor del är ändå nöjd med temperaturen på sin arbetsplats:

"...Sen så har det nu under många år varit jättebra med temperaturen i klassrummen."

"På höstarna när vi börjar, på sensomrarna är det väldigt varmt och dålig inomhusluft, och sen under vintrarna är det antingen jättekallt eller riktigt hett"

"... är det kalla vinterdagar så har vi ju ofta kallt och kyligt här, att det tänker man ju på ibland att varför det måste vara så kallt, speciellt måndagar då det har varit nedkört under helgen."

Belysning

Ljuset upplevs inte som ett stort bekymmer, fönstren är stora och belysningen är god. Mörkläggningsmöjligheterna är begränsade vilket påtalas som ett problem. Lysrören upplevs också som störande av en del informanter.

"Utifrån har vi ju ljus, vi har stora fönster, så det är riktigt bra. Belysningen är också bra, tycker jag."

"...Nästan ibland för ljus, för att på lektionerna kan det vara störande om man till exempel vill visa någon film eller så speciellt kanske ifall solen lyser på väldigt starkt, för vi har inte så bra mörkläggningsåtgärder."

"Nå, i skolor så är det ju oftast så att man har en ganska hemsk belysning. Och jag tror att många skulle må bra av om det skulle vara en lite mera dämpad belysning och inte såna här hemska ljusrör i taket."

Buller

Buller är ett problem i skolorna och hög ljudnivå i matsalen

upplevs som ett problem. Det är ett stort antal elever och personal som äter samtidigt vilket förorsakar bullret. Slöjd- och musiksalen upplevs ha för hög ljudnivå och också dåligt isolerade rum stör. Ljud från köksredskap och ventilation anges också som störande.

"Vi har en stor ventilationstrumma mitt i taket som bullrar något otroligt hela tiden."

"... Alltså med ljudnivån. Skrammel från kökspersonalen när de radar de där tallrikarna och tvättar av, alltså diskmaskinen är igång. Vi hör alltså därifrån och så de här elevernas babbler och sen kön som ringlar sig där."

"Nej... det är väl bara där nere i slöjden där det smäller och dånar..."

"Nå, det är ju väldigt lyhört... Är det mycket på gång då de far på rast och sådär så då ska man inte sitta och kanske samtala så hemskt mycket, man blir irriterad på det.. Men annars så är det nog helt okej, tycker jag"

Men det finns också informanter som inte anser att ljudnivån i skolan är störande.

"Nå buller, lider jag inte av."

"...Nog hörs det ju alltid nåt oljud nu, men inte är det något som stör inte."

Estetik

Faktorer som uppskattas i arbetsmiljön är ljusa och luftiga utrymmen, skolans planlösning, färgsättning och möjlighet att sätta egen prägel på arbetsutrymmena.

"Jag tycker att vi har en väldigt trivsamt skola. Det är intressant byggt, inte bara långa korridorer, utan det finns öppna ytor."

"Jag tycker att den är ljus, att den är trevlig och ljus, och alla de här vinklarna... och den här höjden på skolan, att det är två våningar, att det är luftigt och ljus."

Medan de största bristerna på estetikens område är att skolan är gammal och sliten, i behov av ytrenovering och att skolans utrymmen upplevs som trånga och oändamålsenliga.

"Kanske just färgsättningen, varför måste det vara så beiget eller vitt alltid i skolan. Att, okej, det är ju en neutral färg, så att på det viset är det ju säkert bra. Men jag tycker ändå att man skulle kunna laga något gult eller ljusblått eller grönt eller någonting... ha olika färger i olika klassrum så att man känner att man byter miljö då man går mellan olika klassrum."

"Sedan estetiken om man nu tänker på arkitekturen är nog bedrövlig. Med de här långa korridorerna är det nog faktiskt under all kritik, men det är ju byggt billigt."

Ergonomi

Skolans utrymmen och utrustning är också viktig för trivselen, t.ex. ställbara stolar, bra arbetsbord, tillgång till eget klassrum är faktorer som nämns. Trånga utrymmen, att ofta flytta mellan klasser och obekväma möbler anses påverka trivselen negativt.

"... Vad gäller arbetsbord och liknande och stolar så är det ju helt okej. Jag tycker att jag har fått ganska bra utrustning, och vi får de möbler vi behöver."

"Från lärarsynpunkt så är det ju jättebra att vi har ämnesrum. De allra flesta lärare undervisar sitt ämne på ett ställe och behöver inte flytta runt. Det underlättar mycket och påverkar också undervisningen, naturligtvis."

"Nej, det är det ju inte alls... Det är ju inte alls det bästa här, om man... Jag står hemskt mycket när jag undervisar och man står ju snett, man gör det ena och det andra..."

Så det kan väl inte vara så bra... Men inte skulle det väl heller vara bra att sitta låst i en position hela dagarna. Men ergonomiskt är det väl inte så bra."

"Kanske man så småningom då man blir äldre märker att elevborden är lite låga, att man skulle kunna ha, att inte man måste stå och böja sig hela tiden, att det kanske tar lite på ryggen. Och så står man hela dagarna förstås. Man hinner inte sätta sig ner inte."

Majoriteten, om än knapp, av informanterna upplever sig inte ha besvär som kan relateras till skolan som fysisk miljö (kvinnor 66 % och män 50 %) men den grupp som uttalar besvär, relaterar ofta besvären till inomhusluften. De problem som nämns är problem i luftvägarna (konstant förkylning, näsblödning, irritation), ögonsymptom, symptom från bihålorna, huvudvärk och trötthet. Dessutom omnämns rygg- och nackbesvär. De informanter som uppger att de har problem med inomhusluften antar att det beror på damm, lukt och misstänkt mögel.

"... Ganska okej, ibland tycker jag att jag märker på något sätt att, att ag skulle som ha väldigt irriterade ögon, så att de skulle som... jag vet inte om de torkar.. Eller som om det skulle sticka i ögonen.. Och också som att, att man blir så där torr i halsen och harklar och småhostar, att jaa... åtminstone så har jag inga konstaterade allergier, så att, att... det kanske skulle kunna bero på t.ex. det då."

"... Men kanske det är just på grund av eventuellt mögel som jag har här i rummet, som gör att jag känner mig som om jag skulle vara konstant förkyld. Det vill säga, jag har känslan av att jag håller på att bli förkyld, men det bryter aldrig ut."

Besvären försvinner då informanterna inte är i byggnaderna,

vilket gör att sambandet mellan upplevda besvär och skolan är starkt.

"Jag hade en undervisningsfri dag på måndag, och sen var jag i jobb bara halva tisdag. Över helgen och måndag, tisdag så blev jag väldigt bra i halsen, men sen ofta på tisdag eftermiddag och då sen på onsdag så hade jag jättesjuk hals."

"I höstas var det ganska besvärligt. Pågick säkert i 2-3 månader till och med, att jag kunde se att jag blev bättre under helgen, men när jag var i jobb på nytt då hade jag ont i halsen. Jag vet inte om det har att göra med luften ute eller vinterhalvåret eller något. Sen har jag inte upplevt något problem inte, men i höstas var det."

Informanterna kan beskriva i vilka utrymmen problemen är vanligt förekommande och anmärkningsvärt är att en ny lärare reagerar direkt på dålig luftkvalitet medan de lärare som undervisat länge har till en viss del vant sig.

"Jag misstänker att det är luftkvaliteten men jag är inte säker. Det fanns en lärare som var och vikarierade för två veckor sedan och hon sa att efter en halv timme började det klika henne i ögonen. Hon vägrade att fara in i det rummet något mer."

Slutsats

Den slutsats som kan dras av studien är att hälsotillståndet bland lärare och övrig personal överlag är gott i de aktuella skolorna. Andelen av informanter som lider av astma och allergi är högre än genomsnittet i Finland medan andelen av informanter som har hjärt- och kärlsjukdomar är lägre än genomsnittet. Informanterna ser att faktorer utanför arbetsmiljön påverkar hälsotillståndet och familjerelaterad stress orsakar trötthet.

Forskning visar att det finns ett samband mellan stress, upplevelse av negativ psykosocial miljö och SBS, därtill förekommer SBS oftare hos kvinnor i åldern 35-45. Våra resultat visar att informanterna bemästrar sin arbetssituation väl, de anger såväl främjande som hämmande faktorer som påverkar hälsan både inom skolan och utanför skolan. Generellt kan sägas att den sociala miljön upplevs som god och trivselen bland lärare och övrig personal är hög. Relationen till elever och arbetskamrater är i huvudsak god men det finns en liten grupp elever som tar mycket tid och energi. Relationen till förmannen är också god, men några negativa utsagor finns också. Man kan anta att i denna studie är de besvär som kan hänföras till skolan som fysisk miljö inte i nämnvärd utsträckning färgas av en dålig social miljö.

Beträffande skolan som fysisk miljö anges problem med

inomhusluften, ventilationen och störande lukter. Temperaturen är inte heller helt tillfredsställande och ljudnivån är hög i skolan. Informanterna påtalade också att de ofta lider av förkylning, täppt näsa, huvudvärk och ett fåtal angav också ögonsymptom. Lärare och övrig personal utsätts ständigt för infektionsrisker eftersom de kommer i kontakt med så många olika människor varje dag. Infektioner sprids lätt i skolor men lärare och övrig personal kan också peka ut olika områden i skolan som de uppfattar att har dålig lukt eller ger obehag i form av ögonirritation, torr hals eller heshet. Det finns ett stort antal studier som påvisar samband mellan vistelse i en byggnad,



vanligtvis fuktskadad, och upplevd ohälsa och att förkylningar är oftare förekommande i fuktskadade jämfört med i oskadade byggnader. Lärare kan också uttala att symptomen försvinner eller minskar då de inte är på arbetsplatsen. Man kan således dra slutsatsen att det finns indikationer på att problem med inomhusluften förekommer i en del skolor, och att även en del av de informanter som deltog i studien kan lida av symptom på SBS. Resultaten överensstämmer väl med tidigare forskning i ämnet.

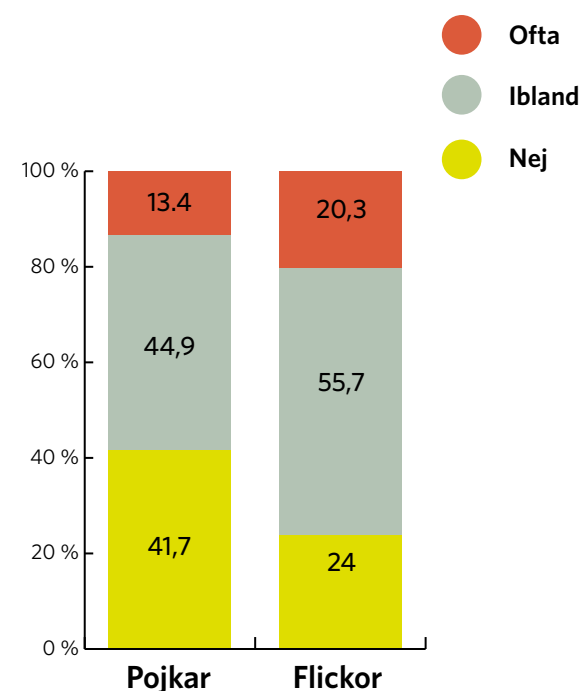
Delstudie 2: Fysisk och social miljö i österbottniska skolor

Under vintern 2009 genomfördes en omfattande enkätundersökning i de österbottniska skolorna, där vi undersökte elevernas och personalens upplevelser av inomhusmiljön samt symptom relaterade till den. Undersökningen syftar till att svara på om upplevd hälsa/ohälsa i skolan som arbetsplats kan förklaras av skolan som fysisk och social miljö. Samtidigt fås omfattande kunskap om välbefinnandet bland elever och personal i österbottniska skolor. Samtliga svenska skolor i kommunerna Larsmo, Nykarleby, Korsholm och Närpes valdes ut att delta i undersökningen.

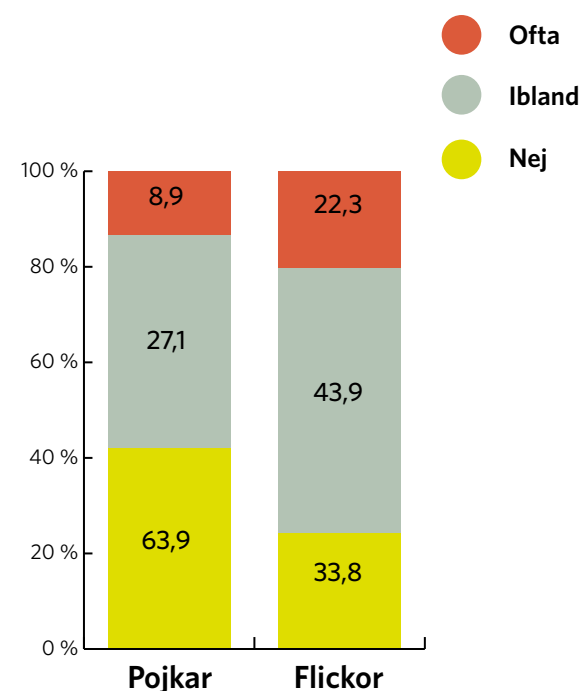
Inför studien sammanställdes två enkäter: En för eleverna i åk 9 och klass åk 3 på gymnasiet samt en annan för personalen i skolorna. Basen i enkäterna var till stora delar densamma, men personalenkäterna innehöll även frågor gällande byggnaden och huruvida fuktskador funnits tidigare.

Svarsprocenten för enkätundersökningen som helhet kan anses god: för personalenkäten låg den på 66 % och för elevenkäterna del på hela 89 %. Bland eleverna deltog sammanlagt 580 elever, varav 49,8% (282 elever) var pojkar och 51,2% (298 elever) flickor. Bland personalen svarade totalt 480 personer på postenkäten varav 18,2% (87 personer) var män och 81,8% (393 personer) kvinnor. I könsjämförelser nedan benämns eleverna som pojkar och flickor och personalen som kvinnor och män.

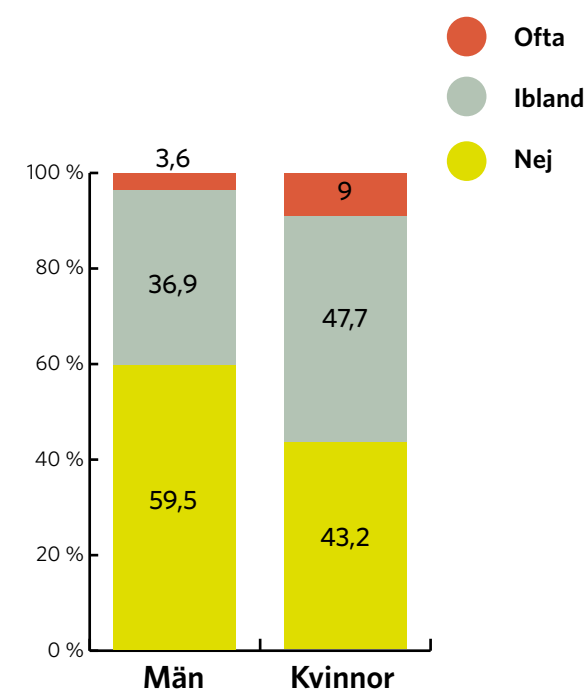
En enkät gick ut till eleverna och en annan till personalen i skolorna. I enkäten ingick frågor kring t.ex. ifall man upplevt ett antal olika symptom som kan relateras till SBS under de 3 senaste månaderna med avseende på allmänna-, slemhinne- eller hudsymptom. Instrumentet utgår från Örebroenkäten och har använts i analyserna som enskilda frågor, som en dikotom variabel "SBS" (1= lider troligen av SBS och 0= lider inte av SBS), samt som ett index mellan 0-30 poäng (om man har upplevt ett symptom ofta (2 poäng), ibland (1 poäng) och nej (0 poäng)). Högre poäng på SBS-index innebär en högre förekomst av symptom. Den dikotoma variabeln SBS



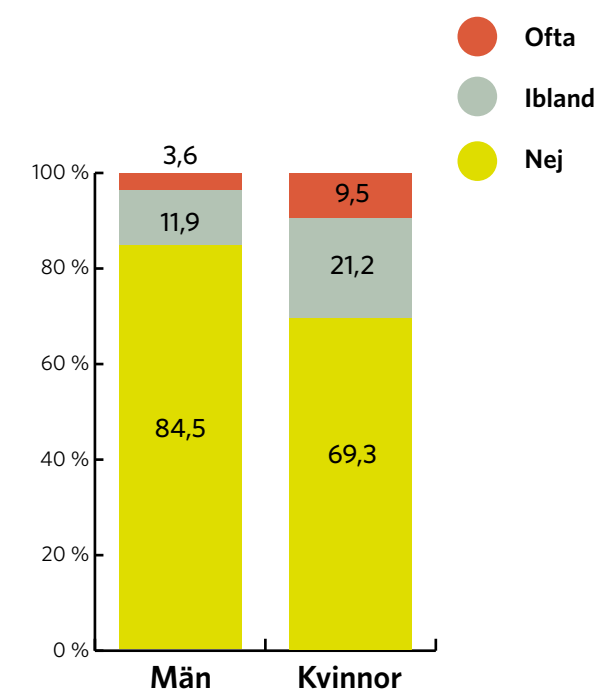
Figur 4 Upplevelse av huvudvärk de senaste 3 månaderna.



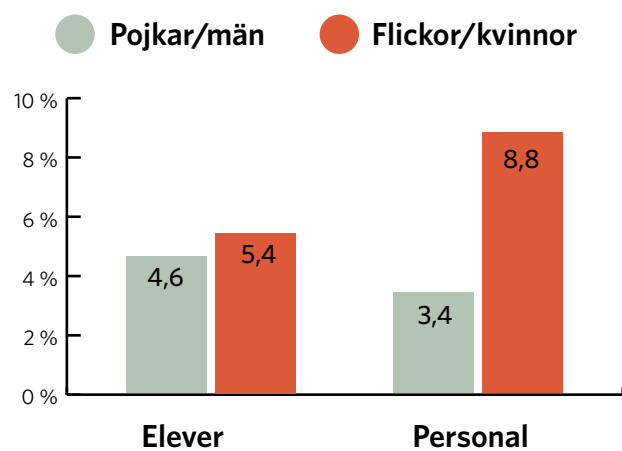
Figur 5 Upplevelse av torr hud i ansiktet de senaste 3 månaderna.



Figur 6 Upplevelse av huvudvärk de senaste 3 månaderna.



Figur 7 Upplevelse av kliande/irriterade ögon de senaste 3 månaderna.



Figur 8 SBS index poäng 0-30 hos elever och hos personal

innebär att personen skall ha, ofta eller varje vecka, minst 1 av 5 allmän symptom (t.ex. trötthet, huvudvärk), minst 1 av 5 slemhinnesymptom (t.ex. kliande/irriterade ögon, heshet eller halstorrhet) samt minst 1 av 5 hudsymptom (t.ex. ansiktsrodnad, klåda på kroppen). Vidare innehöll enkäten frågor kring personernas upplevelse av den fysiska inomhusmiljön, t.ex. ifall man upplever luften som torr, instängd, att det luktar instängt eller om skol-/arbetsmiljön är trevlig. Den sociala miljön, t.ex. frågor kring trivseln i skolan och mobbning ingick även i enkäten.

Könsskillnader i upplevelse av symptom relaterade till SBS

Tidigare forskning visar att SBS är vanligare bland kvinnor än bland män och vid analys av det insamlade materialet visades att SBS-symptom är aningen vanligare hos flickor än hos pojkar. Bland flickorna uppvisar 5,4% tecken på att lida av SBS jämfört med 4,6% bland pojkarna. Bland personalen var skillnaden aningen större 8,8% hos kvinnorna och 3,4% hos männen, dock var skillnaden inte heller signifikant bland personalen.

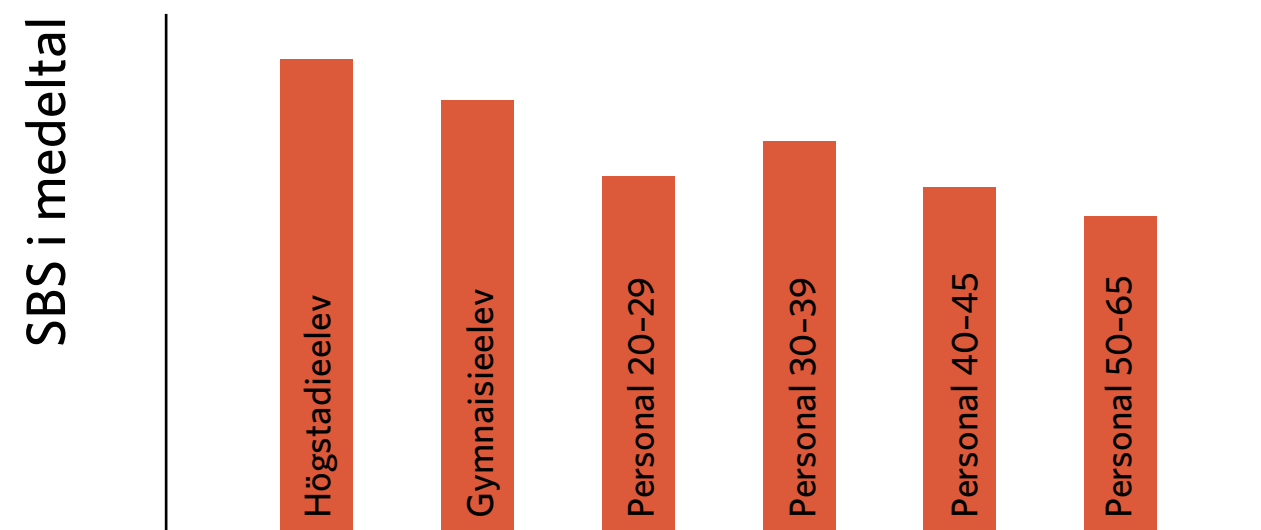
I analyser, där vi tittat på symptom enskilt, visar analyserna att trötthet, tung i huvudet, huvudvärk, illamående/yrsel, torr hud i ansiktet samt klåda/torrhet/rodnad på händerna är vanligare hos flickor än bland pojkar, medan irriterad/täppt/rinnande näsa, ansiktsrodnad samt klåda på kroppen är vanligare hos pojkar. Analyserna visar ingen signifikant skillnad mellan könen gällande symptom som koncentrationssvårigheter, kliande/irriterade ögon, torr näsa, heshet/torr hals, hosta eller klåda/eksem i hårbotten eller örongångar.

Motsvarande analyser bland personalen visar att huvudvärk, kliande/irriterade ögon, torr hud i ansiktet, ansiktsrodnad samt klåda/torrhet/rodnad på händerna är vanligare hos kvinnor än bland män medan illamående/yrsel är vanligare hos män. Analysen visar ingen signifikant skillnad mellan könen gällande symptom som trötthet, tung i huvudet, koncentrationssvårigheter, torr näsa, irriterad/täppt/rinnande näsa, heshet/torr hals, hosta, klåda/eksem i hårbotten eller örongångar samt klåda på kroppen. Bland eleverna är det sammanfattningsvis 9 symptom som är signifikant åtskilda mellan könen medan det bland personalen är 6 symptom som skiljer sig signifikant. Exempel på symptom som skilde sig signifi-

kant pojkar och flickor emellan var upplevelse av huvudvärk (Figur 4) och upplevelse av torr hud i ansiktet (Figur 5). Hos personalen är förekomsten av huvudvärk och upplevelse av kliande/irriterade ögon vanligare bland kvinnorna än bland männen (se Figur 6 och 7). Förekomsten av SBS symptom är vanligare hos elever än hos personalen (se Figur 8). Den totala mängden symptom visar tendens till att minska med ålder men denna skillnad är icke signifikant (figur 9).

Könsskillnader i upplevelsen av den fysiska miljön

I analysen av den fysiska miljön bland eleverna sågs större skillnader mellan pojkar och flickor; exempelvis upplever flickor i högre grad än pojkar att luften känns torrare, att det är kallare och dragigare inomhus, att ljudnivån är mer störande samt att belysningen är lämpligare och skolmiljön trevligare. Bland personalen är det endast variabeln för "kallt inomhus" som skiljer sig mellan män och kvinnor, kvinnor upplever inomhusmiljön som kallare än männen.



Figur 9 SBS i medeltal hos elever och personal

Könsskillnader i upplevelsen av den sociala miljön

I analysen av den sociala miljön bland eleverna sågs också större skillnader mellan flickor och pojkar än mellan män och kvinnor hos personalen. Bland eleverna trivs flickor bättre i skolan och med skolarbetet än vad pojkar gör, medan pojkar känner sig mer mobbade än flickorna. Flickorna upplever också att de kommer bättre överens med lärare, övrig personal och med andra skolkamrater än vad pojkar gör. Vidare upplever flickor i större utsträckning att de hinner göra hemläxor, men samtidigt att de har dåligt samvete för saker de inte hinner göra på fritiden p.g.a. att skolarbetet tar tid. Bland personalen upplever kvinnor en större trivsel på arbetsplatsen och med arbetet än vad männen gör. Kvinnor upplever att samarbetet med arbetsledningen fungerar bättre samt att samarbetet med elevernas föräldrar fungerar bättre än vad männen upplever att det gör. Kvinnor upplever också att de hinner med det de förväntas göra och att arbetsbördan är mer rättvist fördelad än vad männen upplever att den är.

Sammanfattning av enkätundersökningen

Det finns en tendens att skillnaden mellan pojkar och flickor (elever) är större än skillnaden är mellan män och kvinnor (personal) beträffande symptom på sjuka hus-syndrom och upp-

levelsen av både den fysiska och den psykiska miljön. Dock var andelen personer med symptom på SBS vanligare hos kvinnorna. Resultaten visar att det är viktigt när man studerar arbets- och/eller skolmiljö att vara medveten om skillnaden mellan män och kvinnor/pojkar och flickor. Denna skillnad mellan könen har tidigare identifierats i studier: kvinnor lider av fler symptom relaterade till inomhusmiljö än män.

Resultatet visar också att det finns en tendens till minskade symptom på sjuka hus-syndrom med ökande ålder, d.v.s. att lägst värde på SBS-index uppvisades bland informanter mellan 50 och 65 år och högst förekomst bland elever på 9:e årskursen i högstadiet.

Tillkännagivande:

Vi vill speciellt tacka de lärare, elever och övrig personal som deltagit i Kluck 2 projektets undersökningar och som därmed deltagit i kunskapsökningen inom området. Ett varmt tack också till Projektforskare Annika Wentjärvi som skött om det praktiska med enkätundersökningen, samt lektor Ralf Lillbacka och sjukskötartuderande som skötte om inkomningen av materialet.

För dig som vill läsa mer om hälsoproblem som förorsakas av sjuka hus

Brasche, S., Bullinger, M., Morfield, M., Gebhardt, J. Bishof, W. 2001. Why do Women Suffer from Sick Building Syndrome more often than Men? Subjective Higher Sensitivity versus Objective Causes, *Indoor Air* 11: (217-222).

Eriksson, N & Stenberg B. 2006. Baseline prevalence of symptoms related to indoor environment *Scandinavia Journal of Public Health* 34: (387-396)

Farone, Rosing & Scheel (2001) Possible sources of Sick Building Syndrome in a Tennessee Middle School. *Archives of Environmental Health*, 56(05), 413-417

Glas Bo. Methodological aspects of unspecific building related symptoms research. Doktorsavhandling. Umeå Universitet

Husman, T., Meklin, T., Vepsäläinen, A., Vahteristo, M., Koivisto, J., Halla-aho, J., Hyvärinen, A., Koponen, V. & Nevalainen, A. 2002. Respiratory infections among children in moisture damaged schools. *Indoor Air*, 484-487

Hyvärinen, A., Husman, T., Laitinen, S., Meklin, T., Taskinen, T., Korppi, M. & Nevalainen, a. 2003 Microbial Exposure and Mold-Specific Serum IgG Levels among Children with Respiratory Symptoms in 2 School Buildings. *Archives of Environmental Health*, 58 (5) 275 - 282

Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B6/2008 (2008). Suomalaisen aikuisväestön terveystiläytymisen ja terveystiläytymisen, kevät 2007. Helsingfors: Yliopistopaino.

Li, C-S., Hsu, C-W. & Tai, M-I (1997) Indoor Pollution and Sick Building Syndrome Symptoms among Workers in Day Care Centers. *Archives of Environmental Health* 52(3), 200-207

Marmot, A.F., Eley, J., Stafford, M.; Stansfeld, S. A. Warwick, E.; 2006. Building health: an epidemiological study of "sick building syndrome" in the Whitehall II study. *Occupational Environmental Medicine*, 63(4): 283-289

Myntti, A. 2005 Renovering av en lågstadieskola som en intervention i Vasa, Finland. Elevernas upplevelse av inomhusklimatet och besvär samt symptom i två lågstadieskolor. *Nordiska högskolan för folkhälsovetenskap MPH* 2005:21

Patovirta, R-L., Meklin, T., Nevalainen, A. & Husman, T. 2004 Effects of mould remediation on school teachers' health. *International Journal of Environmental Health Research*, 14(6), 415-427

Reijula, K & Sundman-Digert C, 2004. Assessment of indoor air problems at work with a questionnaire. *Occupational and environmental medicine*. 61: (33-38)

Shoemaker R.C., House D.E. 2006. Sick building syndrome (SBS) and exposure to waterdamaged buildings: time series study, clinical trial and mechanisms.



Steven Nordin
Professor i psykologi vid
Institutionen för psykologi,
Umeå universitet

Steven undervisar vid Umeå universitet bl a inom områdena forskningsmetodik, hälsopsykologi och sensorisk psykologi. Hans forskning rör främst medicinsk psykologi som avser inomhusmiljö och hälsa, men även patologiska och åldersrelaterade förändringar av lukt- och smaksinnena.
steven.nordin@psy.umu.se



Eva Palmqvist
Doktorand i psykologi vid
Umeå universitet.

I projektet har Eva arbetat med en enkätstudie som utförts i Västerbotten (Miljöhälsostudien i Västerbotten). Syftet med studien är bland annat att få insikt i olika miljö känsligheters utbredning samt hur de samråder med varandra men även med olika psykologiska tillstånd.
eva.palmqvist@psy.umu.se



Maria Nordin
Filosofie doktor, Institutionen
för folkhälsa och klinisk medicin,
Yrkes- och miljömedicin, Umeå
universitet.

Maria är intresserad av hur människan hanterar stress på olika sätt och vilka resurser människan har för detta, både interna och externa. I projektet har Maria arbetat med hur personer med kemisk överkänslighet hanterar sin överkänslighet och vilket stöd de uppger att de har från olika personer och institutioner i samhället.
maria.nordin@envmed.umu.se



Linus Andersson
Doktor i psykologi med bakgrund
i kognitionsvetenskapen vid
Umeå universitet.

Linus har under sin forskarkarriär studerat kemisk intolerans utifrån ett psykologiskt och fysiologiskt perspektiv. Linus har fördjupat sig i varianter på frågan om hur reaktionerna hos kemiskt intoleranta skiljer sig från personer utan detta problem.
linus.andersson@psy.umu.se



Anna-Sara Claeson
Filosofie doktor. Forskarassistent,
Institutionen för Psykologi, Umeå
universitet

Anna-Saras forskning rör främst kemisk exponering och dess koppling till kemisk intolerans och byggnadsrelaterad ohälsa. I projektet har Anna-Sara tittat på triggerfaktorer för olika former av miljö känslighet samt skillnader i hur kvinnor och män upplever sensorisk irritation.
anna-sara.claeson@psy.umu.se



Anna Söderholm
Filosofie magister i folkhälso-
vetenskap. Projektassistent,
Institutionen för psykologi,
Umeå universitet.

Anna har studerat hur det är att leva med sick building syndrome (SBS) och sensorisk hyperreaktivitet (SHR), med fokus på tillgänglighet till samhället, ekonomisk trygghet och sociala relationer. Detta har hon gjort genom kvalitativa studier i form av intervjuer och skrivna berättelser inhämtade från personer som lever med SBS och SHR.
anna.soderholm@psy.umu.se

Miljö känslighet – den osynliga folksjukdomen

Ett detektivarbete kring orsakerna till miljörelaterad överkänslighet

Steven Nordin, Anna Söderholm, Eva Palmqvist, Linus Andersson, Anna-Sara Claeson och Maria Nordin

När man besöker en annan persons hem känner man den vaga lukten av möbler, textilier, matlagning och olika ämnen som många av oss använder – parfym, rengöringsmedel eller hårprodukter. Efter en stunds vistelse i bostaden registrerar de flesta människor inte längre lukterna. Men för vissa personer går det precis tvärtom; lukterna försvinner inte utan blir i stället skarpare. De blir allt mer distinkta, till och med påträngande. Någon kanske försöker föra en konversation, men obehaget gör att man inte kan koncentrera sig vad den andra har att säga. I värsta fall drabbas man av huvudvärk, yrsel och andra symptom som gör tillvaron närmast outhärdlig. För en överkänslig person kan vardagen vara fylld av sådana här situationer. Men hur kommer det sig att endast vissa personer drabbas av miljö känslighet?

Vad är miljö känslighet?

En person med särskild miljö känslighet reagerar kraftigt, ofta med svåra symptom, på exponering i en omgivning som i vanliga fall betraktas som ofarlig. Eftersom kopplingen mellan hälsobesvär och fysisk eller kemisk exponering har visat sig vara svag har vi i vårt delprojekt sett ett behov av att studera de individfaktorer som gör att vissa personer besväras av inomhusmiljön. Med individfaktorer menas de egenskaper som skiljer oss åt som människor. Det kan röra sig om t.ex. hälsa, kön, viktiga händelser i livet, personlighet, attityder och social omgivning. Utöver detta individperspektiv är det också fruktbart att studera detta syndrom i förhållande till andra former av särskild miljö känslighet. I KLICK 2-projektet har vi således utgått ifrån dessa två perspektiv genom att undersöka följande fyra former av särskild miljö känslighet:

1. Sjuka hus-syndromet ("Sick building syndrome", SBS),
2. Hälsobesvär av luktande/stickande ämnen i omgivningen
3. Hälsobesvär som individen kopplar till elektromagnetiska fält (EMF)
4. Hälsobesvär av buller.

Gemensamt för dessa fyra miljö känsligheter är att det inte finns någon påvisad sjuklig mekanism som förklarar åkommornas uppkomst. För att ytterligare särskilja olika typer av hälsobesvär i samband med luktande/stickande ämnen i omgivningen används följande termer:

- a. "Multiple chemical sensitivity" (MCS)
- b. "Idiopathic environmental intolerance" (IEI)
- c. Sensorisk hyperreaktivitet (SHR)

Kriterierna för MCS, IEI och SHR skiljer sig något, men är på det hela taget mycket snarlika tillstånd. Trots att SBS kan inkludera hälsobesvär kopplade till annat än kemisk exponering, är just kemisk exponering vanligast förekommande. Därför kan man inkludera både MCS (samt dess relaterade tillstånd, IEI och SHR) och SBS i begreppet kemisk intolerans. I viss mån har vi inom ramen för delprojektet även undersökt astma och allergi eftersom det är relativt vanligt att personer med denna form av miljö känslighet är särskilt känsliga för dålig inomhusmiljö.

Förkortningar och ordlista

- EMF** **Elektromagnetiskt fält:** Det fält som avges från exempelvis påslagen elektrisk utrustning
- IEI** **"Idiopathic environmental intolerance":** Miljöintolerans vars orsak är oförklarad och som i detta sammanhang är relaterad till kemiska ämnen
- MCS** **"Multiple chemical sensitivity":** Intolerans för doftande, kemiska ämnen (används ofta synonymt med IEI)
- SBS** **"Sick building syndrome":** Intolerans för vistelse i vissa byggnader eller delar av en byggnad (sjuka hus-syndromet / ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa)
- SHR** **Sensorisk hyperreaktivitet:** En form av kemisk intolerans som karaktäriseras av besvär i luftvägarna

Centrala vinklingar i ett tvärvetenskapligt perspektiv

Ett problemområde av komplex karaktär, såsom särskild miljö-känslighet, kräver ett tvärvetenskapligt angreppssätt. Därför har vårt arbete inkluderat många olika ämnesområden; psykologi, folkhälsovetenskap, kemi, vårdvetenskap, allergologi, radiologi och läran om öron-, näs- och halssjukdomar. De aspekter av SBS och andra miljö-känsligheter som vi har undersökt inkluderar följande vinklingar:

- Förekomst och samförekomst i den allmänna befolkningen
- Symptom och livskvalitet
- Fysiska/kemiska och psykologiska/sociala riskfaktorer
- Bakomliggande mekanismer
- Egenhantering och stöd från omgivningen
- Utveckling, utvärdering och normering av metoder och enkätinstrument

Vi har använt ett brett utbud av fysiologiska och psykologiska mätinstrument och metoder: (1) elektrofysiologiska registreringar av hjärnaktivitet, (2) funktionell magnetresonansteknik för studiet av blodflödesförändringar i hjärnan, (3) psykofysiska, perceptuella och kognitiva metoder, (4) kvalitativ innehållsanalys och (5) enkätinstrument. I Miljöhälsostudien i Västerbotten (beskrivs längre fram i texten) användes en enkät som, utöver

ett större antal bakgrundsfrågor, inkluderade åtta etablerade enkätinstrument med väldokumenterade goda mätegenskaper. I den studien fanns dock behov av att undersöka ytterligare aspekter av miljö-känslighet för vilka enkätbaserade instrument saknas. Under projektets gång har vi därför utvecklat, utvärderat och normerat ytterligare mätinstrument för besvär och symptom kopplade till olika former av miljöexponering, samt egenhantering av miljö-känslighet och socialt stöd från personer i omgivningen. Även dessa enkätinstrument har använts i miljöhälsostudien.

Förekomst och samförekomst av olika miljö-känsligheter

Under de senaste 25 åren har framgångarna varit blygsamma i försöken att förstå på vilket sätt och i hur stor grad kemisk exponering ger upphov till hälsobesvär vid SBS och MCS. En toxikologisk (toxikologi = läran om gifter) utgångspunkt har varit vanlig för att försöka hitta en förklaring till besvären. Detta har komplicerats av det faktum att besvär vid SBS och MCS i regel uppkommer vid doser som anses vara långt under toxiska nivåer. Att den kemiska exponeringen dessutom besväras endast vissa personer men inte andra styr fokus från exponering till individfaktorer.

	SBS	MCS	EMF	Buller
Besvär mer än normalt ¹	5,0	12,3	2,7	9,4
Diagnos given av läkare ²	1,4	3,3	0,4	2,8
IEI ³	-	6,7	1,6	-
MCS ⁴	-	3,6	-	-
WHO's lista ⁵	17,3	-	-	-
WHO's lista och attribuering ⁶	2,5	-	-	-

1. Jakande svar på frågor om den svarande anser sig besväras mer än normalt av vistelse i vissa byggnader, luktande/stickande ämnen, påslagen elektrisk utrustning respektive vardagliga ljud. **2.** Byggnadsrelaterad ohälsa/SBS, MCS/SHR, elöverkänslighet respektive överkänslighet för ljud. **3.** Kriterier för "idiopathic environmental intolerance". **4.** 1999 konsensuskriterier för MCS. **5.** WHO's lista över typiska SBS-symptom. **6.** WHO's lista över typiska SBS-symptom i kombination med besvär vid vistelse i vissa byggnader.

Tabell 1 Förekomster (%) baserade på olika kriterier för fyra former av särskild miljö-känslighet: SBS- och MCS-liknande hälsobesvär och besvär kopplade till EMF och buller.

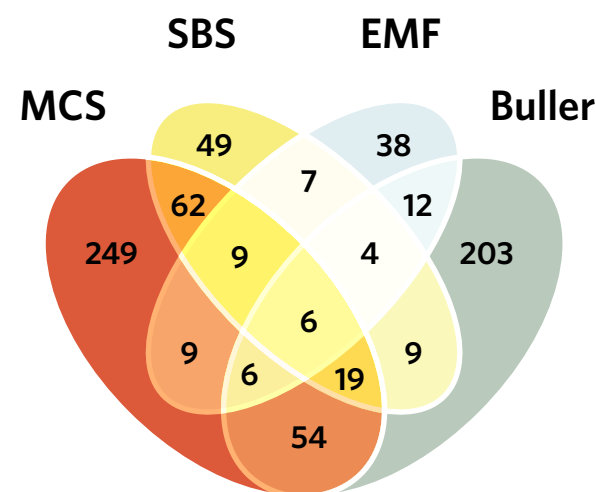
För att förstå individfaktorerens betydelse i detta pussel kan man undersöka samförekomst mellan särskilda miljö-känsligheter, d.v.s. i vilken utsträckning en form av känslighet förekommer samtidigt som en annan. Samförekomst kan bero på att en åkomma orsakar en annan eller att olika faktorer bidrar till eller är orsaken till att flera åkommor utvecklas.

I ett första steg att närma sig frågan om samförekomst undersökte vi 16 män med bullerkänslighet och 16 män utan bullerkänslighet. Frågeställningen var ifall bullerkänsliga personer tenderar att vara känsliga även för a) luktande/stickande ämnen i miljön och b) stress. Som väntat visade resultaten att så var fallet. I en annan studie undersökte vi 70 personer som kopplade sina hälsosymptom till EMF och 160 personer utan dessa hälsobesvär. Vi fann att den EMF-känsliga gruppen även rapporterade känslighet för luktande/stickande ämnen och buller. Sammantaget antyder dessa resultat att det kan finnas en samförekomst mellan olika former av särskild miljö-känslighet. Detta motiverade fortsatta undersökningar kring denna frågeställning genom att inkludera SBS-problematik med data från ett större antal personer.

Frågan om förekomst av olika former av särskild miljö-känslighet är starkt kopplad till samförekomst. Beträffande förekomst frågade vi oss hur denna varierar beroende på hur miljö-känsligheten definieras. I en populationsbaserad studie

som forskargruppen genomförde under mars-april 2010 undersöktes bland annat förekomst och samförekomst. I denna undersökning, kallad Miljöhälsostudien i Västerbotten, skickades en omfattande enkät som innehöll miljörelaterade frågor om hälsa till 8600 slumpmässigt utvalda vuxna (18-79 år) bosatta i Västerbottens län i norra Sverige. Urvalet var stratifierat för ålder och kön, det vill säga antalet slumpmässigt utvalda personer i varje åldersgrupp motsvarade köns- och åldersfördelningen i Västerbottens län i stort. Av dem som erbjöds att delta besvarade 3406 personer enkäten. Förekomst och samförekomst undersöktes baserat på olika kriterier för åkommor av typ SBS, MCS och besvär kopplade till EMF och buller. Hela 21,6 % uppgav att de fick hälsobesvär i större utsträckning än vad respondenterna ansåg vara normalt i samband med minst en form av miljöexponering: vistelse i vissa byggnader, lukter/irriterande ämnen, påslagen elektrisk utrustning och buller. Av resultaten framgick att MCS är den mest förekommande miljö-känsligheten, följt av bullerkänslighet, SBS och besvär som kopplas till EMF. Resultaten visade även att förekomsten varierar betydligt beroende på hur miljö-känsligheten definieras, vilket presenteras i Tabell 1.

Vad gäller samförekomst av besvär vid vistelse i vissa byggnader visade resultaten att 70 % rapporterade ytterligare besvär av åtminstone en av de tre övriga miljöfaktorna (d.v.s. luktande/stickande ämnen, påslagen elektrisk utrustning eller buller). Motsvarande samförekomster var 40 % för luktande/stickande ämnen, 58 % för påslagen elektrisk utrustning, och 35 % för buller. I Figur 1 visas antal personer, av de totalt 3406 personer i undersökningen, med en form av särskild miljö känslighet och med samförekomst av de olika formerna av känslighet.



Figur 1 Förekomst och samförekomst av snarlika besvär i anslutning till SBS (sjuka hus-syndrom) och MCS (Multiple Chemical Sensitivity) samt besvär kopplade till EMF (elektromagnetiska fält) och buller. Siffrorna anger antal personer av de 3406 personer som deltog i studien.

Sammanfattningsvis fann vi att personer som rapporterade besvär vid vistelse i vissa byggnader var de som i största utsträckning även upplevde besvär av någon av de andra miljöfaktorna. Tenderar personer som rapporterar miljörelaterade besvär vara allmänt känsliga för miljöfaktorer? Den höga graden av samförekomst kan sägas ge stöd för detta. Resultaten bekräftar också vikten av att personer som uppvisar överkänslighet vid vistelse i vissa byggnader bör beskrivas utifrån de källor i inomhusmiljön som den känslige anser ger upphov till besvären.

Fysiska och kemiska triggerfaktorer

Begreppet triggerfaktor används i detta sammanhang som den källa som ger upphov till hälsobesvär. Personer med särskild miljö känslighet kan reagera på en rad olika typer av exponering i omgivningen. Sambandet mellan hälsosymptom och fysiska/kemiska egenskaper i omgivningen hos de triggerfaktorer till

“Då personen väl har blivit överkänslig kan denna uppleva att hälsobesvär utlöses av ett allt bredare spektrum av miljöfaktorer”

vilka man kopplar sina symptom har för många former av miljö känslighet inte kunnat fastställas. Dessutom uppstår hälsosymptomen vanligen vid nivåer som ligger långt under vad som normalt anses skadligt. Detta innebär att det inte tycks finnas ett dos-respons-samband mellan exponering och symptom. Ett sådant samband ger vanligtvis möjligheten att förutsäga skada eller grad av symptom genom att känna till styrkan på exponeringen. Då personen väl har blivit överkänslig kan denna uppleva att hälsobesvär utlöses av ett allt bredare spektrum av miljöfaktorer. Det är inte ovanligt att symptom uppstår efter en enstaka hög exponering eller långvarig exponering för relativt låg nivå av något i miljön. I flertalet fall tycks den drabbade personen inte kunna koppla besvären till en specifik exponeringshändelse.

Triggerfaktorer vid olika miljö känsligheter

Allt sedan problemen med sjuka hus-syndromet började uppmärksammas har man försökt hitta samband mellan ohälsa och miljöfaktorer genom att mäta i det närmaste allt i inomhusmiljön som kunde tänkas utlösa problemen. De miljöfaktorer som tycks spela en roll i sammanhanget är hög rumstemperatur, hög och låg relativ fuktighet samt hög koncentration av koldioxid. Koldioxiden fungerar som en slags markör för andra föroreningar. Dessa andra föroreningar kan vara flyktiga organiska ämnen som avges från byggnadsmaterial, från parfymade produkter vi använder och från föremål vi tar in i byggnaden. Ett flertal andra faktorer har också undersökts, såsom belysning, tobaksrök, damm och användning av datorer. Samtliga av dessa faktorer har visats vara förknippade med SBS i vissa studier, men inte i andra, vilket kan bero på att personens exponeringshistorik spelar en viktig roll för vad denna reagerar på. Detta kräver således att man fokuserar på individens erfarenheter. Beträffande personer med SBS som främsta miljöproblematik fann vi att de huvudsakligen uppgav hälsoproblem vid exponering för olika luktkällor (mögel, blommor, nylagda golv, rengöringsprodukter, nymålade ytor, nytryckt tidning och parfym) men även för källor till EMF (lysrör och hemelektronik).

Många av de triggerfaktorer som anges för SBS har föreslagits kunna utlösa besvär även vid MCS, men tonvikten ligger i det senare fallet på låga koncentrationer av luktande ämnen som är vanliga i vår vardag, såsom parfym, rengöringsmedel,



Parfym har visat sig vara en betydande triggerfaktor som ofta utlöser starka reaktioner hos miljö känsliga personer.

blommor och nytryckta tidningar. I vår studie fann vi att för personer med problem av typ MCS, inte oväntat uppgav luktkällor (parfym, rengöringsprodukter, blommor, nymålade ytor, lösningsmedel, nytryckt tidning, nylagda golv och bilavgaser) som viktigaste orsak till besvären, men även fuktig luft och tobaksrök. Parfym framstod som den i särklass starkaste faktorn som triggade hälsosymptom. Vissa personer i vår undersökning uppgav både SBS- och MCS-problematik som mycket påtaglig. För denna grupp var luktkällor (parfym, blommor, rengöringsprodukter, lösningsmedel, nylagda golv, plast och nytryckt tidning) de viktigaste källor till besvär, men i tämligen stor utsträckning även källor till EMF (andras mobiltelefoner och kontorsmaskiner) och hög inomhustemperatur.

EMF finns överallt i vår omgivning. Trots årtionden av forskning har man inte lyckats hitta samband mellan exponering för EMF och symptom. Personer som hänför hälsobesvär till EMF får, enligt omfattande forskning, inte besvär då de inte vet att de exponeras för EMF. De får däremot besvär då de tror att de exponeras för detta. Så kallad klassisk betingning baserat på visuella intryck av elektrisk utrustning kan ligga till grund för detta. I vår undersökning fann vi att personer som kopplar sina besvär till EMF, inte oväntat, angav EMF-källor som de viktigaste triggerfaktorerna. Dessa bestod av egna och andras mobiltelefoner, dator/bildskärm, trådlös telefon, lysrör, basstation, hemelektronik, kontorsmaskiner, tågresa och högspänningsledning/ställverk.

Buller känsliga personer reagerar på ljud av olika slag som inte alls behöver vara skadliga för hörseln. Dessa personer reagerar ofta på lågfrekventa ljud, såsom ventilationsljud, med t.ex. koncentrationssvårigheter och stressreaktioner som följd. Att de viktigaste triggerfaktorerna för denna känslighetsgrupp i vår studie var ljudkällor av olika slag var inte förvånande. Närmare bestämt var dessa ljud mekaniska, monotona, klirr,

slammer, radio/tv/stereo, hammarslag, prat, larmsignaler, överraskande ljud, pappersprassel, trafikbuller och ljud från mobiltelefoner.

Skillnader och likheter i triggerfaktorer mellan miljö känsligheter

Inte oväntat är de starkaste självrapporterade riskfaktorerna för triggerfaktorer vid hälsobesvär huvudsakligen luktkällor vid MCS, huvudsakligen källor till EMF vid känslighet kopplade till EMF, och huvudsakligen ljudkällor vid buller känslighet. Dock finner man likheter mellan grupperna då SBS jämförs med både MCS och känslighet kopplad till EMF. I likhet med MCS utgör luktkällor starka riskfaktorer vid SBS, och i likhet med gruppen med känslighet kopplad till EMF utgör källor med EMF starka riskfaktorer. Av särskilt intresse är att i gruppen som uppgav att de led av både SBS- och MCS-problematik inte bara angav luktkällor utan även källor med EMF som triggerfaktorer. Troligen har denna grupp en bred form av särskild miljö känslighet. Resultatet att individer med SBS kopplar sina hälsoproblem till EMF är viktigt, och får följder för vidare forskning och för åtgärder som kan vidtas för att förbättra inomhusmiljön. Det är således viktigt att inte endast utgå från att det är kemiska ämnen i inomhusmiljön som är orsaken till hälsoproblem.

Betydelsen av kvinnligt kön och oro för hälsobesvär

Ett vanligt sätt att närma sig frågan om underliggande orsaker till ett visst tillstånd av ohälsa är att undersöka riskfaktorer. Vid kemisk intolerans, av typ SBS och MCS, tycks dålig ventilation, kvinnligt kön och negativ affekt vara starka riskfaktorer. Negativ affekt kan beskrivas som ett negativt känslomässigt

tillstånd som inkluderar ångest, nedstämdhet, stress och oro. Av dessa tillstånd är oro den aspekt som forskningsfältet vet minst om beträffande kemisk intolerans. Eftersom oro, till skillnad från ångest, är riktad mot en viss företeelse (t.ex. hälsofarlig exponering) finns det anledning att misstänka att denna aspekt av negativ affekt är särskild problematisk i de fall det är vanligt att personen utsätts, eller tror sig utsättas, för den företeelsen. För många personer med SBS och MCS är detta tillstånd av oro mycket vanligt.

Kvinnligt kön

Fler kvinnor än män är drabbade av särskild miljö känslighet. I en studie rapporterades att 92 % av de personer som sökt läkarevård p.g.a. besvär relaterade till "sjuka hus" var kvinnor. I andra undersökningar gällande bland annat MCS och överkänslighet kopplade till EMF rapporteras att 60-80 % av personerna var kvinnor.

På 1990-talet arbetade många forskargrupper med idén att den kvinnliga dominansen vid SBS och MCS kan bero på kvinnans mer välfungerande luktsinne. Trots många försök har man inte kunnat påvisa att personer med SBS och MCS har ett mer välfungerande och känsligt luktsinne än vad som är normalt. Intresset har därför övergått från de sensoriska till de kognitiva aspekterna av luktsinnet. Det kan tänkas att skillnaden mellan könen beror på skillnader i hur luktintrycken tolkas. Vi genomförde därför en studie i vilken kvinnor och män fick bedöma förekomst (detektion) och grad (styrka) av sensorisk irritation av det kemiska ämnet amylacetat (luktar banan). Slumpmässigt inlagda i en serie av luktande stimuli presenterades även ren luft. Resultaten visade att kvinnorna i större utsträckning än männen rapporterade luktförnimmelse då den rena luften presenterades, s.k. falska alarm. Detta "falskt-alarm-beteende" väcker den spekulativa frågan om det är viktigare för kvinnor än för män att upptäcka möjliga hälsorisker, alltså att de är mer på sin vakt än män. Av intresse är att notera att pilotdata som vi har samlat in på ett liknande sätt från personer med och utan kemisk intolerans visar på samma "falskt-alarm-beteende" hos de kemiskt intoleranta.

Oro för hälsan

Det är vetenskapligt väldokumenterat att t.ex. hjärt- och kärlsjukdomar, förändringar i immunförsvaret och hormonella rubbningar är relaterade till långvarig oro. Exempel på källor till oro för hälsan är miljöfaktorer (t.ex. luftföroreningar i inne- och utemiljön) och teknologiska innovationer (t.ex. mobiltelefoner). Oro för sådana faktorer brukar benämnas modern hälsooro. Hälsooro, oavsett om exponeringen för dessa faktorer de facto är hälsofarlig eller inte, har visat sig vara förknippad

"Hälsooro är således ett hälsoproblem i sig, och ibland ett betydligt större problem än den exponering man oroar sig för"

med såväl kroppsliga symptom som frekventa besök på olika hälsovårdenheter. Oro är således ett hälsoproblem i sig och ibland ett betydligt större problem än den exponering man oroar sig för. Speciellt problematiskt för hälsan är det under de perioder då personen exponeras, eller tror sig exponeras för detta. Under dessa perioder kan individen förväntas reagera med en stressrespons för att möta "hotet" (exponeringen), och därmed försöka hantera situationen (t.ex. genom att avlägsna sig). Då exponeringen har en toxisk eller allergologisk inverkan på individen är denna stressrespons till stor fördel. Är exponeringen däremot inte toxisk eller allergologisk blir stressresponsen en belastning för individen, med ohälsa som följd.

I en populationsbaserad enkätstudie av 722 slumpmässigt utvalda personer i en svensk kommun med problem med exponering för lukt från en biobränslefabrik (som inte är toxisk eller allergologisk) fann vi, att koncentration av exponeringen inte var direkt kopplad till förekomst av hälsosymptom. Istället uppstod symptom under förutsättning att personerna kände lukten av den kemiska exponeringen och att de bedömde exponeringen som hälsofarlig.

Förhöjd symptomförekomst orsakad av uppfattningen om att den kemiska exponeringen är hälsofarlig har även påvisats under laborativt kontrollerade förhållanden med experimentellt skapad oro. För att undersöka om uppfattningen om att exponeringen är hälsofarlig har en negativ inverkan även på prestationsförmågan deltog 49 friska personer i en studie genom att lukta på en svag koncentration av ämnet amylacetat. I samband med detta fick de i uppgift att utföra räkneövningar som kräver förmåga att snabbt skifta uppmärksamhet mellan uppgifter. Hälften av deltagarna blev informerade om att det kemiska ämnet var hälsofarligt, och hälften informerades om att det var hälsobringande. Vi fann att gruppen som trodde att exponeringen var hälsofarlig presterade sämre än gruppen som trodde att det var hälsobringande. En förklaring är att oron för exponeringen gör att individen fokuserar sin uppmärksamhet på just exponeringen, på bekostnad av uppmärksamhet på den uppgift man utför, och med nedsatt prestation som resultat.

En viktig fråga är varför det är relativt vanligt att personer med särskild miljö känslighet efter hand utvecklar ytterligare former av miljö känslighet. För att närma oss den frågan och för att bättre förstå vilken roll oro för hälsan spelar analyserades data från Miljöhälsostudien i Västerbotten, varvid modern oro för hälsan för 25 miljöfaktorer och teknologiska faktorer kunde



Habituering innebär att man vänjer sig vid en doft, till exempel en väldoftande blomma.

kartläggas. Resultaten visade att alla fyra känslighetsgrupper (SBS, MCS och besvär kopplade till EMF och buller) rapporterade generellt sett mer oro för hälsan än vad normalbefolkningen gör. Detta talar för att oro förekommer inte bara gentemot det man har utvecklat en särskild känslighet mot, utan även gentemot andra miljöfaktorer och teknologiska faktorer. Resultaten väcker frågan om denna generella oro för nämnda faktorer efter hand kan bidra till utveckling av även andra former av särskild miljö känslighet. Frågan är relevant med tanke på den höga samförekomst som föreligger mellan olika former av miljö känslighet.

De kemiska sinnena (luktsinnet och det kemiska hudsinnet som förmedlar sensorisk irritation) är våra evolutionärt sett äldsta sinnen. De har därför en mycket basal funktion: att väcka hälsosymptom (av typ SBS/MCS-symptom) då personen tror att exponeringen är hälsofarlig (oavsett om den verkligen är farlig eller inte). Dessa obehagliga, men egentligen ofarliga, symptom ska sedan vägleda vårt beteende så att vi t.ex. avlägsnar oss från exponeringen.

Möjliga orsaker till kemisk intolerans

Trots att kemisk intolerans benämns som ett oförklarad fenomen finns det flera förklaringsmodeller för detta. Varje modell tar fasta på olika aspekter av åkomsten. Gemensamt för alla modeller, eller åtminstone nästan alla, är något som kallas sensitisering.

Sensitisering och habituering

När man besöker en bekant känner man den vaga lukten av en annan persons hem – lukter från textilier, matlagning och ämnen som de flesta av oss använder i form av parfym, rengöringsmedel eller hårprodukter. I de allra flesta fall vänjer vi oss vid dessa lukter efter en stund och lägger inte längre märke till dem. Detta förflyktigande av sinnesupplevelser kallas habituering. Anta istället att lukterna inte försvinner. Man blir snarare varse än fler komponenter av lukterna. De blir allt mer distinkta, till och med påträngande. En sådan ökning i styrka över tid kallas sensitisering. Att vara sensitiserad på detta vis innebär inte bara att lukten upplevs starkare; den ständigt närvarande lukten orsakar också hälsosymptom.

Sensitisering och kemisk intolerans

Sensitisering och habituering är således motsatspar. De teorier om kemisk intolerans som antar att sensitisering är en viktig beståndsdel i åkomsten menar samtidigt att ett icke-intolerant tillstånd karaktäriseras av tillvänjning till lukter i miljön. De olika förklaringsmodellerna för kemisk intolerans antar att sensitisering sker på lite olika områden i den mänskliga organismen.

Enligt teorin om neurogen inflammation antas denna process bestå av en onormal förhöjning av känsligheten hos sensoriska nerver. Denna inflammationsliknande reaktion sprider sig sedan från ett avgränsat område till övriga delar av kroppen tills den drabbades nervsystem reagerar kraftigt på mycket små exponeringar av luftburna ämnen. Enligt den s.k. neurala sensitiseringsteorin är limbiska områden i hjärnan det huvudsakliga området för sensitisering. Limbisk sensitisering ger enligt denna modell en ökad risk för att utveckla sensitiserade reaktioner till lukter. En tredje teori, den s.k. betingningsteorin, anger att sensitisering orsakas av att relativt ofarliga luktupplevelser har associerats (betingats) med en toxisk exponering. Den reaktion som tidigare endast uppstod efter den farliga exponeringen, generaliseras nu till den betingade, ofarliga, exponeringen.

Dessa tre teorier kan mycket väl tänkas förstärka varandra. Det är till exempel högst rimligt att en långvarig inflammationsliknande reaktion i perifera nerver också orsakar en ökad känslighet i centrala nervsystemet. Betingade reaktioner på-

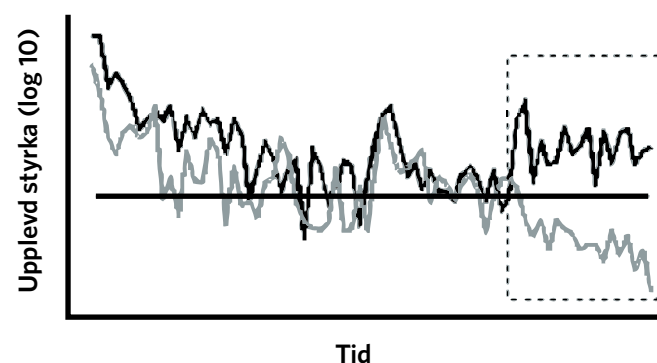
verkar även det perifera nervsystemet och mekanismer i immunförsvaret. En betingad respons orsakar i princip samma immunförsvarsreaktion som en respons orsakad av en yttre faktor. Hos en allergisk person som felaktigt upplever en allergenexponering kan man alltså finna liknande typ av immunförsvarsreaktioner som om exponeringen var riktig. Att studera enbart neurogen inflammation, neural sensitisering eller betingning kan därför vara kontraproduktivt om det i slutändan visar sig att systemen hänger ihop så till den grad att de inte enkelt kan separeras.

Sensitiserar kemiskt intoleranta personer?

Kan det vara så att kemiskt intoleranta personer sensitiserar till lukter? Det vill säga: Påvisar de en ökande reaktion till dessa vid upprepad eller långvarig exponering för lukter? Under drygt en timme exponerade vi deltagare med och utan kemisk intolerans för koldioxid (CO₂). Efter varje luktexponering fick deltagarna bedöma luktstyrkan. Vad deltagarna inte visste var att koncentrationen av luktämnen var densamma över hela experimentet. Resultaten visade att alla deltagare habituerade till lukterna till en början, vilket innebar att luktstyrkan sjönk över tid. Mot slutet av exponeringen började däremot den rapporterade luktstyrkan hos de intoleranta att öka, medan luktstyrkan hos de toleranta fortsatte att sjunka (Figur 2).

Åtminstone för vissa typer av luktexponering verkar det som att kemiskt intoleranta visar tecken på sensitisering. Detta fynd har legat till grund för andra studier. Genom att använda ungefär samma upplägg undersökte vi huruvida kvinnor sensitiserar i större utsträckning än män, vilket skulle kunna erbjuda en insikt i varför kemisk intolerans kan betraktas som något av en kvinnosjukdom. Arton kvinnor och lika många män fick således bedöma luktstyrkan hos de tidigare använda luktämnen. Det vi fann var att kvinnor och män som är likvärdiga i grad av kemisk intolerans inte skiljer sig åt vad avser sensitisering. Detta resultat skulle kunna tolkas som att män och kvinnor i grunden vänjer sig till lukter i lika stor grad, men att kvinnor, vilka i större utsträckning än män upplever sig besvärade av lukter, även sensitiserar mer.

Sensitisering kan stå att finna i perifera nerver såväl som centralt i hjärnan. Eftersom hjärnan är ett viktigt fokusområde inom vår forskargrupp undersökte vi sensitisering med hjälp av funktionell magnetresonansteknik. Denna teknik gör det möjligt att mäta blodflödesförändringar i hjärnan, som i sin tur är ett indirekt mått på neural aktivitet. Upplägget i hjärnabildningsstudien liknade i stor utsträckning de tidigare nämnda studierna. Deltagarna fick ligga inne i magnetkameran och bedöma styrkan hos luktstimuli under cirka fyrtio minuter.



Figur 2 Bedömningar av upplevd styrka för totalt 72 exponeringar för koldioxid över tid under en period av drygt en timme. Notera att de kemiskt intoleranta (svart linje) avviker från de toleranta (grå linje) i slutet av undersökningen genom att istället för habituering uppvisa sensitisering.

Utifrån dessa bedömningar delade vi upp deltagarna i en sensitiserande och en habituerande grupp och undersökte skillnader i hjärnans blodflöde. Preliminära resultat gör gällande att de som sensitiserar till lukter har högre blodflöde i limbiska områden som tidigare visat sig vara inbegripna i rädslobetingning, känslomässiga reaktioner och upplevelse av hot. Den habituerande gruppen hade å sin sida högre blodflöde i ett område i hjärnan som tidigare visat sig reglera dessa limbiska områden. Det tycks alltså som att de sensitiserade individerna inte kan reglera de limbiska områdena i lika stor utsträckning, vilket verkar vara en orsak till sensitiseringen. En slutsats är att sensitisering kan vara en viktig komponent vid kemisk intolerans. Även om vi främst har fokuserat på beteendedata och hjärnaktiveringsmönster är det inget som säger att sensitiseringen enbart står att finna med dessa metoder och områden.

Att leva med särskilda miljökänsligheter

Men hur är det då att leva med särskild miljökänslighet? De symptom som kopplas till miljöexponering vid särskild miljökänslighet varierar stort från en person till en annan, även bland personer med samma form av miljökänslighet. Enligt WHO är vanliga SBS-relaterade symptom slemhinne-, hud- och allmänsymptom (t.ex. trötthet). Inom respektive symptomgrupp kan variationen i symptom däremot vara tämligen stor. Dessutom förekommer det ofta symptom utanför dessa tre symptomkategorier. Vanliga symptom vid MCS är olika former av luftvägs-, slemhinne-, hud- och allmänsymptom samt kognitiva och känslomässiga symptom. Vid besvär som kopplas till EMF är hud- och allmänsymptom vanliga, och vid bullerkän-

lighet dominerar koncentrationssvårigheter och känslomässiga symptom, men även för dessa känsligheter förekommer ofta andra symptom.

Särskild miljökänslighet kan medföra allvarliga konsekvenser för livskvaliteten. En första studie gjordes med syfte att belysa hur individer med SHR (en form av MCS med huvudsakligen luftvägssymptom) upplever att tillståndet påverkar livskvaliteten; har det inverkan på tillgänglighet till samhället, ekonomisk trygghet och sociala relationer? Därefter genomfördes en studie för att belysa hur individer med SBS upplever sin livskvalitet. Syftet var att jämföra resultatet från dessa två studier för att hitta likheter och skillnader mellan att leva med SHR och SBS.

Att leva med sensorisk hyperaktivitet

Tolv kvinnor med diagnostiserad SHR deltog i studien. Datainsamlingen skedde genom skrivna berättelser från deltagarna som sedan analyserades med kvalitativ innehållsanalys. Sex huvudteman om hur SHR begränsar livskvaliteten framträdde ur analysen:

1. Begränsad möjlighet till deltagande i samhället (t.ex. avseende arbete, utbildning, semester, sjukvård och fritidsaktiviteter samt användning av kollektivtrafik).
2. Att tvingas bete sig oförenligt med sin personlighet (t.ex. genom att tvingas gå över gränsen för socialt accepterat beteende för att undvika exponering).
3. Brist på förståelse och respekt från andra (inklusive misstro och trakasserier).
4. Känsla av otrygghet (t.ex. svårigheter med ekonomin eller att hitta en tillgänglig bostad utan exponering).
5. Att vara beroende av andra (t.ex. att bli ekonomiskt beroende av sin make/partner).
6. "Att tvingas välja mellan pest eller kolera".

Det sistnämnda var ett övergripande tema och en slutsats om åkommans påverkan på tillgänglighet, ekonomisk trygghet och sociala relationer. Att utsätta sig för luktande ämnen eller inte innebar att man tvingas välja mellan pest eller kolera. När kvinnorna undvek dessa ämnen försämrades deras sociala relationer, ekonomiska situation och möjlighet att ta del av samhället. När de utsatte sig för exponeringen blev de å andra sidan så sjuka att de hade svårt att arbeta, resa, umgås med andra och delta i olika aktiviteter.

Att leva med sjuka hus-syndromet

I vår studie om hur det är att leva med SBS insamlades skrivna berättelser och telefonintervjuer från elva kvinnor med diagno-

sen ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa/SBS. Liksom studien av SHR analyserades berättelserna med kvalitativ innehållsanalys. Nedan presenteras de kategorier som trädde fram inom tre innehållsområden: konsekvenser, egenhantering och attityder från omgivningen.

Konsekvenserna innebar:

- Att vardagliga aktiviteter försvårades (t.ex. kunde kvinnorna ha svårt att vistas på sin arbetsplats för att de fick symptom av arbetsmiljön, med sjukskrivning som följd).
- Ekonomiska problem (t.ex. på grund av svårigheter att arbeta, striktare sjukpenningsregler och ökade omkostnader).
- Att familj och vänner drabbades (t.ex. för att exponeringen gjorde att de inte orkade umgås efter arbetet).
- Att känslolivet påverkades (t.ex. nedstämdhet och frustration över att bli misstrodd och ifrågasatt samt skuld känslor gentemot sin familj och arbetskamrater).

Egenhanteringen inkluderade att:

- Lära sig acceptera och hitta lösningar (bl.a. genom att omprioritera och välja aktiviteter de mätte bra av samt att försöka hitta lösningar för att möjliggöra arbete och underlätta vardagsliv).
- Bitar ihop och kämpa (t.ex. arbeta mer än de egentligen orkade med, utsätta sig för de faktorer som triggar hälsosymptomen trots att de blev sjuka, stå på sig mot omgivningens ifrågasättanden och kämpa för ersättning från försäkringskassan).
- Se det positiva (t.ex. att det numera används mindre parfym och röks mindre, eller att de valde att se även de positiva förändringar som åkomman medfört t.ex. byte av aktiviteter/arbete).
- Undvika exponering (t.ex. i vissa butiker/lokaler och vid umgänge med vänner).
- Göra sin bostad till en fristad (t.ex. genom att bosätta sig i hus utanför staden och att prioritera trygga material och god ventilation i hemmet).

Attityder från omgivningen inkluderade:

- Ifrågasättande och bristande förståelse (t.ex. att mötas av misstro och ifrågasättande som man tvingas försvara sig mot).
- Från fullt stöd till inget stöd (ofta bra stöd från familj och vänner, men dåligt stöd från det övriga samhället).

Likheter och skillnader mellan att leva med sensorisk hyperreaktivitet och sjuka hus-syndromet

Vissa av deltagarna i SBS-gruppen verkar ha utvecklat SBS som sedan har övergått till en mer allmän känslighet som sorterar under kategorin MCS. För dessa personer var både triggerfaktorer och hur det är att leva med tillståndet mycket likt det vi fann för SHR-gruppen. Överlag fann vi att SHR-gruppen var relativt enhetlig med avseende på inverkan på deras liv och på triggerfaktorer, medan SBS gruppen var betydligt mer heterogen i dessa avseenden. Gemensamma triggerfaktorer för symptom hos SHR- och SBS-gruppen var parfym, tobaksrök, vedeldningsrök, mögel, starkt doftande blommor, trycksvärta, avgaser och rengöringsmedel. Triggerfaktorer för SBS-gruppen men inte för SHR-gruppen var byggnader med dålig ventilation och med "sjuka-hus"-problem, luftkonditionering i bilar, luftburet värmesystem i bostad, fuktiga textilier, datorer och mobiltelefoner samt lysrör och lågenergylampor.

Deltagarna i SHR-gruppen var i högre grad begränsade att delta i samhället än de i SBS-gruppen. Detta beror antagligen på att SHR-gruppen fick symptom även vid mycket låga doser av luktande ämnen, t.ex. en kvardröjande parfymdoft i kläder eller möbler. Personer med SBS nämnde också parfym som triggerfaktor, men då endast i starka doser. De personer i SBS-gruppen som hade utvecklat MCS och/eller kopplade sina besvär till EMF var dock lika begränsade som SHR-gruppen att delta i samhället. Båda grupperna rapporterade att andra personer hade svårt att förstå deras problematik och att de själva kände bristande stöd från samhället, att de försökte undvika triggerfaktorer, hade ekonomiska problem, och kunde bli beroende av sin sambo/make för sin försörjning (detta var dock betydligt vanligare i SHR-gruppen). Problematiken hos SBS-gruppen var i större utsträckning än i SHR-gruppen fokuserad på arbete/arbetsplats eftersom dessa hade blivit sjuka på arbetsplatsen. SHR-gruppen hade dock överlag större svårigheter att arbeta p.g.a. symptom från låga doser av doftande ämnen.

Egenhantering och socialt stöd

Även om vi tror att vi närmar oss en förståelse för de mekanismer som ligger bakom vissa former av särskild miljö känslighet, såsom SBS och MCS, kommer det att dröja innan effektiva och väl utprovade behandlingsmetoder finns tillgängliga. Vad kan man göra innan dess för att lindra besvären vid särskild miljö känslighet?

Ett sätt att lindra besvären är att lära sig hantera dem och den situation i vilken besvären uppstår. Denna hantering syftar till att försätta sig i balans, både kroppsligt och känslomässigt.

Besvär hanteras olika av olika personer, och man kan dela in denna hantering i två grupper:

- a. Problembaserad hantering
- b. Känslomässigt baserad hantering

Problembaserad hantering innebär, precis som det låter, att man kommer tillrätta med de problem som utlöser besvären. Denna strategi är mycket effektiv eftersom man eliminerar den besvärande faktorn. Men tänk om det som besvärar inte är ett problem som kan lösas eller är mycket svårt att lösa själv? I de fallen är den problembaserade hanteringen inte så effektiv. Då måste man i stället ta itu med de känslor som uppstår i samband med besvären. För att komma i kroppslig och känslomässig balans igen måste man lära sig att förstå varför känslorna har uppstått, vad de betyder (t.ex. att de inte är farliga i sig) och hur man kan förstå dem för att få dem i balans igen.

"Om man inte upplever att man har stöd från sin omgivning ökar risken för sjukdom lika mycket som det gör vid högt blodtryck och rökning"

Genom stöd och hjälp från familj, vänner, arbetskamrater och professionella (t.ex. läkare, sjuksköterskor och psykologer) kan man få god hjälp att hantera besvär. Dessa källor till stöd kan bistå med både hjälp att lösa problemen och med att trösta och reflektera för att få förståelse för de känslor som har uppstått. Det har visat sig att stödet från personer i omgivningen är oerhört viktigt. Om man inte upplever att man har stöd från sin omgivning ökar risken för sjukdom lika mycket som det gör vid högt blodtryck och rökning.

Att själv hantera sina besvär

Hur hanterar personer med kemisk intolerans och personer med astma och allergi sin besvärande situation? Vi har alla olika sätt att hantera besvär, och det visar sig också hos kemiskt intoleranta personer liksom hos personer med astma och allergi. I de studier som vi genomfört i dessa känslighetsgrupper svarade båda grupper att den strategi de använde mest för att hantera sina besvär var att undvika miljöer som gav upphov till besvären. Personer med astma/allergi rapporterade dessutom att de sökte information i första hand och hälso- och sjukvård i andra hand. Personer med kemisk intolerans rapporterade att dessa strategier kom mycket längre ner på listan av vanligast förekommande hanteringsstrategier. Att acceptera besvären, att omprioritera vad som var viktigt och att inte tänka på besvären var också vanliga strategier. Personer med svår kemisk intolerans uppgav att de undvek miljöer, sökte information, och



Vissa miljö känsliga personer hanterar sina besvär genom att flytta till glesbygden, där miljön upplevs mindre påfrestande.

anlitade hälso- och sjukvården i högre grad än de med mild kemisk intolerans. De rapporterade också att de inte accepterade sin situation i lika hög grad och att de tänkte mer på sina besvär än de med mildare kemisk intolerans. Detta betyder att problembaserad hantering ökade med högre svårighetsgrad av kemisk intolerans, medan känslomässigt baserad hantering minskade med ökad svårighetsgrad.

Eftersom vi endast har studerat personer vid ett tillfälle vet vi inte vad som kommer först: miljö känslighet eller hur man hanterar besvär och stress. Det är förstås så att ju mer besvär man har av sin känslighet, desto mer undviker man miljöer som skapar dessa. Man söker även mer information och anlitar hälso- och sjukvård i större utsträckning, eftersom man inte står ut med de besvär som miljöerna skapar och behöver få reda på varför man har besvär och vad man ska göra åt dem. Det kan också vara så att undvikandet av miljöer orsakar eller förstärker en negativ betingning. Man bekräftar helt enkelt

för sig själv att den miljön man undviker är "farlig" och bör undvikas. När man väl kommer i kontakt med miljön upplever man att besvären ökar eftersom man tolkar miljön som just farlig. För mycket information (som dessutom kanske baseras på knapphändig kunskap) kan således också leda till oro. Att tolka situationer som farliga och reagera med oro ökar snarare besvären än minskar dem.

Stöd och hjälp med besvär

Hantering av besvär kan underlättas genom att andra personer som finns runt omkring kan hjälpa och stötta. För personer med kemisk intolerans och astma/allergi stöd och hjälp, och i så fall av vem? Personer med kemisk intolerans rapporterade att deras partner och andra familjemedlemmar var de som gav mest förståelse och praktisk hjälp. Vänner och arbetskamrater var förstående och hjälpsamma i vissa avseenden. Det kan vara svårt för personer som inte är i den allra närmaste vänskretsen

att ha förståelse för speciella ”regler” (som att inte använda parfym) och många dagars sjukfrånvaro, vilket kan påverka både produktionen och arbetsbördan för andra. Personer med kemisk intolerans upplevde att hälso- och sjukvårdspersonal samt intresseföreningar/stödgrupper inte var till hjälp eller stöd, särskilt inte när det gällde att ge praktiskt och informativt stöd. Personer med astma/allergi upplevde att deras partner och familjemedlemmar gav mest stöd, och det i form av förståelse och praktisk hjälp. De upplevde också att stödet från hälso- och sjukvården var gott, särskilt när det gällde att ge information. Här skiljer sig känslighetsgrupperna åt. Det beror förmodligen på att astma/allergi är något som är känt och accepterat både i samhället och inom hälso- och sjukvården, medan kemisk intolerans fortfarande är ett till stor del oförklarat fenomen. Därför kan det, i brist på kunskap, vara svårt för omgivningen att förstå, hjälpa och stötta.

Några avslutande reflektioner

Vad säger oss dessa forskningsrön? Den höga graden av samförkomst mellan olika former av särskild miljö känslighet understryker betydelsen av individfaktorer roll vid dessa hälsotillstånd, särskilt beträffande SBS-problematik. I överensstämmelse med detta visade resultaten att personer med denna problematik angav inte bara ett antal olika luktkällor som triggerfaktorer för sina symptom, utan även källor till EMF. Det är således viktigt att inte utgå ifrån att det alltid är kemiska ämnen i inommiljön som är orsaken till hälsoproblem vid SBS. Det framkom också att förekomsten av miljö känslighet varierar betydligt beroende på de kriterier som används för miljö känsligheten ifråga. Detta i kombination med det faktum att kriterierna i sig är generellt sett behäftade med tvetydighet gör, att framtida forskning bör fokusera på förbättring av dessa kriterier. Att leva med kemisk intolerans, såsom SBS och SHR (en form av MCS), kan innebära mycket negativa konsekvenser för livskvaliteten hos den drabbade personen, vilket de kvalitativa studierna har illustrerat. Här framkom också att SBS tycks kunna utvecklas till att övergå till MCS, vilket delvis kan förklara varför konsekvenserna för livskvaliteten vid SBS och SHR liknade varandra i viktiga avseenden.

Risikfaktorer för kemisk intolerans utgör en viktig inkörsport till frågan om möjliga orsaker till denna intolerans. Två sådana riskfaktorer är kvinnligt kön och oro för att miljö exponeringen ska vara skadlig för den egna hälsan. Frågan om vad som ligger bakom kvinnligt kön som riskfaktor för miljö känslighet är troligen mångfacetterad. Fyndet att kvinnor tycks uppvisa ett mer markant ”falskt-alarm-beteende” vid exponering för ett kemiskt ämne kan, något spekulativt, tolkas som att det är viktigare för

kvinnor än för män att upptäcka möjliga hälsorisker i miljön. I vilken utsträckning detta, liksom den kvinnliga dominansen i förekomst av miljö känslighet, kan kopplas till biologi och/eller socialkonstruktivism (konstruktion av människor i samspel) blir en utmaning för framtida forskning. Vi finner att graden av exponering spelar en relativt begränsad roll, och att det istället är förekomsten av luftförorening från exponeringen och uppfattningen om av att exponeringen är hälsofarlig som avgör om hälsosymptom kommer att utvecklas. Detta tycks även påverka prestationsförmågan. Ytterligare forskning behövs dock vad gäller dessa effekter på hälsa och prestation. Oro för hälsan visade sig förekomma inte bara gentemot det man har utvecklat en särskild känslighet mot, utan även gentemot andra miljö faktorer och teknologiska faktorer. Longitudinella studier behövs för att undersöka om denna generella oro för nämnda faktorer efter hand kan bidra till utveckling av andra former av särskild miljö känslighet.

Det empiriska stödet för att neural sensitisering tycks förekomma vid kemisk intolerans är viktigt för att kunna förstå de mekanismer som ligger till grund för denna typ av miljö känslighet. Aktiveringsmönstret i hjärnan vid lukt exponering ringar in det limbiska systemet som en nyckelspelare för reglering av strukturer i hjärnan som i sin tur reglerar hälsotillstånd. Framöver kommer vi att rikta vår uppmärksamhet även på andra aspekter än beteende och hjärnaktivitet. Exempel på detta är immunförsvarsmekanismer och metaboliter i blodet som skulle kunna vara indikatorer på sensitisering i andra delar av kroppen. Det kommer dock att dröja innan vi vet tillräckligt om underliggande mekanismer för att kunna rekommendera behandlingsmetoder.

Vad kan göras innan dess för att lindra besvären vid särskild miljö känslighet? Vilka strategier för egenhantering kan vi rekommendera? Vanliga strategier vid kemisk intolerans visade sig vara att försöka acceptera besvären, att omprioritera vad som är viktigt och att inte tänka på besvären. Den vanligast använda strategin är dock att undvika miljöer som ger upphov till besvären. I vilken utsträckning denna strategi är lämplig även ur ett längre tidsperspektiv återstår att undersöka. Beträffande stöd från omgivningen finns det mycket att förbättra inom hälso- och sjukvården. Ett första, och relativt enkelt steg för hälso- och sjukvården är att förbättra det bemötande man ger personer som söker vård för särskild miljö känslighet.

Tillkännagivanden

Vi vill tacka Annika Glader för hennes insatser som ansvarig för KLUCK 2-projektet inom vilket detta arbete har genomförts.

För dig som vill veta mer om SBS i relation till annan miljö känslighet

Vetenskapliga artiklar producerade inom KLUCK 2-projektet

Andersson, K., Nordin, S., & Warg, L.-G. (2010). Inomhusklimat och riskkommunikation. Fagbladet Allergi i praxis, 52-58.

Nordin, M., & Andersson, L., Nordin, S. (2010). Coping strategies, social support and responsibility in chemical intolerance. Journal of Clinical Nursing, 19, 2162-2173.

Andersson, L., Lundberg, C., Åström, J., & Nordin, S. (2011). Chemosensory attention, habituation and detection in women and men. International Journal of Psychophysiology, 79, 316-322.

Claeson, A.-S., & Nordin, S. (2011). Gender differences in nasal chemesthesis: A study of detection and perceived intensity. Chemosensory Perception, 4, 25-31.

Nordin, S. (2011). Känslighet för miljö faktorer. Psykologtidningen, nr 9, 29-31.

Nordin, S., Andersson, L., Olofsson, J.K., McCormack, M., & Polich, J. (2011). Evaluation of auditory, visual and olfactory event-related potentials for comparing interspersed- and single-stimulus paradigms. International Journal of Psychophysiology, 81, 252-262.

Söderholm, A., Söderberg, A., & Nordin, S. (2011). The experience of living with sensory hyperreactivity: Accessibility, financial security and social relationships. Health Care for Women International, 32, 686-707.

Andra vetenskapliga skrifter av intresse

Andersson, L., Bende, M., Millqvist, E., & Nordin, S. (2009). Attention bias and sensitization in chemical sensitivity. Journal of Psychosomatic Research, 66, 407-416.

Dalton, P. (2002). Odor, irritation and perception of health risk. International Archives of Occupational and Environmental Health, 75, 283-290.

Hausteiner, C., Bornschein, S., Hansen, J., Zilker, T., & Förstl, H. (2005). Self-reported chemical sensitivity in Germany: A population-based survey. International Journal of Hygiene and Environmental Health 208, 271-278.

International Programme on Chemical Safety/World Health Organization (IPCS/WHO) (1996). Conclusions and recommendations of a workshop on multiple chemical sensitivities (MCS). Regulatory Toxicology and Pharmacology 24, 188-189.

Larsson, C., & Mårtensson, L. (2009). Experiences of problems in individuals with hypersensitivity to odours and chemicals. Journal of Clinical Nursing, 18, 737-744.

Norbäck, D. (2009). An update on sick building syndrome. Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology, 9, 55-59.

Skovbjerg, S., Brorson, S., Rasmussen, A., Johansen, J.D., & Elberling, J. (2009). Impact of self-reported multiple chemical sensitivity on everyday life: A qualitative study. Scandinavian Journal of Public Health, 37, 621-626.

Snyder, C.R. (1999). Coping: The psychology of what works. New York: Oxford University Press.

Webbplatser

www.kominmiljo.eu
www.fhi.se
www.who.int



Berndt Stenberg
**Professor vid Institutionen
 för folkhälsa och klinisk
 medicin, Umeå universitet
 och överläkare vid Hud- och
 STD-kliniken, Norrlands
 Universitetssjukhus.**

Berndt har i projektet arbetat med att tillsammans med Berit Edvardsson studera hur symtom och arbetsförmåga utvecklas över tid för patienter med SBS-symtom. Berndt har också ingått i ledningsgruppen för KLUCK-projektet.

berndt.stenberg@vll.se



Berit Edvardsson
**Doktorand, Folkhälsa och
 Klinisk medicin, Umeå
 universitet. Specialist i
 allmänmedicin, Arbets- och
 Miljömedicin, Norrlands
 universitetssjukhus.**

I sin forskning har Berit följt upp patienter som har symtom från inomhusluften med avseende på prognos, självbild och copingförmåga. Berit arbetar också kliniskt med patienter som remitterats till sjukhus för utredning av arbetsskador. Beräknar att disputera 2012.

berit.edvardsson@epiph.umu.se

Sjuka hus-syndromet och kroniska hälsoproblem

En studie i varför vissa blir långvarigt sjuka och arbetsförmögna av dålig inomhusluft

Berndt Stenberg och Berit Edvardsson

I västvärlden vistas människor inomhus eller inne i olika transportfordon under större delen av dygnet, vilket innebär att inomhusmiljön kan ha en betydande inverkan på människors hälsa, välbefinnande och arbetsförmåga. Ett hälsoproblem som kan uppkomma i miljöer med dålig luftkvalitet brukar benämnas sjuka hus-syndromet eller SBS efter det engelska uttrycket Sick Building Syndrome. Vår undersökning inom KLUCK 2 fokuserade på patienter som remitterats till Norrlands Universitetssjukhus på grund av symtom som har samband med sjuka hus. Vi ville veta hur det går för patienterna i ett längre perspektiv och förstå varför vissa patienter utvecklar kroniska besvär.

Sjuka hus-syndromet (SBS) brukar definieras som en kombination av symptom i hud, ögon och luftvägar och s.k. allmänsymptom. Symptomen skall försvinna när den drabbade personen lämnar en byggnad som har problem med inomhusluften. Vår kliniska erfarenhet är att vissa som drabbats av SBS-symptom inte tillfrisknar.

Vår undersökning visar att ett flertal fortsätter att ha besvär i många år, trots att man vidtagit åtgärder för att bli av med dem. Tiden är en avgörande faktor för både läkning av symptom och arbetsförmåga. Att ha en reumatisk sjukdom har också betydelse för prognos. En faktor vi studerat är om patienternas personlighetsprofil och copingförmåga, det vill säga förmåga att hantera stressande situationer, har betydelse för hur besvären utvecklas. Våra slutsatser är att SBS-patienter som kvalificerar sig för specialistutredning har en självbild och copingförmåga som avviker från normalpopulationen. Den profil av självbild och coping som vi hittat kan utgöra en risk för stress i en miljö som inte matchar personlighetsprofilen och därmed öka eller vidmakthålla SBS-symptom från inomhusmiljön.

Vårt fynd att lång tid från insjuknande till undersökning på sjukhus är en riskfaktor, vilket antyder att långvarig exponering i en olämplig miljö kan vara avgörande för hur symptomen utvecklas över tid. Detta i sin tur leder till slutsatsen

att SBS-symptom bör uppmärksammas och åtgärdas snabbt för att utveckling av kroniska symptom skall förebyggas.

Bakgrund

I den fortsatta texten använder vi förkortningen SBS för sjuka hus-syndrom. SBS har på goda grunder kritiserats som begrepp eftersom det helt fokuserar på byggnaden som problem och på grund av svårigheten att definiera vad en "sjuk byggnad" de facto är. I stället har man föreslagit ospecifika byggnadsrelaterade symptom som lämplig beteckning. Eftersom SBS är ett etablerat och vida använt begrepp kommer vi ändå att använda denna term i rapporten.

Det finns inga tidigare studier av prognosen för personer med SBS-symptom, men man känner till vissa riskfaktorer för att utveckla symptom. En välkänd faktor är kvinnligt kön; symptomen är 2-3 gånger så vanliga bland kvinnor jämfört med män. Bakgrunden och förklaringen till denna könsskillnad är inte ännu klarlagd. Det har också föreslagits att tidigare allergier (framför allt t.ex. astma och hösnuva) skulle öka risken för symptom. Stress har i många studier också visat sig vara en tydlig riskfaktor för SBS-symptom. Studier av personlighetsfaktorer och coping i relation till SBS-symptom är få och delvis motsägelsefulla.

Våra hypoteser inför undersökningen av prognosen för SBS-patienter var bland annat att:

- **Tiden** är en avgörande faktor för utvecklandet av kroniska besvär; den tid som förlöper från att symptomen börjat till att utredning och uppföljning äger rum, borde spela en roll.
- **Tidigare hälsoproblem** skulle också kunna ha betydelse för hur fort patienten blir kvitt symptomen efter att exponering för olämplig inomhusmiljö upphört.
- **Personlighet** (självbild) och **copingresurser** skulle kunna ha betydelse för läkningen. Om personerna har en självbild och copingstil som inte är funktionell i förhållande till livsomständigheterna skulle det kunna leda till en stress som försenar läkningen av SBS-symptomen.

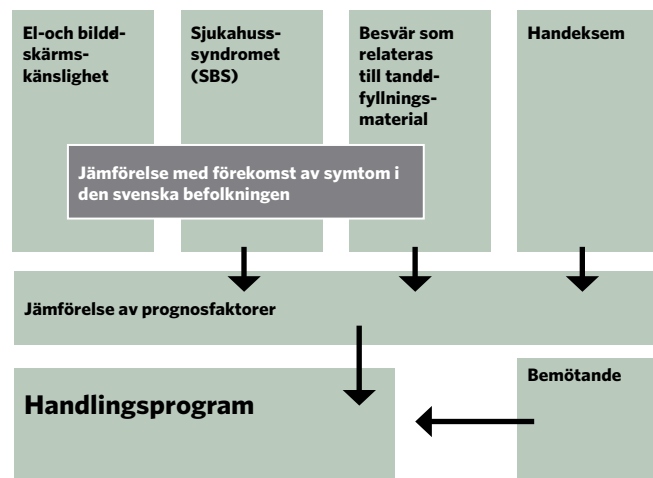
Grunden till vårt forskningsprojekt lades på 1980-talet med projektet ”Inomhusmiljö och hälsa bland kontorsarbetare i Västerbotten”, där 4943 kontorsarbetare i Västerbotten besvarade enkätformulär om symptom, arbete, psykosociala faktorer och där noggranna undersökningar av deras arbetsmiljö gjordes. Projektet resulterade i fyra doktorsavhandlingar men även ett nytt, tvärvetenskapligt samarbete som fortgår än idag.

I det kliniska arbetet med SBS-patienter gjorde vi iakttagelsen att det fanns vissa likheter mellan a) SBS-symptom b) symptom som rapporterades av personer som upplevde besvär av bildskärmsarbete och andra elmiljöer, och även c) symptom som personer upplevde att de fick till följd av tandfyllningsmaterial. Vi såg att alla dessa patientgrupper karakteriserades av att en del personer fick mycket långvariga besvär och dessa iakttagelser födde tanken på ett projekt där vi skulle:

- Studera den medicinska och sociala prognosen för patienter som utretts för SBS-symptom.
- Jämföra denna patientgrupp med el- och bildskärmskänsliga patienter samt patienter från tandvården som upplever besvär från andfyllningsmaterial.
- Jämföra dessa ”miljösyndrom” med en annan etablerad, välkänd miljörelaterad sjukdom, nämligen handeksem.

En undersökning av symptom som är typiska för ovan nämnda miljösyndrom hos den svenska befolkningen gjordes år 1999 och dessa data använde vi också som jämförelse. Arbetet har skett i en tvärvetenskaplig forskargrupp vid Umeå universitet med forskare från:

- Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin (Dermatologi, Epidemiologi, Yrkes- och Miljömedicin),
- Institutionen för Sociologi,
- Psykologiska Institutionen och Tandläkarhögskolan, alla Umeå universitet.



Figur 1 Skiss över det projekt inom vilket undersökningen av SBS-patienter ingår som en del.

I projektet ingick en doktorand vid Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin samt två doktorander från Tandläkarhögskolan varav en nu disputerat. Syftet med vår studie var att kunna ge en bild över hur SBS-symptomen utvecklas över tid. Detta innebär att följande frågeställningar besvaras:

- Hur ser den medicinska och sociala prognosen ut för patienter som remitterats till sjukhus på grund av SBS-symptom?
- Vilka faktorer bidrar till a) att en del patienter utvecklar kroniska symptom och b) att patienter med dessa symptom får nedsatt arbetsförmåga?
- Kan resultaten ge underlag för en handlingsmodell som kan användas främst i primärvården för patienter med miljösyndrom?
- Vilka huvudpunkter bör en sådan handlingsmodell innehålla?

Material och metoder

Den studie som här beskrivs omfattar endast patienter med SBS-symptom. Den ingår som nämnt i ett större projekt omfattande patienter med olika miljösyndrom och patienter med handeksem (se figur 1)

Underlaget för studien utgjordes av patienter registrerade vid Hud- respektive Yrkes- och miljömedicinska klinikerna vid Norrlands Universitetssjukhus i Umeå. Under perioden 1986-1998 registrerades 279 patienter med SBS-symptom. För att få ingå i undersökningen skulle patienterna ha haft minst ett typiskt SBS-symptom som förvärrats i en viss byggnad. Andra orsaker till symptomen än SBS skulle också vara uteslutna. Ett register med 239 patienter, 24 män och 215 kvinnor, upprättades

och uppgifter från patientjournalen registrerades. En postenkät skickades ut och 79,1% svarade.

Enkäten innehöll frågor om civilstånd, tidigare och nuvarande hälsa och symptom, vård, behandling och andra åtgärder som vidtagits, konsekvenser av symptomen, utlösande faktorer, nuvarande arbetsförhållanden. Självbild bedömdes med hjälp av Structural Analysis of Social Behaviour (SASB) och coping med instrumentet Coping Resources Inventory (CRI), se figur 3 på sid 49. I analyserna av SASB och CRI använde vi oss av personer från normalbefolkningen som också svarat på frågorna i SASB och CRI och som matchade våra patienter med avseende på kön och ålder.

Beskrivning av patienterna vid första undersökningen på sjukhus

De vanligaste startsymptomen var hetta i ansiktet, torrhet och irritation i halsen, irriterade ögon och trötthet. Medelåldern på patienterna var 46 år vid första besöket på sjukhuset och den genomsnittliga tiden från start av symptom till första undersökning var 3,8 år. Den kliniska undersökningen visade att följande symptom var vanligast:

- Trötthet (67,1%),
- Torra/irriterade ögon (68,2%),
- Ansiktsrodnad (71,1%),
- Huvudvärk (39,9%),
- Nässymptom (46,2%),
- Torr/irriterad hals (30,1%), och
- Kroppsklåda (26,6%)

Andra hälsoproblem relaterade till miljöfaktorer var symptom på grund av tandfyllningar (4,0%), bildskärmsrelaterade hudsymptom (12,7%), och upplevd elkänslighet (6,9%). Enligt journalen hade mer än hälften av patienterna varit exponerade för fuktskador. Andra vanliga problem som noterades var arbete i ett ”sjukt hus” och bristande ventilation.

Symptom vid uppföljningstillfället

Av 189 patienter som besvarade enkäten var 92% kvinnor och 8% män. Medelåldern var 43 år. Vid tiden för uppföljningsenkäten, 1-13 år efter den första kliniska undersökningen, var de vanligaste symptomen som upplevdes varje vecka under de senaste tre månaderna:

- trötthet (49,7%),
- ögonsymptom (36,4%),
- ansiktsrodnad (33,7%), och
- nässymptom (33,7%).

Vi jämförde patienternas symptom med förekomsten av liknande symptom i den svenska befolkningen och i andra patientgrupper (patienter med bildskärmsrelaterade besvär och upplevd elkänslighet) som vi följt upp med liknande enkäter.

Resultaten visade att patientgruppen skilde sig från normalbefolkningen. Symptom i slemhinnor var vanligast bland SBS-patienterna. I jämförelse med svensk normalbefolkning var trötthet, yrsel, koncentrationssvårigheter, ögonsymptom, nässymptom, torr hud i ansiktet, ansiktsrodnad, sensoriska symptom i ansiktet, munsveda och muntorrhet vanligare bland SBS-patienterna. I jämförelse med patienter med symptom relaterade till bildskärmar och elmiljöer hade SBS-patienterna mera symptom i ögon och luftvägar.

Eftersom patienterna till stor del var kvinnor har vissa analyser gjorts med fokus på dessa. Hälften av kvinnorna hade en uppföljningstid på fem år eller mindre. De allra flesta av dessa hade oförändrade symptom från den första kliniska undersökningen. Endast 7,5% av den totala gruppen kvinnliga patienter hade blivit av med sina symptom, medan tre femtedelar hade kvar alla eller nästan alla symptom. Symptomen avtog med tiden. Patienterna med SBS-symptom hade en bättre prognos över tid jämfört med patienter som upplevde elkänslighet, men en sämre prognos än dem som hade besvär av bildskärmsarbete.

Vi analyserade vilka faktorer som verkade vara av betydelse för kvarstående symptom vid uppföljning. Risken för att ha kvar symptom var störst bland dem som 1) remitterats sent till sjukhus och 2) bland dem med kort uppföljningstid. Yrke, ålder och tidigare atopiska sjukdomar (tidigare böjveckseksem, astma eller hösnuva) påverkade inte risken för kvarstående symptom. Resultaten ändrades inte om vi tog med män i analysen.

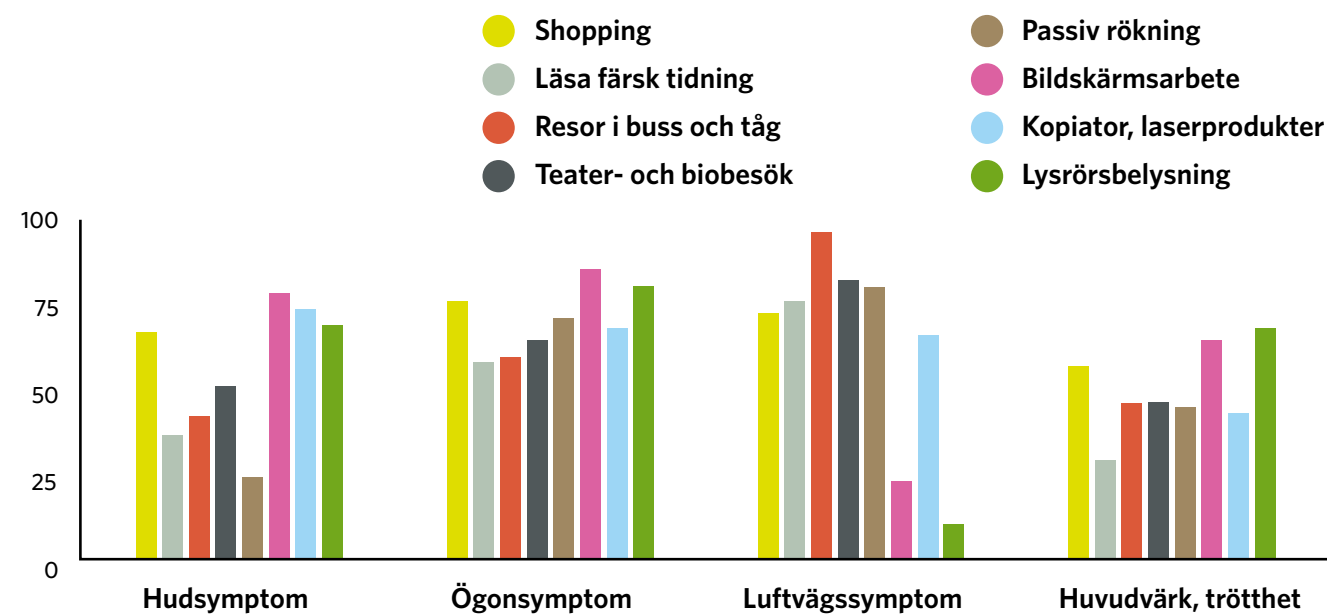
Åtgärder för att lindra symptomen

De vanligaste vidtagna åtgärderna var byte av arbetsplats (63,2%) och förbättrad ventilation (40,2%). Hälften av dem som bytt arbetsplats bedömde att det hade stor betydelse för deras förbättring medan 30% inte ansåg att det hade haft någon betydelse.

Andra självskattade viktiga åtgärder var sjukskrivning/sjukpension på grund av SBS-symptom. Tolv procent av kvinnorna hade genomgått byte av tandfyllningsmaterial på grund av symptom och av dessa upplevde 60% att det var av betydelse för deras hälsa.

Arbetsförmåga

Var femte patient hade fått sjukpension på grund av symptomen. Av dessa bedömde 14,0% att de var helt arbetsoförmögna. Vi gjorde ingen analys av risken för att bli sjukpensionerad eftersom systemet och kriterierna för denna typ av pension



Figur 2 Antal personer som upplever att situationer och exponeringar förvärrar olika typer av SBS-symptom.

ändras över tid. Under året 1999 hade 63,6% av kvinnorna i patientgruppen i åldern 60–64 år sjukpension på grund av SBS-symptom. Som jämförelse hade 41,0% av kvinnorna i Västerbotten i samma ålder under samma år fått sjukpension av olika orsaker (statistik från Försäkringskassan).

Vi analyserade vilka faktorer som verkade ha betydelse för arbetsförmågan och fann att 1) Patienter med tidigare reumatisk sjukdom hade en ökad risk för nedsatt arbetsförmåga på grund av SBS-symptom vid uppföljningen. 2) Risken var ökad om tiden från debut till första undersökning på sjukhus översteg ett år och 3) Om patienten vid första undersökning hade fler än 5 symptom. Analys som inkluderade män ändrade inte resultatet.

Symptomutlösande faktorer

Nästan 60% av de kvinnliga patienterna upplevde symptomförsämring vid besök i affärer och som figur 2 visar är det ögonsymptom som vanligen förvärras. Figuren illustrerar vilka problem patienterna kan uppleva såväl i arbetssituationer som i vardagslivet.

Självbild och coping

Efter uppföljningen gick vi vidare med att analysera självbild och coping hos SBS-patienterna.

Vår självbild formas redan i barndomen i samband med den tidiga anknytningsprocessen och består av flera olika uttryck som vi visar i interaktion med andra personer. Med andra ord formas vår självbild av relationen till andra människor. En for-

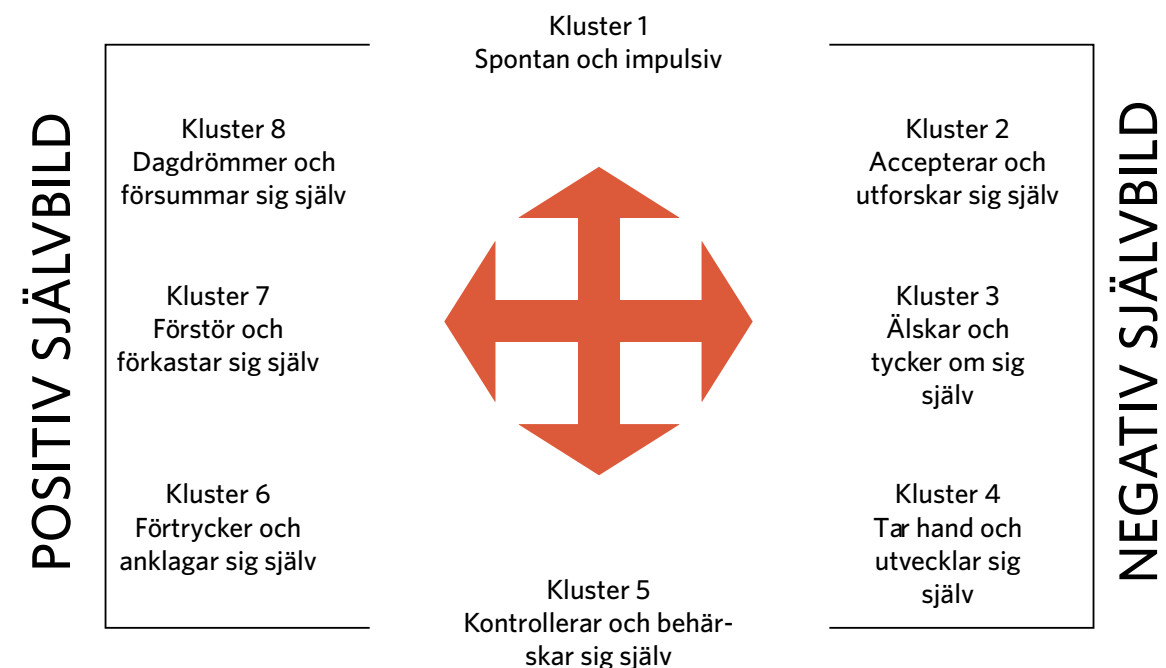
maliserad bild av de olika delar som formar den ses i figur 3. För att kartlägga en persons självbild poängsätter han eller hon olika påståenden som rör de olika delarna i självbilden. I vår undersökning delade vi sedan in de olika poängtalen i hög, medel och låg (negativ, positiv m.m.) självbild. Coping kan förklaras som de strategier man använder för att möta stressande situationer. Exempelvis kan en människa som får symptom bestämma sig för att undvika det han/hon tror utlöser symptomen (problemfokuserad coping), medan en annan person accepterar symptomen och omprioriterar sitt liv (känslofokuserad coping). Dessa exempel är olika copingstilar.

Vi undrade om självbild och coping inom patientgruppen hade någon inverkan på prognosen, det vill säga om dessa två faktorer påverkade förekomsten av kvarstående symptom och oförmågan att arbeta på grund av SBS-symptom vid uppföljningen. Vi fann att självbild och coping inte påverkade prognosen med avseende på kvarvarande SBS-symptom vid uppföljning men att en låg skattning av negativ självbild ökade risken för att inte ha kvar sin arbetsförmåga (p.g.a. SBS-symptomen) vid uppföljning. Ett viktigt fynd var att patienternas personlighetsprofil avviker i jämförelse med normalbefolkningen.

Resultat

Våra resultat visar att många patienter fortfarande besväras av SBS-symptom flera år efter utredningen trots att åtgärder vidtagits för att åtgärda orsakerna till symptomen. Trots att arbets-

Figur 3 Skiss över hur självbild mäts med instrumentet Social Analysis of Structural Behaviour (SASB).



förmågan är nedsatt under lång tid klarar många trots allt av att arbeta. Tiden är en viktig faktor, i allmänhet avtar besvären över tid. Det är dock uppenbart att patienternas livsföring är inskränkt i vardagliga situationer. Vi jämförde resultaten från våra patienter med resultaten från en normalpopulation och patienternas självbild och copingförmåga skiljde sig från denna. Denna avvikande självbild bedömer vi kan vara en bidragande orsak till att dessa patienter som grupp har haft en mera ogynnsam prognos än andra drabbade personer och därför remitterats till oss för vidare utredning och handläggning.

Inom patientgruppen var risken för nedsatt arbetsförmåga större om patienterna hade låg skattning av sin negativa självbild.

Det måste också understrykas att den undersökta patientgruppen är en mycket begränsad grupp bland alla dem som råkar ut för SBS-symptom. Det finns dock ingen allmän studie om vad som händer med personer som utvecklar dessa symptom. Vi antar att de patienter vi sett har en sämre prognos än personer som inte remitterats till sjukhus. Det ligger i sakens natur att patienter som har den besvärligaste situationen remitteras till specialister. Vårt fynd att patienter med många symptom och med lång tid mellan symptomstart och undersökning har en sämre prognos, stärker bedömningen att patienter med långdragna och multipla symptom oftast skickas till utredning på sjukhus. För att få en mera allmängiltig syn på prognosen vid SBS bör fortsatta studier göras på personer med tidiga symptom av alla svårighetsgrader.

Ett antal av de kvinnliga patienterna rapporterade andra samband med miljöfaktorer såsom tandfyllningsmaterial (4%), bildskärmsarbete (12,7%) och elmiljöer i allmänhet (6,9%). Vi beslöt att inte exkludera dessa personer från analyserna eftersom detta speglar ett normalt fynd bland våra patienter med SBS-symptom.

Skattningen av självbild och coping är också förenad med metodproblem. Tvärt emot vad teorin säger ser vi som ett generellt, om än inte statistiskt säkerställt, mönster att låg copingförmåga är associerad till sämre prognos. Det borde vara tvärt om. En fråga som väcks är om patienterna "överskattar" sin copingförmåga i enkäten. Man vet att personlighetsdrag och coping kan påverkas och ändras till exempel med hjälp av terapi, men allmänt anser man att profilen är relativt stabil över tid.

En viktig iakttagelse som bör leda till vidare forskning är den extrema könsfördelningen i vår patientgrupp. I tidigare studier bland kontorsarbetare och i normalbefolkningen har vi sett att kvinnor har en 2-3 gånger så hög förekomst av SBS-symptom i jämförelse med män. Bland våra patienter är detta förhållande 12:1. Vi vet av andra studier att kvinnor tenderar att söka vård i större utsträckning än män, men om detta förklarar hela skillnaden eller om det också avspeglar en sämre prognos och därmed en ökad remissfrekvens för kvinnor är osäkert.

Vissa forskare har föreslagit att SBS är en typ av multipel kemisk känslighet (MCS, multiple chemical sensitivity). MCS karakteriseras av en ökad känslighet för låga halter av kemiska

ämnen som kan vara helt obesläktade med varandra och att symptomen, som till viss del liknar SBS, försvinner när orsaken elimineras. MCS-symptomen berör flera organsystem vilket också gäller SBS-symptomen. Om långdragna SBS-symptom och MCS är överlappande eller identiska kliniska problem bör också undersökas vidare.

Atopiska sjukdomar såsom allergisk astma, hösnuva och atopiskt eksem (böjveckseksem) har föreslagits öka risken för utveckling av SBS-symptom. Det har dock inte varit vår kliniska erfarenhet. Våra tidigare studier och resultaten från denna studie stöder den kliniska iakttagelsen. En förklaring till ett "falskt" samband kan vara att enkäter som mäter SBS-symptom har svårt att skilja dessa från symptom som orsakas av den atopiska sjukdomen.

Tyvärr kan vi inte dra slutsatser om effekten av vidtagna åtgärder på basen av vår studie. Man kan dra felaktiga slutsatser av det faktum att de patienter som har de svåraste symptomen förmodligen också blivit föremål för mera omfattande åtgärder. Studier kring effekten av åtgärder måste utformas på ett annat sätt. Vårt fynd att lång tid från debut till undersökning på sjukhus är en riskfaktor antyder att långvarig exponering i en olämplig miljö kan vara en faktor som avgör hur symptomen utvecklas över tid. Detta i sin tur leder till slutsatsen att SBS-symptom bör uppmärksammas och åtgärdas snabbt för att utveckling av kroniska symptom skall förebyggas.

Om vi jämför resultaten av denna studie med de studier vi gjort av patienter med upplevd känslighet mot elmiljöer i allmänhet och av patienter med besvär från bildskärmsarbete ser vi att prognosen för SBS-patienter är bättre än den för elkänsliga men sämre än den för de med bildskärmrelaterade symptom.

Vår hypotes har varit att det kan finnas en länk mellan självbild, coping och SBS-symptom och att sambandet medieras av stress som uppstår som följd av en dysfunktionell balans mellan individens arbetsmiljö, personlighetsdrag och coping. En hög positiv och spontan självbild kan medföra svårigheter att sätta gränser. I samverkan med höga krav i arbetet kan detta leda till mental överansträngning (stress). Över tid kan denna stress öka känsligheten för miljöfaktorer som bristande inomhusmiljö. Stressen i sig kan även manifesteras i form olika symptom, till exempel trötthet och koncentrationssvårigheter. Diskussionen om stressens betydelse för symptom har stöd från tidigare studier av SBS-symptom, men även andra studier om sambandet mellan stress och andra sjukdomstillstånd. En positiv självbild i sig kan vara ett gynnsamt drag för hälsa och psykiskt välbefinnande. Våra patientfynd med en avvikande hög positiv självbild i kombination med låg kontroll och hög spontanitet frammanar bilden av en patient som ser sitt arbete som en utmaning. Detta stämmer med vår kliniska erfarenhet. Många personer försöker

i det längsta klara situationen med dålig inomhusmiljö genom att öppna fönster och gå ut i friska luften på raster. Detta beteende kan förlänga en olämplig exponering och öka risken för långvariga symptom.

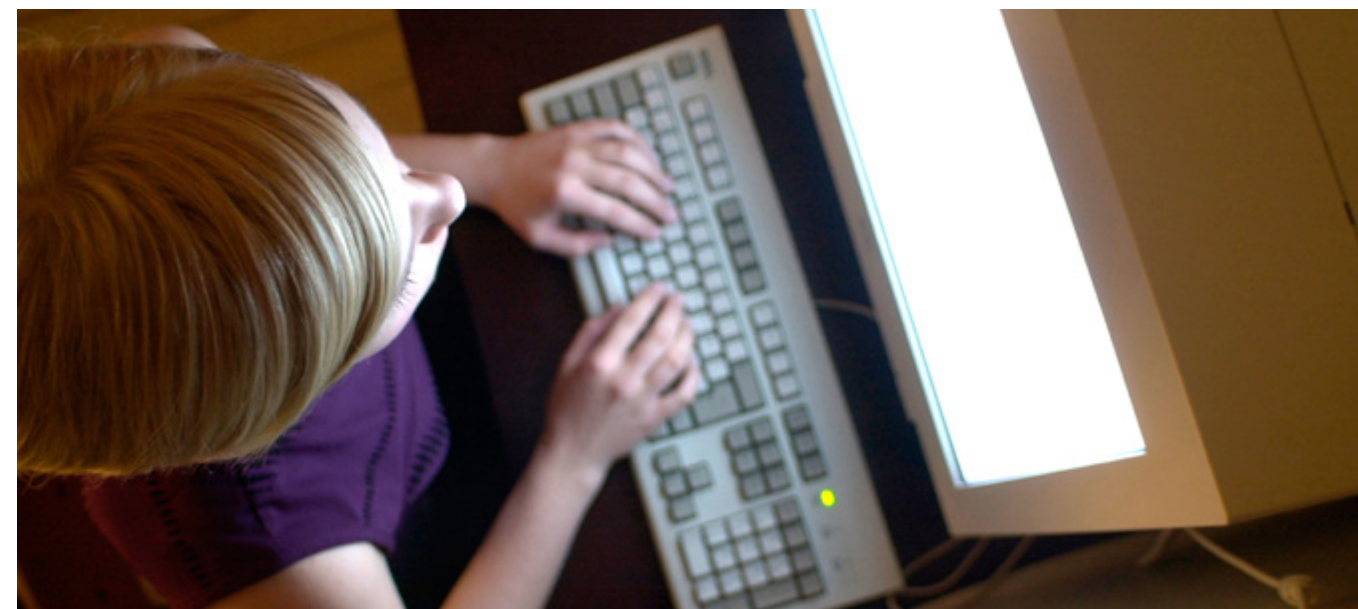
En hög negativ självbild har visat sig vara förenad med försämrad funktion och mera symptom. Vi såg ett samband mellan låg negativ självbild och nedsatt arbetsförmåga i våra resultat. Alla personer har inslag av positiv och negativ självbild samt en viss nivå av spontanitet och kontroll som en del av sin personlighet. En normal nivå av negativ självbild kan hjälpa en person att sätta gränser. Kombinationen av hög positiv självbild och låg negativ självbild kan med andra ord försvåra gränssättning och leda till att man blir stressad i vissa miljöer.

Konklusioner

Våra fynd visar att en betydande del av patienter som kliniskt bedöms ha symptom orsakade av olämplig inomhusmiljö kan utveckla långvariga symptom som avsevärt påverkar deras livsföring. Resultaten understryker betydelsen av tidiga åtgärder för att rehabilitera patienterna och vikten av förståelse av förvär-



Även om den kemiska belastningen är högre i vissa branscher är den inte alltid förklaringen till alla hälsoproblem.



Stress kan öka känsligheten för en dålig inomhusmiljö och leda bl.a. till trötthet och koncentrationssvårigheter.

rande faktorer för patienter med sjuka hus-syndromet. Dessa kunskaper är viktiga för såväl primärvård som högspecialiserade vårdgivare.

SBS-patienter som kvalificerar sig för specialistutredning har en självbild och copingförmåga som avviker från normalpopulationen. Den profil av självbild och coping som vi hittat kan utgöra en risk för stress i en miljö som inte matchar personlighetsprofilen. När patienter med långdragna symptom orsakade av miljöfaktorer kommer till undersökning kan det vara av vikt att bedöma deras självbild och copingförmåga. Om en olämplig exponering är uppenbar och symptomen är nyttillkomna bör man hjälpa patienten att snabbt komma ur den skadliga exponeringen. För att optimera läkningen kan dock patienterna behöva hjälp att inse och förstå hur deras självbild och coping kan bidra till symptomens uppkomst och läkning.

För dig som vill veta mer om sjuka hus-syndromet och kroniska hälsoproblem

Benjamin LS. A clinician-friendly version of the interpersonal circumplex: structural analysis of social behavior (SASB). *J Pers Assess.* 1996 Apr;66(2):248-66.

Edvardsson B, Stenberg B, Bergdahl J, Eriksson N, Linden G, Widman L. Medical and social prognoses of non-specific building-related symptoms (Sick Building Syndrome): a follow-up study of patients previously referred to hospital. *Int Arch Occup Environ Health* 2008 Jul; 81(7):805-12.

Eriksson NM, Stenberg BG (2006) Baseline prevalence of symptoms related to indoor environment. *Scand J Public Health* 34: 387-96.

Hammer A, Marting, S. Manual for the coping resources inventory. Consulting Psychologists Press. Palo Alto 1988.

Mendell MJ. Non-specific Symptoms in Office Workers: A review and Summary of the Epidemiologic Literature. *Indoor Air* 1993;3:227-36.

Norback D. An update on sick building syndrome. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2009 Feb; 9(1):55-9.

Stenberg B, Wall S (1995) Why do women report 'sick building symptoms' more often than men? *Soc Sci Med* 40: 491-502.

WHO (1983) Indoor Air Pollutants: Exposure and Health Effects. EURO Reports and Studies 78, World Health Organization, Copenhagen

Förklaringar på nyckelbegrepp och -förkortningar i denna temahelhet

Fall - kontrollstudie är en forskningsmetod där man jämför personer som lider av en viss åkomma med sådana som inte gör det. En fall kontroll-studie utgår ifrån människor som fått en viss sjukdom (fall). Fallens levnadsvanor och exponering för t.ex. kemikalier i luften undersöks. Fallen matchas med friska människor (kontroller) som väljs ut slumpmässigt men med avseende på ålder, kön och geografiskt område. Kontrollerna måste väljas eller matchas på ett sätt som är helt oberoende av den exponering man mäter.

VOC står för Volatile Organic Compounds och avser de flyktiga, organiska föreningar som frigörs i luften från en mängd olika material i vår omgivning.

Emission eller utsläpp innebär ämnen som frigörs ur olika material eller miljöer. Förknippas oftast med utsläpp av miljöfarliga ämnen och därför har de flesta länder lagar som begränsar vilka ämnen som får släppas ut och i vilken omfattning.

Del 2

Metoder för mätning av luftkvalitet

Denna del innehåller artiklar om delprojekten

- ***SBS och luftkemi***
- ***Emissioner från fuktskadade konstruktioner***



Bo Glas

Medicine doktor och yrkeshygieniker på Hudkliniken, Norrlands Universitetssjukhus.

I projektet har Bo arbetat med kontorsarbetares kemiska exponering där han bland annat studerat olika sätt att mäta exponering, variationen i exponering samt dess koppling till hälsa. Bo har också lett delprojektet Luftkemi och hälsa.

bo.glas@dermven.umu.se

Om konsten att fånga luft

Bo Glas

I vår inomhusluft finns en stor mängd av olika kemikalier som de flesta av oss inte registrerar eller reagerar på. Men för vissa personer kan det vara annorlunda. De kan få diffusa symptom som trötthet eller torra slemhinnor, men vad är det som dessa människor reagerar på? Går det att mäta?

Det finns ett stort antal källor i vår omgivning som bidrar till den blandning av kemikalier som vår inomhusluft består av. Till exempel datorer eller plastmattor och när produkterna eller materialen är nya avger de störst mängd ämnen. Efter några månader avtar denna kemiska process för att anta en ganska konstant nivå, de har "torkat". När olika material värms upp, som till exempel när man lagar mat eller använder kopieringsmaskin, avger de större mängder kemikalier ut i luften. Vi tillför också nya ämnen i luften genom parfymade hygien- och kosmetikaprodukter, rengöringsmedel eller genom de krukväxter vi har inomhus. Luftkvaliteten kan också påverkas av vattenskadorna i den byggnad där vi vistas. Vatten är en förutsättning för att mikroorganismer ska kunna växa och en fuktskada kan bidra till att olika byggnadsmaterial bryts ned, vilket i sin tur leder till att nya kemiska ämnen bildas. Man vet inte hur dessa alla ämnen som frigörs i luften påverkar oss, men det är tydligt att vissa människor upplever symptom när de vistas i hus där luften är osund av en eller annan orsak.

Symptomen kan vara:

- allmänsymptom som trötthet, en känsla av tungt huvud eller huvudvärk,
- slemhinnesymptom som torrhet eller irritation i ögon, näsa och hals,
- hudsymptom som torr eller på annat sätt irriterad hud i ansiktet.

Man har sett att risken att drabbas av dessa symptom minskar om man har en god ventilation. Men trots att det gjorts flera undersökningar vet man inte säkert vad i luften som ventileras bort.

När man studerat sambandet mellan kemisk exponering och

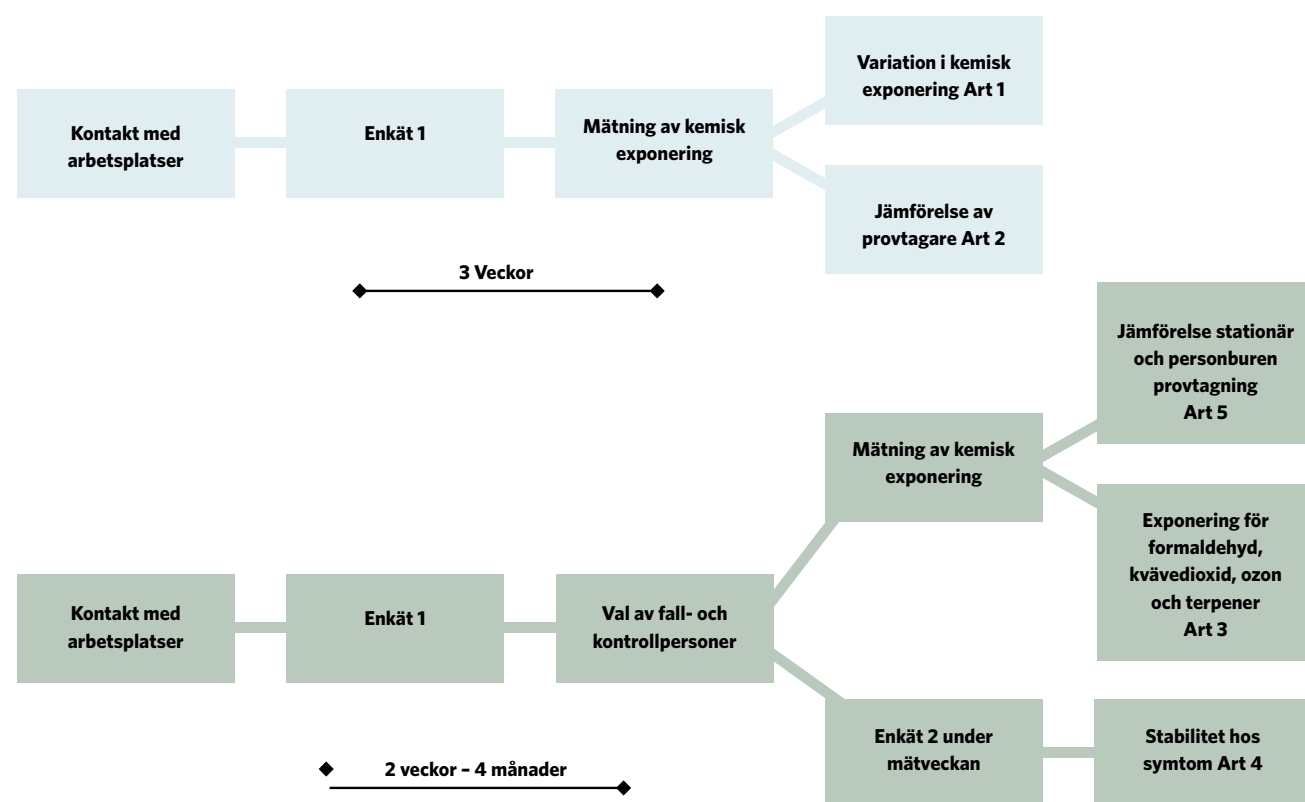
symptom kan man mäta exponeringen för alla personer i en grupp och fråga dem om deras symptom. För att hitta skillnader i exponering kan man sedan jämföra exponeringen bland dem som rapporterar symptom med dem som inte rapporterar symptom.

Ett annat sätt att angripa frågan är att man väljer ut fallpersoner, det vill säga sådana personer som har de symptom man vill studera, och sedan jämföra deras exponering med "kontrollpersoner", det vill säga sådana som inte uppfyller villkoren för en fallperson. Denna arbetsmetod kallas för fall – kontrollstudie. På detta sätt kan man väsentligt minska antalet mätningar och spara resurser.

Målsättningar

Syftet med vårt delprojekt var att hitta kemiska mönster som är associerade med ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa (även kallat sjuka hus-syndrom, eller SBS från engelskans Sick Building Syndrome). Eftersom det är betydligt vanligare att kvinnor drabbas, var en av frågorna om kvinnor har en annan kemisk exponering än män, och i så fall, om den exponeringen är associerad till ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa. I vår undersökning var vår strävan att dessutom få svar på följande frågor:

- Får man samma resultat om man använder personburna mätare som när man använder stationära exponeringsmätare?
- Är falldefinitioner som bygger på flera symptom stabilare än rapporter av enskilda symptom?
- Finns det samband mellan symptom och exponering för formaldehyd, kvävedioxid, ozon, α -pinen eller d-limonen (dessa ämnen är reaktiva ämnen eller naturliga doftämnen)?



Figur 1 Schema över den första (övre) och andra studien (nedre) samt artiklar.

Arbetsätt

Vårt arbete bygger på två studier med kontorsarbetare från Umeå och Vasa (se figur 1).

Översikt över projektets genomförande

- I första studien mättes 79 kontorsarbetares kemiska exponering. Dessa arbetade i åtta olika byggnader. Tre olika provtagare användes för att jämföra deras förmåga att skilja fall och kontroller. Variationen i kontorsarbetarnas kemiska exponering inom och mellan byggnader jämfördes.
- Inför den andra delstudien fick vi av Arbetsmiljöverket uppgifter om vilka arbetsplatser i Umeå som hade fler än 10 kontorsarbetare och dessa tillfrågades om att delta i studien. Några större företag i Vasa, där det var känt att det fanns klagomål på inomhusluften tillfrågades också.
- Vid fem tillfällen under åren 2004–2006 skickades den första enkäten ut i Umeå. I Vasa skickades den ut våren 2006. Totalt 3869 enkäter distribuerades bland kontorsarbetare på 83 arbetsplatser. Utifrån enkätsvaren valdes fallpersoner ut. Till dessa valde vi slumpmässigt ut kontrollpersoner som var ungefär lika gamla och av samma kön.
- Fall- och kontrollpersonernas kemiska exponering mättes under en veckas arbete. Vi gjorde personburna och stationära mätningar på arbetsplatserna och stationära mätningar i deltagarnas sovrum. Det var totalt 209 personer som arbetade på 58 olika arbetsplatser som deltog.
- Under den vecka som mätningarna pågick svarade deltagarna på den andra enkäten som innehöll frågor om deras livssituation. För majoriteten av deltagarna innehöll den även frågor om symptom under mätveckan.
- Byggnaderna och deltagarnas arbetsrum beskrevs med hjälp av ett strukturerat protokoll.
- Utvärdering av data och publicering av resultat.

Olika frågor att ta ställning till

Det finns ett antal val man måste göra vid en fall-kontrollstudie av ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa och exponering:

A. Klassificering av fall- och kontrollpersoner

De symptom som vi ville studera är ospecifika och vilket innebär att det kan finnas många orsaker till dem. För att hitta de ämnen som förorsakar symptom vill man jämföra exponeringen för personer vars symptom beror på kemiska ämnen och jämföra dessa med personer som inte exponerats för dessa ämnen. Att arbeta på detta sätt är omöjligt i praktiken. Detta eftersom man inte vet vilka som har symptom som beror på kemisk exponering. Ett sätt att öka chansen för att hitta tillförlitliga fallpersoner är att ringa in sådana fall som lider av många av de symptom som personer som besvärar av inomhusmiljö brukar ha. Ett annat sätt är att fråga om deltagarna kopplar ihop sina besvär med att de befinner sig in en viss byggnad. Båda dessa metoder har ifrågasatts då vissa hävdar att man ska undersöka olika symptom var för sig. Det har också visat sig att när man frågar var personer upplever sina besvär, så är personerna väldigt känsliga och lättpåverkbara. "Som man ropar får man svar". Däremot påverkas inte hur många som rapporterar symptom av den information som de får i samband med undersökningen.

B. Val av kontroller

En viktig fråga när man väljer kontrollpersoner är om de kan arbeta i samma hus som fallpersonerna. Fördelen med det är att undersökningen blir lättare att administrera och genomföra. Förutsättningen är dock att inte alla i huset har samma kemiska exponering, för då räcker det ju med ett prov, eller om man så vill; variabiliteten i exponering måste vara tillräcklig inom byggnader. Frågan är alltså om variationen är tillräckligt stor inom byggnader för att man ska kunna acceptera att kontroller arbetar i samma byggnad som fall?

C. Val av provtagningsmetod

Olika ämnen har olika kemiska egenskaper och därför måste man anpassa provtagnings- och analysmetod till de ämnen man vill mäta. De ämnen vi velat mäta är

- formaldehyd och kvävedioxid
- ozon
- flyktiga organiska ämnen (eng. Volatile Organic Compounds, VOC).

De tre första är reaktiva ämnen som är viktiga för de kemiska reaktioner som sker i luften. De har även direkta effekter på hälsan. Flyktiga organiska ämnen är en stor grupp med väldigt olika egenskaper, men proven på dem tas med samma provta-

gare. Vi valde ut tre olika provtagare för att se vilken som bäst fångar upp de ämnen som skiljer fall- och kontrollpersoner.

I flera studier av samband mellan kemisk exponering och symptom har man använt stationär provtagning, dvs. man har placerat ut provtagare i byggnader och antagit att den mätta exponeringen varit representativ för dem som arbetar i närheten av provtagarna. Detta är givetvis ett enkelt sätt att mäta exponering och det vållar inga större olägenheter för dem som arbetar i byggnaden. Frågan är vad som är bättre - stationära eller personburna mätningar. För att få svar på frågan ville vi undersöka om man kom till samma resultat med båda metoderna.

D. Provtagningsstid

Lämplig längd för provtagning bestäms av på vilket sätt de ämnen som påverkar hälsan verkar. Räcker en hög exponering under kort tid för att utlösa symptomen, eller krävs en viss exponering under en längre tid?

E. Kemisk analys

Metoden man använder för analys ska ha tillräcklig känslighet och de ämnen man mäter ska identifieras på samma sätt i varje prov. Ju känsligare metod man använder desto fler ämnen ska man särskilja från varandra och identifiera på ett korrekt sätt. Detta ställer stora krav på analysmetod och utrustning.

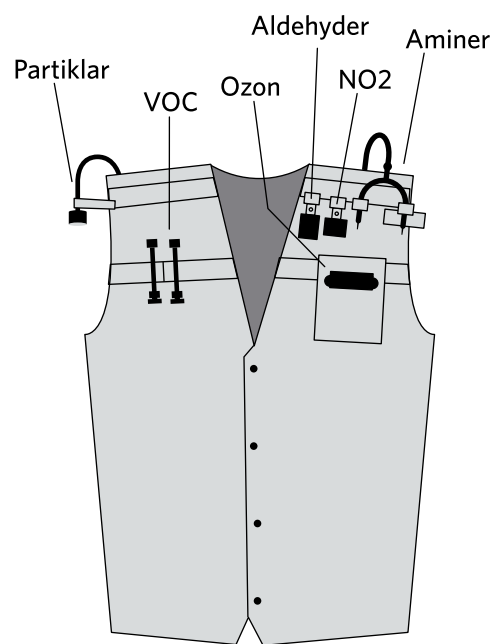
F. Utvärdering av resultat

För att utvärdera resultat användes olika statistiska metoder för att jämföra mängder, variation, samband och risker. Har man data där flera faktorer påverkar varandra och/eller samvarierar måste de hanteras på lämpligt sätt. Eftersom det har varit väldigt stora mängder data som hanterats har flera olika statistiska metoder använts. Med hjälp av dem kan man göra bilder baserade på data och i dessa bilder kan man sedan upptäcka likheter, skillnader och grupperingar i data (använda metoder har varit Principal Component Analysis - PCA, Partial Least Squares of latent structures - PLS och Partial Least Square Discriminant Analysis - PLS-DA). För en enkel beskrivning av sättet att utvärdera data se avhandlingen (Glas, 2010) i slutet av denna artikel.

Deltagare och enkäter

I den första studien mättes exponeringen av totalt 79 personer som arbetade i åtta olika byggnader. Av dessa var 52 kvinnor och 27 män och bland dessa fanns 15 fallpersoner.

Den andra studien genomfördes som en fall-kontrollstudie där alla arbetsplatser med fler än 10 kontorsarbetare tillfrågades om att delta. I Vasa deltog kontorsarbetare vid några större företag och även företag där det var känt att det fanns klagomål



Figur 2 Väst för personburen mätning med provtagare för olika kemikalier i inomhusluften.

mål på inomhusluften. Enkäten innehöll frågor om kön, ålder, familjesituation, utbildning och arbetsplats, hem och material i hem, upplevelse om luftens kvalitet på arbetet, tidigare och aktuella sjukdomar och livssituation.

Frågorna om symptom i Enkät 1:

- Har Du under de senaste 3 månaderna haft något/några av följande symptom? (Oavsett vad Du anser orsakar symptomet) Svartalternativen var Ja, Ofta (varje vecka), Ja, ibland och Nej, aldrig.
- Tycker Du att något av symptom Du haft under de senaste 3 månaderna lindras eller försvinner när Du inte vistas på arbetsplatsen? Svartalternativen var Ja/Nej.
- Har du just nu något/några av följande symptom? Svartalternativen var Ja/Nej.

I Enkät 2 var frågan:

- Har Du under veckan som de kemiska mätningarna pågått haft något/några av följande symptom? (Oavsett vad Du anser orsakar symptomet) Svartalternativen var Ja/Nej.

I den andra enkäten fanns dessutom utvidgade frågor om deltagarnas livssituation.

Vi har använt två falldefinitioner och jämfört hur deltagare i enkäter svarar på frågor om sina symptom de senaste tre måna-

derna och under den vecka som de mätte sin kemiska exponering. Fallpersoner definierades som de som hade haft minst ett allmän-, ett slemhinne- och ett hudsymptom under den period som angavs i frågan. Vi har också jämfört enskilda symptom och svaren vid olika tillfällen.

Enkäterna sändes ut i september och februari varje år med start i februari 2004 och slut i februari 2006. I Vasa sändes enkäter ut i februari 2006. Kontroller till varje fall valdes slumpmässigt bland de som var av samma kön och ungefär i samma ålder (±5 år). Den kemiska exponeringen för fall och kontroller mättes samtidigt. År 2006 gjordes också en systematisk beskrivning av byggnaderna och rummen där deltagarna arbetade.

Provtagning och analys

Personburna kemiska mätningar genomfördes av deltagarna själva under en arbetsvecka.

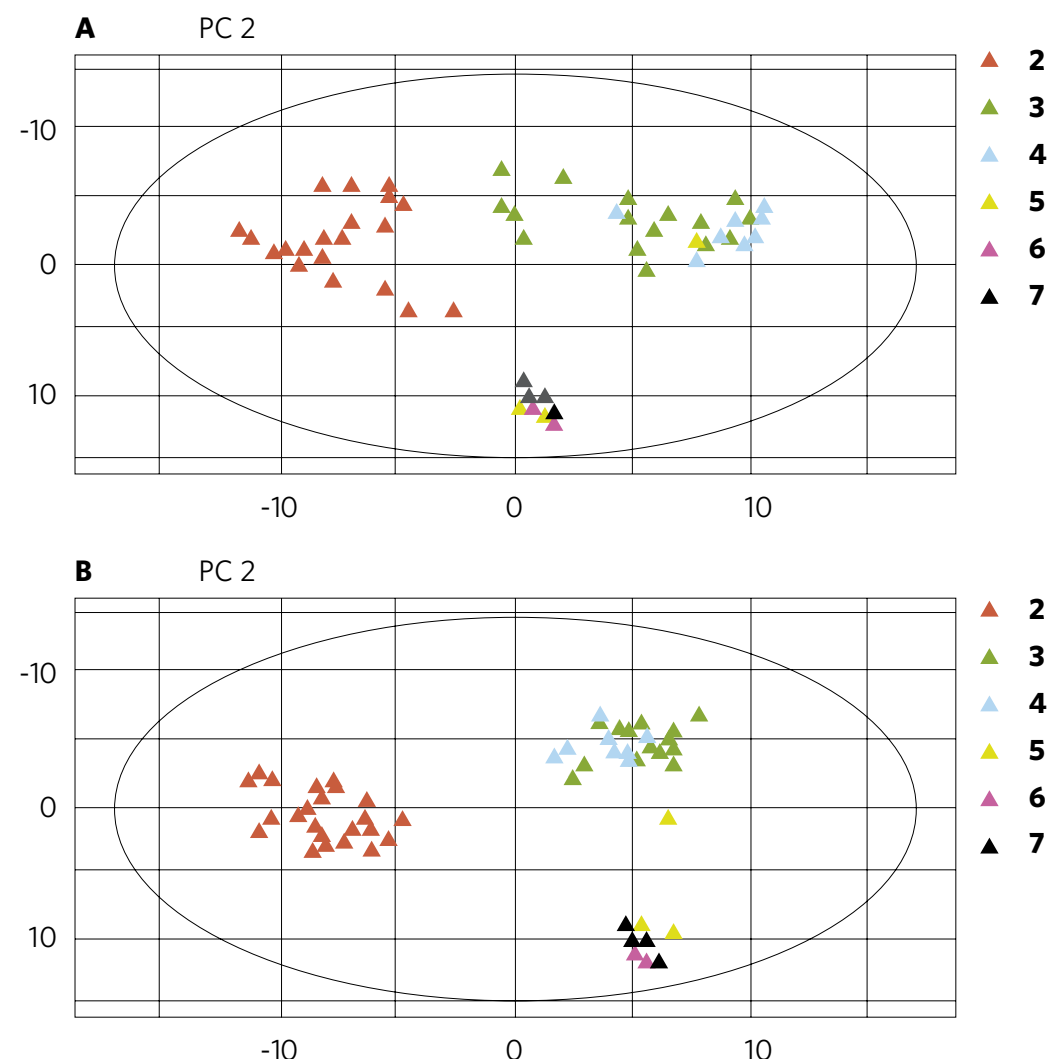
Förutom de ämnen som tidigare nämnts tog vi i den första studien även prov på partiklar och aminer. Eftersom vi inte kunde analysera dessa på ett meningsfullt sätt tog vi inga prov på dem i den andra studien. I den andra studien gjordes även stationära mätningar i deltagarnas arbetsrum. För alla prov av flyktiga organiska ämnen togs dubbelprov. Alla kemiska analyser genomfördes så fort som möjligt, dock senast andra veckan efter provtagningens slut. För en mer noggrann beskrivning av analyser se avhandlingen (Glas, 2010) eller artiklarna (Glas, 2004; Glas, 2008) i slutet av denna artikel.

Vad kom vi fram till?

Variation i kemisk exponering inom och mellan byggnader

I den första studien hittade vi totalt 518 olika VOC:ar i proven från de 79 deltagarna. Av dessa var minst 20 (25 %) deltagare exponerade för 119 VOC. Till detta kom data för formaldehyd, acetaldehyd, kvävedioxid, ozon och partiklar, alltså totalt 124 ämnen. För var och ett av dessa ämnen beräknade vi hur mycket av variationen i exponering som berodde på skillnader mellan individer och hur mycket som berodde på skillnader mellan byggnader och därefter beräknades en kvot däremellan. För de flesta ämnen var variationen större mellan deltagarna än mellan byggnaderna. Ämnen där variabiliteten till största delen berodde på skillnader mellan deltagarna var ämnen där man kan anta att det var de olika deltagarna som källan. Exempel på sådana ämnen är propylenglykol och myrcene som båda förekommer i hudvårds- och kosmetikaprodukter. Ämnen där variabiliteten till största delen kom från skillnader mellan byggnader var till exempel kvävedioxid som bildas vid förbränning och har sin främsta källa i trafiken utanför byggnaderna. Där var det alltså byggnadernas närhet till trafikerade vägar

Figur 3 Principalkomponentanalys (PCA) för alla mätningar med provtagarna A) Tenax TA och B) polade data från Tenax TA och Carbopack B. Varje punkt representerar den kemiska exponeringen för en person och de olika färgerna svarar mot sex olika byggnader.



som var den största orsaken till variabiliteten i deltagarnas exponering.

En allmän slutsats är att människor som arbetar i samma byggnad kan ha väldigt olika kemisk exponering, dvs. luften kan vara väldigt olika för dem. Det skulle kunna bero på att de har olika ventilation, det finns lokala källor till kemikalier som till exempel skrivare eller kopiatorer, de kan ha olika arbetsuppgifter och hanterar olika material eller också finns lokala förändringar i byggnaden, som exempelvis en vattenskada. Andra relevanta faktorer är personernas användning av hygien- och kosmetikaprodukter eller t.ex. rökning.

Jämförelsen av adsorbenter (provtagare)

Vid jämförelse av adsorbenter finns det en rad faktorer att ta hänsyn till. Provtar adsorbenterna de ämnen man vill mäta? Är ämnena stabila på adsorbenten? Hur ser blankerna ut, d.v.s. avger själva adsorbenten ämnen som kan störa analyserna, och kan man rengöra adsorbenten efter provtagning så att inte en

provtagning störs av den föregående mätningen? Hur många olika ämnen provtar adsorbenten? Är resultaten reproducerbara, d.v.s. får man samma resultat om man tar flera prov samtidigt?

Flera av dessa frågor kan vi inte besvara, men det är relativt lätt att jämföra antal och mängd provtagna ämnen, blanker och reproducerbarhet. Vilken adsorbent som var bäst för våra syften avgjordes genom att vi gjorde matematiska modeller med PLS-DA för varje adsorbent och jämförde deras förmåga att skilja fall och kontroller.

De adsorbenter vi jämförde var Carbopack B, Chromosorb 106 och Tenax TA. Tenax TA fångade flest ämnen, hade bäst reproducerbarhet och var också den adsorbent som bäst fångade ämnen med vilka man kunde göra modeller som skiljer fallpersoner och kontrollpersoner. Kombinerar man resultaten från mätningar med Tenax TA och Carbopack B får man ännu bättre modeller med tydligare gruppering av deltagare (se figur 2).

Använder man diffusionsprovtagning är det endast möjligt att använda provtagare med en adsorbent och då är Tenax TA



förstahandsval. Däremot är det möjligt att vid pumpad provtagning använda provtagare med fler adsorbenter eftersom luften då sugas genom provtagaren. Man kan då välja en provtagare med både Tenax TA och Carbopack B. Används provtagarna i kraftigt förorenade miljöer är det fundamentalt att man kontrollerar ”rengöringen” (konditionering) genom att provtagarna behandlas som en blank och får ligga förslutna lika lång tid som det normalt tar med provtagning och väntan på analys. Därefter kör man en vanlig analys för att kontrollera att det inte finns mer i provtagaren än det normalt finns i en blank.

Jämförelse mellan personlig och stationär provtagning

I den andra studien hade deltagarna stationära VOC-provtagare på sina skrivbord som de skötte på samma sätt som de personliga provtagarna. För att jämföra personlig och stationär provtagning valde vi att jämföra bensaldehyd, 2-etyl-1-hexanol, limonen, α -pinene, octanal, m,p-xylen och toluen.

Bensaldehyd bildas när olika material inomhus oxideras, liksom när adsorbenten Tenax TA oxideras av ozon. 2-Etyl-1-hexanol finns i mjukgörare och bildas även när PVC eller akrylatbaserat lim bryts ner i en basisk miljö som man får under en plastmatta som är limmad direkt på ett betonggolv som fått en vattenskada. Limonen avges av citrusfrukter och används för sin doft i rengöringsmedel och produkter som doftar citron. Det är också en av terpenerna som tillsammans med α -pinen avges av trä eller träprodukter. Oktanal används som doftämne och det bildas också spontant när olika omättade fetter och vaxer oxideras. m,p-Xylen och toluen är aromatiska ämnen som finns i avgaser. De används också som lösningsmedel av olika industrier. Skrivare och kopieringsmaskiner liksom olika plaster avger dessa ämnen.

Alla deltagare var exponerade för limonen och toluen. Oktanal var det ämne som detekterades hos minst antal deltagare (44 stycken). För alla ämnen uppmättes högre exponering med personlig provtagning och för limonen, 2-etyl-1-hexanol och octanal var skillnaden signifikant.

Likheten var god för mätningarna av bensaldehyd, m,p-xylen och toluen och när det gäller de senare skulle det kunna förklaras om bilavgaser är den dominerande källan inomhus. Intressant är att korrelationen även var god mellan provtagningsmetoderna för oktanal trots den signifikanta skillnaden i mätta halter. För 2-etyl-1-hexanol, limonen och α -pinen gav de olika metoderna olika resultat.

Människor som arbetar i samma byggnad kan ha väldigt olika kemisk exponering - dessutom kan de också uppleva miljön på olika sätt.

Vår slutsats blir att undersökning styrker vikten av att göra personburna mätningar för att få en så korrekt beskrivning som möjligt av en individs exponering. För vissa ämnen där utomhusluften är den dominerande källan har detta inte samma betydelse som för ämnen med lokala källor.

Förändring i rapportering av symptom

När vi frågade deltagarna om deras symptom under olika tidsperioder fick vi delvis olika svar. Minst antal rapporterades när det gällde symptom varje vecka de senaste tre veckorna, i snitt 3,6 symptom per person. Antalet symptom som deltagarna rapporterade att de hade då de fyllde i enkäten var i snitt 4,2 symptom per person och under mätveckan rapporteras i snitt 5,9 symptom per person. Av 172 deltagare klassades 79 som fallpersoner baserat på symptom under de senaste tre månaderna. Utifrån svaren på symptom under mätveckan ökade det till 103 personer. Det var inte bara kontroller som bytte klass, även det motsatta hände, det vill säga att fall blev kontroller. 67 % av deltagarna klassades dock på samma sätt vi de olika tillfällena.

När det gäller enskilda symptom är slemhinnesymptom den vanligaste gruppen, därefter allmän- och sedan hudsymptom. Av enskilda symptom är trötthet vanligast och därefter torr hud i ansiktet oavsett när man frågar. Mest ovanligt är illamående.

Tittar man på olika grupper av deltagare ser man att personer med astma, allergisk snuva eller atopiskt eksem liksom personer yngre än 41 år ändrar mellan att vara fall-/kontrollperson oftare än äldre och de som inte rapporterar nämnda sjukdomar.

Varför deltagare rapporterar sina symptom olika vet vi inte, men här kommer några hypoteser.

- Det är olika yttre förhållanden när deltagarna svarar på de olika enkäterna. För dem som besvarade enkäten på hösten ingick sensommar och höst i de tre månader som frågorna gällde. När den andra enkäten besvarades, någon gång under november till februari, var det mörkare, kallare och luften inomhus var betydligt torrare. Det omvända gällde för dem som svarade på den första enkäten i februari och den andra i mars/april. Det kan också ha skett förändringar i deltagarnas arbetsrum eller att de fått förändrade arbetsuppgifter.
- De kemiska mätningarna kan i sig ha påverkat svaren. Dels kan man tänka sig att personer som inte har så svåra besvär anpassar sig och tänker inte på dem när de svarar på den första enkäten. Mätningarna gör dem dock mer uppmärksamma och medvetna om sin kropp. Detta skulle man särskilt kunna tänkas gälla personer som är högpresterande eller som har stora krav på sig – vissa av

dem har inte tidigare varit medvetna om sina symptom. Mätningarna kan också ha sänkt rapporteringströskeln, det vill säga ökat deltagarnas benägenhet att rapportera symptom. Man kan också tänka sig att undersökningen med mätningarna signalerar till deltagarna att de befinner sig i en miljö som kan vara skadlig vilket skulle kunna öka rapporteringen av olika symptom. Då det gäller mätningarnas inverkan är frågan vilken andel som ökar mest; de som medvetandegörs om symptom de har och som beror på inomhusmiljön eller de som rapporterar symptom som har andra orsaker?

- När det gäller fall/kontroll-begreppen ska man vara medveten om att det kan handla om små skillnader för individer för att deras klass ska ändras. En person med flera allmän- och hudsymptom varje vecka, men som har slemhinnesymptom bara ibland klassas som kontroll trots att den har många symptom. Är den personen förkyld under mätveckan kommer den att klassas som fall. Och det omvända; på samma sätt kan personen som har torr hud, torra ögon och som har småbarn som vaknar på nätterna, omvänt klassas som kontroll om barnet och personen själv plötsligt börjar sova bättre.

Deltagarnas exponering för formaldehyd, kvävedioxid och ozon var högre i Vasa än i Umeå, så även för α -pinen men den skillnaden var inte signifikant. Deltagarna i Umeå hade en högre exponering för d-limonen. Vad skillnaderna beror på vet vi inte.

Deltagarna hade högre exponering för formaldehyd i hemmen än på sina arbeten och vice versa för kvävedioxid och ozon. En möjlig förklaring är att man i allmänhet har högre luftomsättning på kontor än i hemmen, där Boverkets norm för luftomsättning är 0,5 omsättningar per timme. Den högre ozonhalten på kontor skulle också kunna förklaras av ventilationen eftersom ozon är väldigt reaktivt och har en halveringstid på 7-10 minuter inomhus. En lägre luftomsättning innebär att mindre ozon tillförs rummen i hemmet. Det flesta arbetsplatser där mätningarna genomfördes ligger centralt i Umeå och Vasa där det var mycket trafik, medan bostäderna i allmänhet ligger mer i utkanten av städerna där man har mindre trafik. Det här förhållandet torde förklara att halterna av kvävedioxid var högre på arbetsplatserna än i hemmen.

För varje mätt ämne delade vi upp deltagarna i tre lika stora grupper: låg, mellan och hög exponering och sedan jämförde vi om det fanns någon ökad risk att vara fall eller att rapportera något av de olika individuella symptomen varje vecka de senaste tre månaderna för de olika exponeringarna. Vi hittade en ökad

risk för dem som hade mellanexponering för olika ämnen vilket var fallet för flera enskilda symptom. Däremot hittade vi ingen ökad risk för hög exponering av dessa ämnen och symptomen – av det drog vi slutsatsen att sambanden vi funnit berodde på slumpen. Undantaget var ozon där vi fann att fallpersonerna hade en lägre exponering för ozon än kontrollpersonerna.

Alla uppmätta värden ligger under hygieniska gränsvärden och befintliga rekommendationer. Det ämne som låg närmast rekommendationerna var kvävedioxid där medianen låg på ungefär hälften av WHO:s rekommendation om 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på årsbasis. Nivåerna för formaldehyd och ozon låg ca 10 gånger under hygieniska gränsvärden – för terpenerna låg gränsvärdena 10 000 till 100 000 gånger högre än funna värden.

Centrala frågeställningar som vi sökte svar på i vår undersökning

- Vilken betydelse har exponering i hemmet i jämförelse med exponering på arbetet?
- Vilken betydelse har den psykosociala "exponeringen" kontra kemisk exponering?
- Har kvinnor och män olika kemisk exponering och påverkar det i så fall risken att drabbas av SBS? Det är 3-10 gånger vanligare att kvinnor drabbas jämfört med män.
- Finns det byggnadsfaktorer som kan kopplas till kemiska exponeringsmönster, som i sin tur är associerade till SBS? Om så är fallet kan luftprovtagning bli ett hjälpmedel vid utredningar av SBS och när man ska åtgärda brister i inomhusluftens kvalitet.
- Är SBS lika vanligt idag som för 15 år sedan?

Den sista frågan är enklast att svara på. I Sverige verkar det som om kunskapen om hur man bemöter och undersöker människor med ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa har förbättrats både hos primär- och företagshälsovården. Detta har resulterat i att de som drabbas snabbare får hjälp vilket leder till att färre behöver remisser till specialistmottagningarna inom Yrkes- och miljömedicin samt Yrkesdermatologi.

När det gäller frågorna om exponering för VOC:ar och deras betydelse kan vi inte ge några svar. Vi har mätt flera hundra olika ämnen. En av svårigheterna är att vissa ämnen stör varandra i analysen och man får problem med en korrekt identifiering av de olika ämnena. Det går att göra en manuell granskning av alla funna ämnen, men i den ursprungliga resultatsammanställningen av alla VOC-prov fanns 200 000 toppar att ta ställning till vilket gör granskningen närmast omöjlig. Det finns matematiska metoder som kanske skulle vara möjliga att utnyttja när flera ämnen stör varandra, men dem har vi inte haft möjlighet

att använda oss av. Idag finns dessutom mer sofistikerad analysutrustning för separation av ämnen.

I vår hypotes hade vi ambitionen att det skulle gå att identifiera mönster av kemiska ämnen som har ett samband med ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa, men detta var inte möjligt. Det har gjort att vi inte heller kan besvara frågor om betydelsen av exponering i hemmet, om vikten av kemisk kontra psykosociala riskfaktorer, om kvinnors eller mäns kemiska exponering eller byggnadsfaktorer koppling till kemiska mönster.

De slutsatser vi kan dra på basen av våra studier är:

- För kontorsarbetares exponering är variationen för de flesta ämnen större inom byggnader än mellan byggnader.
- Tenax TA samlar fler ämnen än Carbopack B och Chromosorb 106 vid provtagning i kontorsmiljö. Den sammantagna bilden är att Tenax TA i det generella fallet är det bästa valet av de tre. Kan man använda pumpad provtagning är kombinationen Tenax TA och Carbopack B bäst för våra syften.
- För att man ska kunna bedöma enskilda individers kemiska exponering måste dessa göra personburen provtagning. För ämnen där utomhusluften är den dominerande källan kan stationär provtagning accepteras. Man kan dock inte på förhand avgöra om det finns källor till olika ämnen inom byggnader.
- I enkätstudier varierar människors sätt att rapportera symptom över tid och påverkas även av den situation de befinner sig i när de svarar. Deltagarnas rapportering av enskilda symptom är stabilare över tid än klassificering i fall/kontroller. Att använda kombinationer av symptom för klassificering är ändå att föredra eftersom man minskar andelen fall som inte har sina symptom på grund av inomhusmiljön. Symptomet illamående/yrsel är i få fall kopplat till byggnadsrelaterad ohälsa.
- Kontorsarbetare har högre exponering för reaktiva ämnen som ozon och kvävedioxid på sina arbeten jämfört med i sina hem. Vi har hittat samband mellan vissa symptom och ozonexponering. Detta måste dock visas i fler studier för att man ska kunna vara säker på ett samband.

Avslutningsvis anser vi att det hade behövts bättre analysteknik för VOC. Vi kunde inte separera alla olika ämnen vilket skapade störningar i de matematiska modellerna. Även deltagarnas förändrade symptom skapade osäkerhet i modellerna eftersom det finns en uppenbar risk för felklassificering av deltagare. Det vore intressant att göra om studien med den teknik som finns idag. Då skulle man också ha fler kontrollpersoner till att

börja med. I en sådan studie skulle man också ha känsligare mätinstrument för ozon. Partiklar och ämnen adsorberade på partiklar vore också spännande att få med.

Tillkännagivanden:

Vi vill tacka Formas, Centrum för Miljövetenskaplig Forskning i Umeå och Vårdalstiftelsen för ekonomiskt stöd. Ett stort tack även till dem som arbetat på Arbetslivsinstitutet och Birgitta Åström på Enheten för Epidemiologi för din mångsidiga hjälp.

För dig som vill läsa mer om luftkemi:

Publikationer i delprojektet

Glas, B., Levin, J.O., Stenberg, B., Stenlund, H. and Sunesson, A.L. (2004) "Variability of personal chemical exposure in eight office buildings in Sweden", *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14 Suppl 1, S49-57.

Glas, B., Stenberg, B., Stenlund, H. and Sunesson, A.L. (2008) "A novel approach to evaluation of adsorbents for sampling indoor volatile organic compounds associated with symptom reports", *Journal of Environmental Monitoring*, 10, 1297-1303.

Glas, B., Stenberg, B., Stenlund, H. och Sunesson, A-L. Exposure to ozone, formaldehyde, NO₂ and terpenes among office workers and the associations with reported unspecific building related symptoms. För publicering.

Glas, B., Stenlund, H., och Sunesson, A-L., och Stenberg, B. The stability of office workers' unspecific building-related symptom reports. För publicering.

Glas, B. Comparisons Of Stationary And Personal Exposure Measurements Of Volatile Organic Compounds. Pressenterad vid Indoor Air 2011, Austin, Texas. Under bearbetning för publikation.

Förslag på vidare läsning:

Jakobi, G. and Fabian, P. (1997) "Indoor outdoor concentrations of ozone and peroxyacetyl nitrate (PAN)", *International Journal of Biometeorology*, 40, 162-165.

Weschler, C.J. (2000) "Ozone in indoor environments: concentration and chemistry", *Indoor Air*, 10, 269-288.

Who (2000) Ozone and other photochemical oxidants, WHO air quality guidelines for Europe, 2nd edition, 2000 (CD ROM version), Copenhagen, WHO.



Annika Glader

Projektledare vid Enheten för forskning och utveckling, Yrkehögskolan Novia.

Annika jobbar som projektledare för KLUCK 2 (2008-2012) och TEMA (2011-2013), två tvärvetenskapliga projekt med fokus på byggnad, luftkvalitet och hälsa. Den egna forskningen handlar om kemiska emissioner från byggnadsmaterial och kommer att utmytna i en licentiatavhandling vid Umeå Universitet våren 2012.

annika.glader@novia.fi



Ingrid Liljelind

Docent, Folkhälsa och klinisk medicin, Yrkes- och miljömedicin, Umeå universitet

I sin forskning studerar Ingrid olika arbetsmiljöfaktorer inverkan på människors hälsa. Hennes huvudsakliga inriktning är att på ett så relevant sätt som möjligt mäta exponeringen, vilket är en viktig del i all riskbedömning. Ingrid arbetar också kliniskt med patienter som remitterats till sjukhus för utredning av arbetsskador.

ingrid.liljelind@envmed.umu.se

Kemiska ämnen i byggnadskonstruktioner

- Påverkar byggnadsmaterial inuti konstruktioner inomhusluftens kvalitet?

Annika Glader och Ingrid Liljelind

Inomhusmiljön har en betydande inverkan på människors hälsa och välbefinnande. Man är idag överens om att dålig inomhusmiljö kan ge upphov till ohälsa, särskilt hos dem som redan har någon form av överkänslighet. Medicinsk forskning har dock inte kunnat påvisa någon enskild faktor i inomhusmiljön som orsak till ohälsan. Det finns indikationer på att organiska kemiska föreningar i inomhusluften har betydelse, men man kan idag inte peka ut några enskilda föreningar som orsak till hälsoproblemen. Man har även ställt sig frågan hur olika kemiska föreningar samverkar och om kombinationen av många ämnen tillsammans kan vara det som ger upphov till hälsoproblemen. Eftersom vi idag fortfarande har mycket begränsad kunskap om vad det är man blir sjuk av används istället försiktighetsprincipen. Det innebär att man strävar efter så låga koncentrationer av föroreningar som möjligt då man bygger nytt eller renoverar gammalt.

Det finns många olika källor till kemiska föreningar inomhus. De huvudsakliga källorna är 1) byggnadsmaterial (trämaterial som bl.a. avger terpenier och aldehyder), 2) inredning (möbler med lackerade ytor som bl.a. avger organiska lösningsmedel, såsom kolväten, estrar och glykoletrar), 3) människans aktiviteter (rengöringsmedel som innehåller bl.a. alkoholer och glykoletrar som lösningsmedel och terpenier som doftämnen) och 4) föroreningar i utomhusluften (avgaser från trafiken som innehåller olika typer av kolväten).

Koncentrationen av kemiska föreningar är vanligen högre inomhus än utomhus, för vissa föreningar t.o.m. upp till tio gånger högre. Resultaten från flera exponeringsstudier (såsom europeiska EXPOLIS, tyska GerES II och amerikanska TEAM) visar att olika källor nära individen utgör största delen av den personliga exponeringen, det vill säga den andel kemiska föreningar en person utsätts för i sin närmiljö. I EXPOLIS försökte man identifiera källorna till 30 utvalda kemiska föreningar i olika miljöer. Personburen provtagning jämfördes med prov tagna i hemmet, utomhus och på arbetsplatsen. De två dominerande källorna utomhus ansågs vara trafik och långväga transport av luftföroreningar och dessa fanns även i olika hög grad i inomhusmiljöerna. Förutom de två utomhuskällorna hade rengöringsprodukter och andra produktmissioner (såsom byggnadsmaterial och inredning) inverkan på luftens kvalitet. Man kunde konstatera att olika källor dominerade i de olika miljöerna och att den tid personen spenderat i de olika miljöerna bidrog till den personliga exponeringen.

Inomhusluftens kvalitet i skolor har studerats betydligt mindre än luften i andra typer av byggnader. I en undersökning av luftkvaliteten i europeiska skolor kunde man konstatera att skolor ofta har problem med inomhusmiljön på grund av undermålig konstruktion, dålig ventilation och städning samt bristfälligt underhåll. Dålig luftkvalitet i skolor inverkar på elevers och lärares hälsa. Astma och SBS är de mest undersökta symptomen på ohälsa, men det har visat sig att även studerades prestationsförmåga kan påverkas.

Ett vanligt sätt att utreda problem med inomhusluften är att analysera luftens innehåll av lättflyktiga organiska föreningar, alltså VOC (Volatile Organic Compounds). Inför våra undersökningar var hypotesen att man kunde analysera prov av luften inuti konstruktionerna istället för rumsluften då man utreder byggnaders kondition. Metoden skulle eliminera andra källor än byggnadsmaterialen och ge högre koncentrationer av individuella VOC. Vårt mål var att se om vi kunde identifiera emissionsprofiler (d.v.s. mönster av kemiska föreningar som avges från byggnadsmaterialen inuti konstruktionen) för olika konstruktionstyper och om det fanns en skillnad i profilerna mellan fuktscadade och icke fuktscadade konstruktioner. Vi ville också se om vi kunde identifiera samma profil i rumsluften, d.v.s. om dessa kemiska föreningar läckte ut ur konstruktionen.

Den vetenskapliga definitionen av VOC är organiska kemiska föreningar vars sammansättning gör det möjligt för dessa att avdunsta vid normala atmosfäriska temperaturer och tryck inomhus. Det är vanligen så att ju lägre kokpunkt en förening



En förhöjd fukthalt i grundkonstruktionen kan bero på avsaknad av eller dåligt fungerande dränering.

har desto mera lättflyktig är den. Kokpunkten säger ändå inget om föreningarnas giftighet (toxicitet) eller förekomst i inomhusluften. Man känner till en del kemiska föreningar på industriella arbetsplatser som är skadliga för hälsan men vanligen förekommer dessa föreningar i mycket låga koncentrationer i vanliga inomhusmiljöer. Dessa s.k. arbetshygieniska gränsvärden är avsedda att beaktas vid utvärdering av luftens renhet på arbetsplatsen och för att skydda arbetstagare för de kemiska föreningar som är vanliga i industriella miljöer. Inom EU finns två typer av gränsvärden a) bindande och b) vägledande. I Sverige är gränsvärdena bindande medan man i Finland använder både bindande och vägledande värden.

Exponeringsnivån för enskilda kemikalier i industrimiljö kan vara flera gånger högre än exponering för samma kemikalier i kontors- eller hemmiljö. Dock är exponering i industrimiljö

vanligen begränsad till färre föreningar med exponeringstider om 40 h/vecka för arbetsföra vuxna. Exponering i hemmet och i allmänna byggnader kan ske för ett hundratal olika luftföroreningar, exponeringstiden kan vara upp till 168 h/vecka och omfattar även personer som är mer känsliga p.g.a. sin ålder eller dåligt hälsotillstånd. Av de ca 100 000 olika kemikalier som används idag finns det arbetshygieniska gränsvärden för ca 3 000 och endast ca 170 är relevanta i inomhusluften. WHO (Världshälsoorganisationen) har angett riktlinjer för inomhusluftens kvalitet för 9 ämnen. I och med att informationen om hur farliga ämnen i inomhusluften påverkar människan är bristfällig och man för det mesta saknar gränsvärden, brukar man försöka hitta samband mellan föroreningar och ohälsa genom att i undersökningar jämföra byggnader med inomhusmiljöproblem med byggnader utan problem.

Identifieringen av VOC i inomhusluft är beroende av den mätmetod som används eftersom de koncentrationer som normalt förekommer inomhus är mycket låga. Ingen metod kan idag mäta alla befintliga VOC. Förutom organiska föreningar kan även oorganiska gaser (t.ex. koldioxid och radon), biologiska (t.ex. mögelsporer och bakterier) och andra partiklar (t.ex. damm och fibrer) samt fukt och temperatur påverka hälsan och välbefinnandet hos invånarna i en byggnad. Även om kopplingen mellan kemiska föreningar och ohälsa är oklar kan dessa användas för att indikera problem i byggnader. Det betyder att de ämnen vi mäter idag inte nödvändigtvis är orsaken till att människorna får symptom, men att de sannolikt kommer från en föroreningskälla som av erfarenhet visat sig orsaka hälsoproblem.

Kemiska föreningar från byggnadsmaterial

I en ny eller nyrenoverad byggnad är emissioner från byggnads- och inredningsmaterial den dominerande källan till VOC i inomhusluften. Primära emissioner är föreningar som finns i nya material, t.ex. lösningsmedel, tillsatsämnen samt icke bundna råämnen. De primära emissionerna avges mest under det första året och när de minskat får emissionerna från människorna och verksamheten i byggnaden större inverkan. När byggnadsmaterial åldras bildas sekundära emissioner. Sekundära emissioner är ämnen som bildas som ett resultat av kemiska reaktioner, t.ex. vid fuktskada (kemisk nedbrytning av ftalater i PVC-mattor) eller felaktigt underhåll och slitage (våtrengöring av linoleummattor). Många byggnadsmaterial av naturliga råmaterial verkar hela tiden som sekundära emissionskällor, bl.a. har linoleum en konstant emission av aldehyder som ett resultat av oxidering. Sekundära emissioner beror på förhållandena i inomhusmiljön och har större betydelse än de primära för hur man uppfattar luftens kvalitet på längre sikt.

Emissionsklassificering av byggnadsmaterial främjar utvecklingen och användningen av lågemitterande material. I Finland används en frivillig klassificering av byggnadsmaterial i tre klasser (M1, M2 och M3). M1 ställer de högsta kraven på materialen, bl.a. ska dessa förutom att ha låga emissioner även vara luktfria. Klassificeringen gäller för material som används i normala bostads- och arbetsutrymmen.

Emissionshastigheten är specifik för olika föreningar och källor och påverkas av relativ luftfuktighet, temperatur, luftväxling, aktiviteter i byggnaden och ålder hos byggnadsmaterialet. De primära emissionerna avklingar relativt snabbt medan sekundära emissioner kan pågå under hela produktens livscykel. I takt med att vi lärt oss mer om de kemiska reaktioner som kan ske inomhus, har det blivit allt viktigare att även undersöka sekundära emissioner från byggnadsmaterial vid bedömningen

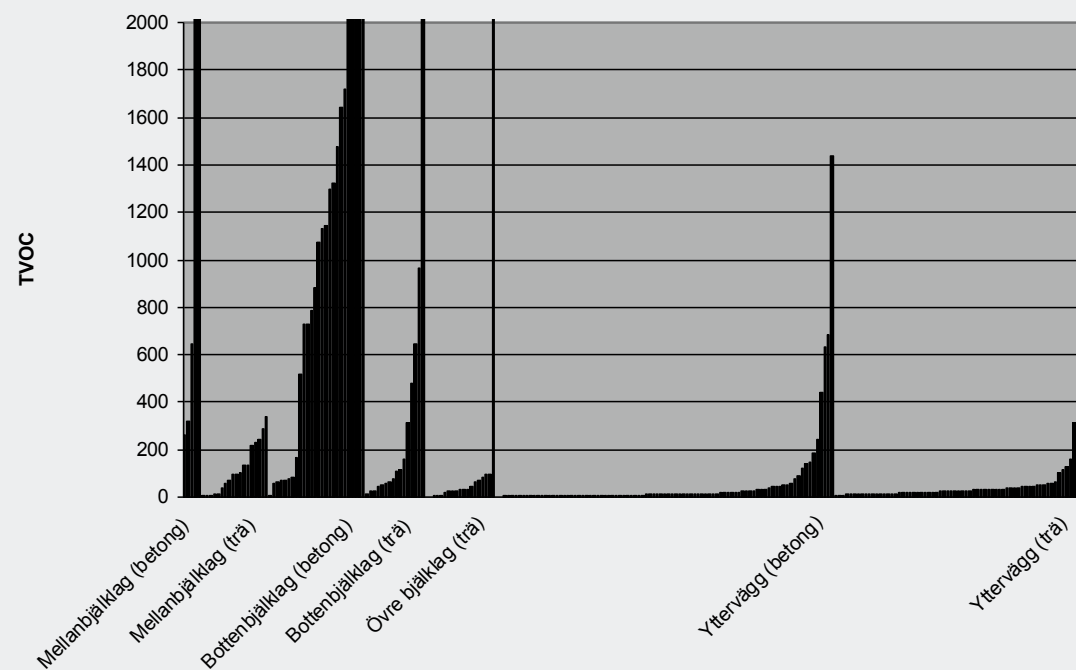
av deras användbarhet. T.ex. kan både lim och golvmatta klassas som lågemitterande material vid separata emissionstester, medan både emitterande ämnen och emissionshastigheten kan se helt annorlunda ut när dessa används i praktiken på grund av samverkan mellan golvmatta, lim och betong.

Ny kunskap från projektet

Antalet prov är en viktig faktor för att man ska kunna dra korrekta slutsatser vid undersökningar av luftens kvalitet. Koncentrationen av många luftföroreningar är vanligtvis låg inomhus; de flesta ämnen förekommer vid koncentrationer under 10 µg/m³ men vissa kolväten kan förekomma i högre koncentrationer (10-50 µg/m³). Eftersom höga koncentrationer förekommer mer sällan skulle man behöva ett stort antal byggnader för att kunna hitta och göra tillförlitliga bedömningar av dessa (ca hundra hus eller fler). Vet man på förhand vilka faktorer som påverkar koncentrationen av VOC kan detta utnyttjas för att välja ut byggnader.



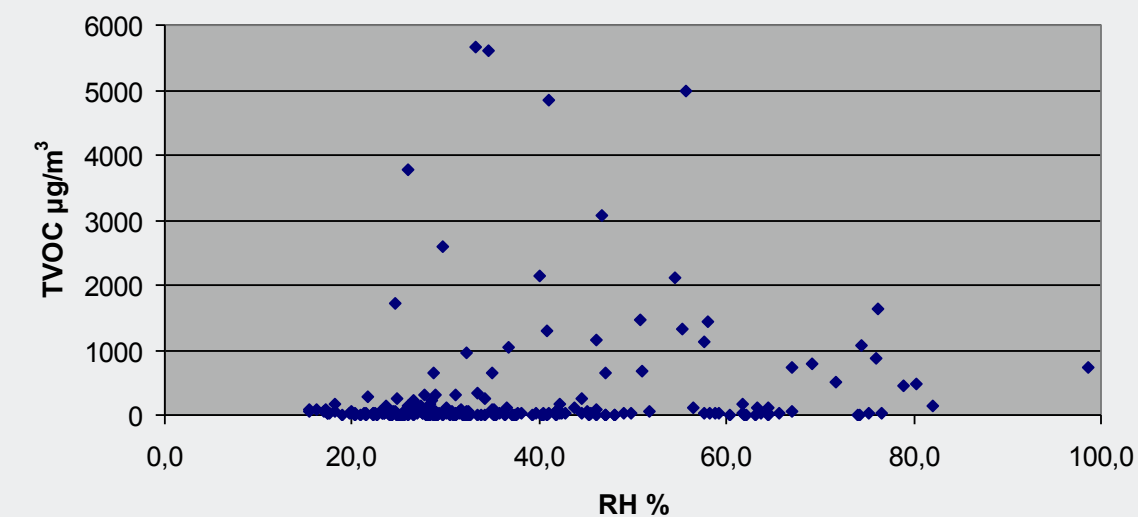
Krypgrunder är en riskkonstruktion som är vanlig i gamla trähus.



Figur 1 TVOC (µg/m³) uppmätt inuti olika konstruktionstyper.

	TVOC, median	
	Betongkonstruktioner (jmf rumsluften)	Träkonstruktioner (jmf rumsluften)
Bottenbjälklag	979 (29)	92 (34)
Mellanbjälklag	644 (46)	95 (64)
Yttervägg	10(48)	25 (39)
Övre bjälklag		33 (61)

Tabell 1 TVOC(µg/m³) uppmätt inuti olika konstruktionstyper och byggnadsdelar jämfört med rumsluften (angett inom parentes). Medianen är mittenvärdet, d.v.s. det finns lika många värden som är lägre och högre än medianen.



Figur 2 TVOC och RH i alla konstruktionsprov.

Vår provtagning och analys har utförts som två delstudier. Vid valet av byggnader i studie 1 låg fokus på att få en första uppfattning om den kemiska profilen i fuktscadade byggnader.

Fastighetsgranskningarna utfördes inom KLUCK1 projektet (2004-2007) i 7 byggnader. Eftersom fuktscada i tidigare studier har visat sig öka emissionerna från byggnadsmaterialen sökte vi omfattande skador för att maximera mängden kemiska föreningar. Antalet prov i den första studien visade sig dock vara för få för att vi skulle kunna fastställa konstruktionstypiska profiler. Tillräckligt stora konstruktionsgrupper med liknande materialval behövdes för att vi skulle kunna jämföra fuktscadade och icke fuktscadade konstruktioner, därtill ingick för få byggnader utan skador. Med data från studie 1 kunde vi dock visa att konstruktionernas byggnadsmaterial hade störst inverkan på emissionsprofilen. När provtagningarna fortsatte i studie 2 styrdes valet av byggnader av hur konstruktionerna var uppbyggda. Fastighetsgranskningarna utfördes inom KLUCK 2 projektet (2008-2012) i 14 skolbyggnader och prov togs främst från bottenbjälklag av trä eller betong och ytterväggar av trä eller betong/tegel. Alla byggnader som hade någon av dessa konstruktionstyper togs med oberoende av om de haft eller inte haft fuktscador tidigare. För att välja ut provtagningsplatserna användes både enkätresultat och tekniska undersökningar i båda studierna. Dokumentationen om huruvida byggnaderna och konstruktionerna varit fuktscadade eller inte var bristfällig, den bästa informationen fick man från personal som vistats länge i byggnaden.

En annan viktig faktor som man bör beakta vid provtagning av luftens kvalitet är att människans olika aktiviteter i byggnaden ökar mängden föroreningar och att även miljömässiga omständigheter påverkar luftens koncentration av kemiska föreningar. Emissioner från byggnadsmaterial är utspridda och relativt konstanta över tid medan emissioner från olika aktiviteter i byggnaden är mera oregelbundna. Mängden och sammansättningen av VOC i inomhusluften varierar beroende på:

- årstid,
- byggnadens ålder,
- temperatur,
- luftfuktighet samt
- ventilation.

Vår provtagning utfördes kvällstid för att inte störa den ordinarie verksamheten, vilket samtidigt minimerade aktiviteternas inverkan på koncentrationerna i provtagna ur rumsluften. Provtagningen utfördes på samma sätt i båda studierna. Prov samlades först in ur rumsluften. Därefter borrades ett 6mm hål genom konstruktionen och luften från konstruktionen sögs ut genom ett Tenax TA-adsorbenttrör. Efter luftprovtagningen

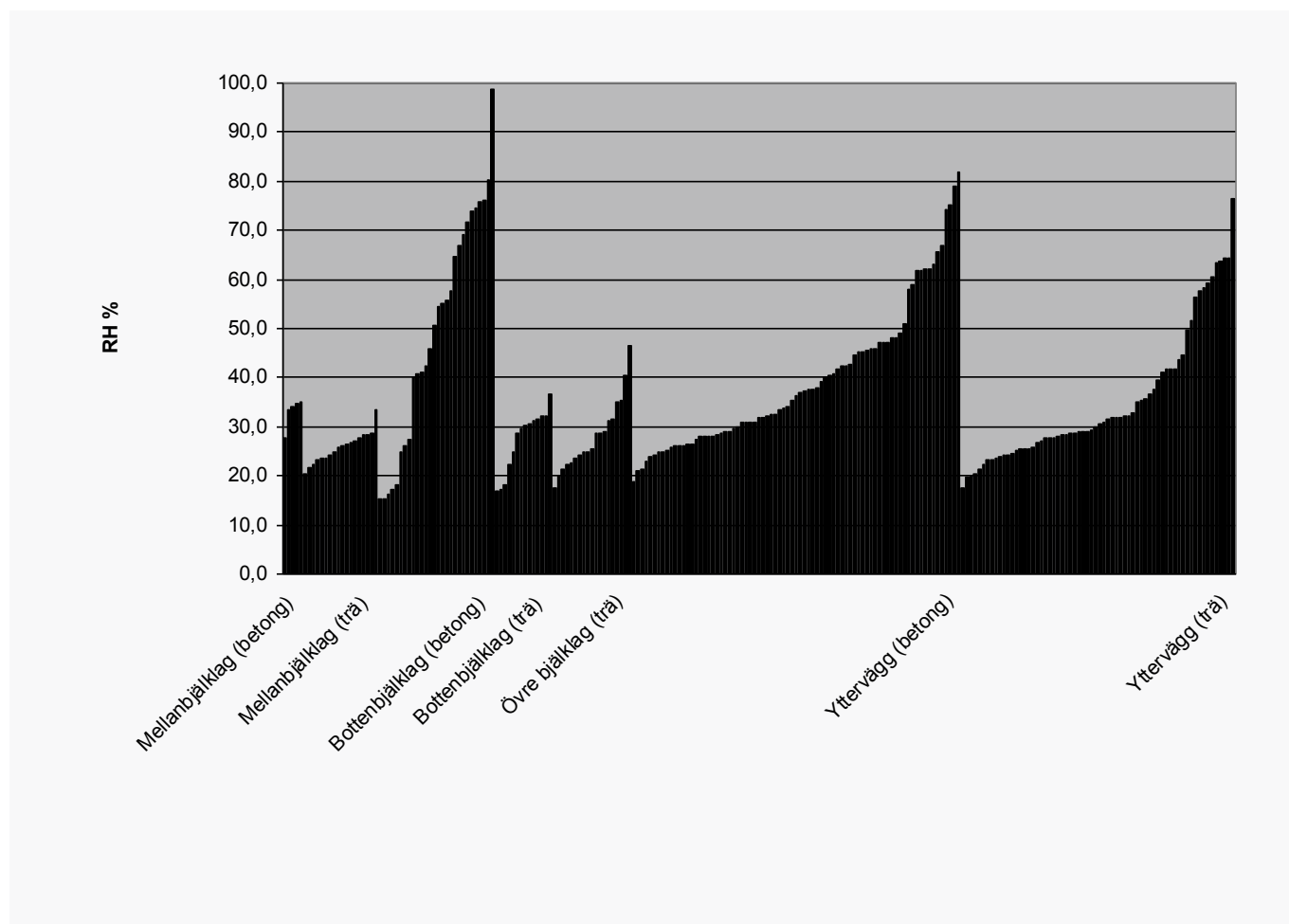
mättes temperatur och relativa luftfuktighet inuti konstruktionen. Luftproven analyserades enligt den metod som beskrivs i ISO standard 16017-1 och koncentrationen för alla kemiska föreningar beräknades som toluenekvivalenter, d.v.s. toluen användes som standard vid beräkningarna. Koncentrationerna kunde därför inte ses som absoluta utan semikvantitativa. Detta påverkade dock inte den statistiska jämförelsen eftersom alla prov behandlades på samma sätt.

Vad kunde vi se inuti konstruktionerna?

TVOC (Total Volatile Organic Compounds) är ett mått som används för att summera mängden VOC i inomhusluften. De olika metoder man använt för att beräkna TVOC har gjort att det varit svårt att jämföra resultat mellan olika studier. För att förbättra jämförbarheten har en europeisk arbetsgrupp rekommenderat att man använder Tenax TA som adsorbent och att man vid analysen använder intervallet mellan de kemiska föreningarna hexan till hexadekan vid beräkning av TVOC värdet. Man har inte kunnat påvisa några samband mellan TVOC och hälsa men värdet kan dock användas för andra ändamål, som till exempel vid materialtestning, påvisande av otillräcklig ventilation och vid identifiering av föroreningskällor. För utvärdering av organiska föreningars påverkan på hälsan har man börjat fokusera mer på effekten av enskilda föreningar eller grupper av ämnen.

I våra studier användes TVOC för att jämföra mängden emissioner mellan olika konstruktionstyper (figur 1) och samtidigt se om detta även återspeglades i rumsluften (tabell 1). Som man kan se av figur 1 och tabell 1 hade de flesta konstruktionstyper både höga och låga emissioner. Låga emissioner var mera vanliga förutom i bottenbjälklag av betong som ofta verkade ha höga emissioner. Även mellanbjälklagen i betong hade höga emissioner när man använt tjärpapp som fuktspärr. Däremot kunde man inte se samma trend i rumsluften, d.v.s. höga totalmissioner inuti en konstruktion betydde inte att man samtidigt hade höga koncentrationer i rumsluften (tabell 1). Enligt Social- och hälsovårdsministeriets "Anvisning om boendehälsa" anses TVOC över 600 µg/m³ vara höga koncentrationer i inomhusluften och ett tecken på stora mängder kemiska ämnen. Det högsta TVOC-värdet som vi uppmätte i inomhusluften var 225 µg/m³.

Eftersom detta arbete handlar om ett nytt sätt att mäta VOC vet vi ännu inte vad som är kan betraktas som normala TVOC-värden inuti konstruktioner. I våra undersökningar förekom koncentrationer mellan 730-5667 µg/m³ i de konstruktioner som hade de högsta emissionerna (10 % av alla konstruktioner). Vad är det då som gör att man har höga emissioner inuti en konstruktion? Byggnadsmaterialen har den största inverkan.

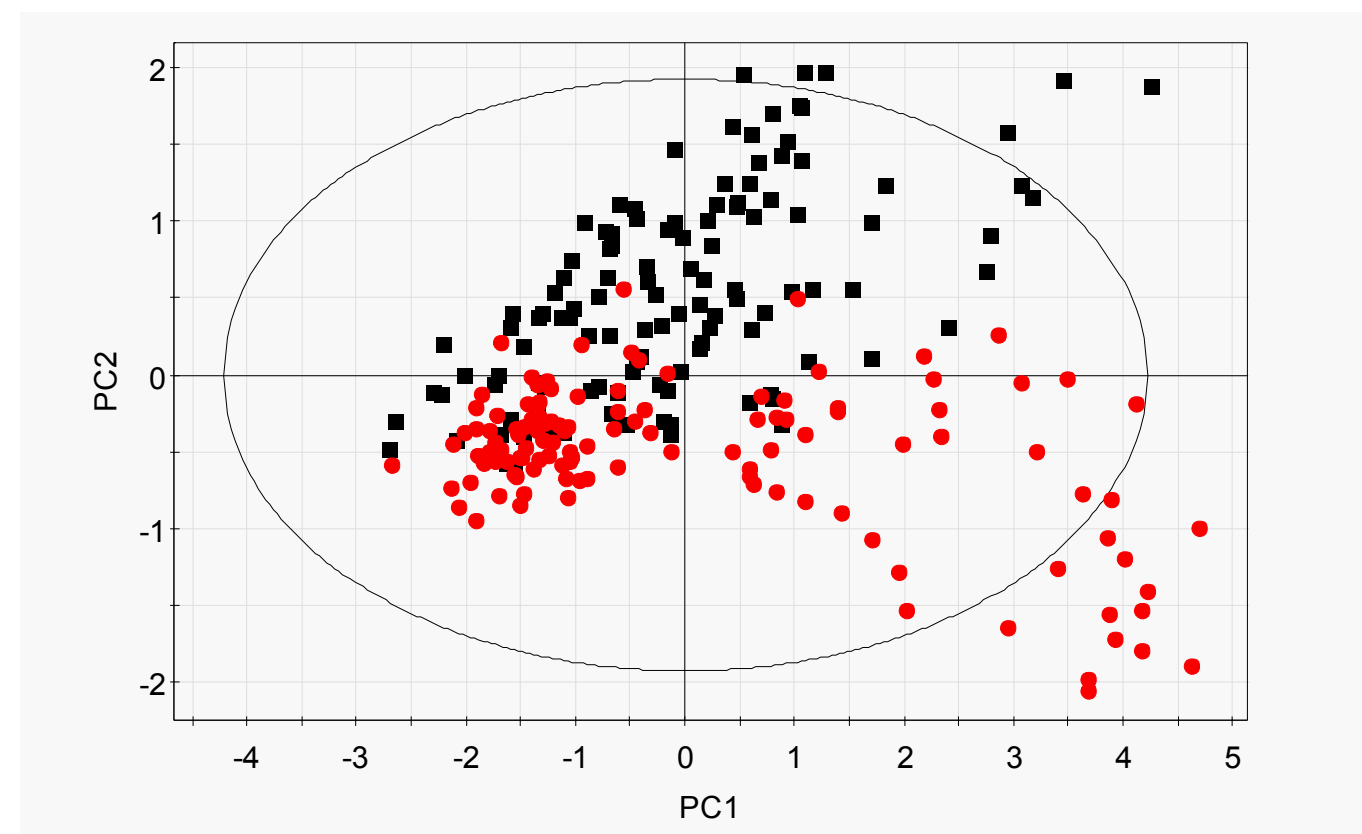


Figur 3 RH uppmätt inuti olika konstruktionstyper.

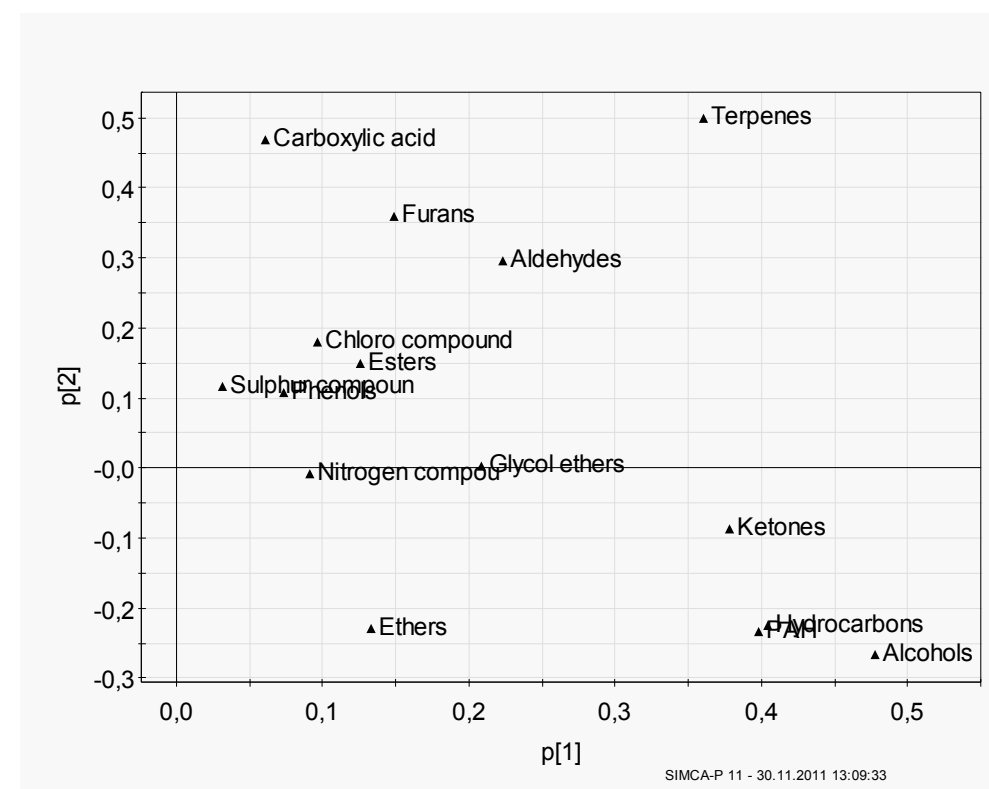
kan och studier har visat att emissioner från byggnadsmaterial ökar när de blir fuktskadade. De konstruktioner som i våra undersökningar hade höga emissioner var ytterväggar och bottenbjälklag med cellplast som isolering, mellanbjälklag med tjärpapp som fuktspärr samt betongkonstruktioner med organisk eller oorganisk isolering. De allra flesta av dessa hade varit fuktskadade. När vi jämförde TVOC med den relativa luftfuktigheten (RH) i konstruktionerna (se figur 2) kunde vi dock inte se några linjära samband, d.v.s. alla höga TVOC hade inte samtidigt hög RH. De höga TVOC-värden som uppmättes kunde bero på att konstruktionen innehöll material med höga primära emissioner och/eller höga sekundära emissioner från gamla, uttorkade skador. Även konstruktioner med uttorkade skador kan innehålla höga koncentrationer av VOC eftersom konstruktionerna innehåller porösa material med stora ytor, vilka kan fungera som depåer för emissionerna.

Med fuktskada avses överflödigt fukt i byggnadskonstruktioner som kan leda till skador eller mikrotillväxt. Fuktskador kan också förorsaka kemisk nedbrytning av byggnadsmaterial, vilket frigör lättflyktiga organiska föreningar till inomhusluften. Det finns dock ingen fastslagen definition på av vad som karakteriserar en fuktskadad byggnad och hur man mäter "fuktskada". Olika indikationer brukar dock användas för att karakterisera fuktskador:

- fukt- och mögelfläckar,
- golvmattor som lossnat från underlaget,
- bubblor på målade ytor,
- mögellukt,
- kondensering på fönster,
- uppmätt hög relativ fuktighet i inomhusluften (RH, Relative Humidity),
- hög fukthalt i byggnadsmaterial.



Figur 4 Provs tagna i träkonstruktioner (svart) jämfört med prov tagna i betong/tegel konstruktioner (röda).



Figur 5 Kemiska grupper som förklarar till skillnaderna i figur 4. I det nedre, högra hörnet dominerande kemiska grupper i betong/tegel konstruktioner och i övre, högra hörnet dominerande kemiska grupper i träkonstruktioner.



Överflödigt fukt i byggnadskonstruktioner kan förorsaka kemisk och biologisk nedbrytning av byggnadsmaterial.

En förhöjd fukthalt i konstruktionerna kan förorsakas av vattenläckage från rör eller tak, kondens vid otillräcklig isolering eller dålig ventilation samt byggfukt eller kapillärstigning av markfukt. Fukten kan tillföras kontinuerligt eller vara periodiskt återkommande.

Cementbaserade material är hygroskopiska (kan ta upp vattenånga ur luften) och torkar mycket långsamt medan tegel

fuktas snabbt p.g.a. sin kraftiga kapillärugsugningsförmåga. Även om dessa material innehåller låga halter näringsämnen kan de vid en fuktskada upprätthålla kemisk och biologisk nedbrytning av andra, närliggande material.

Ser man på alla prov vi tagit fanns det få aktiva, pågående fuktskador. Endast 12 av 241 provtagningsplatser hade RH över 70 %. Av dessa 12 var 11 betongkonstruktioner (7 bottenbjälklag

och 4 ytterväggar) och en av trä (yttervägg). Som man kan se av figur 3 hade bottenbjälklag och ytterväggar överlag högre RH-värden än övre bjälklag och mellanbjälklag. Dock hade vi tagit fler prov i dessa konstruktioner, vilket kan påverka resultatet.

Kemiska grupper och föreningar i konstruktionerna

Om man bara har ett par kemiska föreningar att jämföra är det lätt att rita diagram, men för att jämföra hundratals föreningar krävs mera avancerade metoder. För statistisk analys användes det multivariata dataprogrammet Simca P, utvecklat av Umetrics i Umeå. PCA (Principal Component Analysis) är en metod för att hitta intressanta mönster i flerdimensionella data och visualisera dessa. Vid analysen får man två olika typer av grafer som båda används för att tolka resultaten. Den ena grafen visar på skillnader och likheter mellan proven (figur 4) och den andra vilka variabler (här kemiska ämnen eller grupper) som ger upphov till skillnaderna (figur 5).

Alla prov jämfördes först på gruppnivå, d.v.s. enligt kemiska grupper och inte enligt enskilda kemiska föreningar. De kemiska föreningarna i proven kunde hänföras till 15 större kemiska grupper. Den allra största gruppen var kolväten, ca 40 % av alla föreningar hörde hit. De näst största grupperna dit 5-10 % av alla föreningar hörde var terpenener, ketoner, polyaromatiska kolväten (PAH), aldehyder och alkoholer. De kemiska föreningarna i dessa grupper hade även de högsta koncentrationerna.

Med hjälp av figur 4 och 5 kunde vi bekräfta att byggnadsmaterialen har den största inverkan på emissionsprofilen. Detta kan ju tyckas självklart och något som man känner till från förut, men vid undersökningar av nya metoder behöver även känd information bekräftas, vilket samtidigt bevisar att metoden fungerar. I figur 4 ser man hur prov tagna i betongkonstruktioner bildar en grupp (färgade röda, under den vågräta linjen) och prov tagna i träkonstruktioner (färgade svarta, ovanför den vågräta linjen) en annan grupp. Skillnaden mellan trä- och betongkonstruktioner beror på att de har olika emissionsprofiler, vilket man kan se i figur 5. I träkonstruktionerna dominerar terpenener, aldehyder, organiska syror och furaner (högst upp i bild) medan alkoholer, kolväten och PAH-föreningar dominerar i betongkonstruktioner (längst ned i bild). Ketoner ligger mitt emellan grupperna och har därför lika stor inverkan i båda konstruktionstyperna. Resultatet betyder att vill man gå ett steg vidare och jämföra fuktskadade konstruktioner med icke fuktskadade måste man göra detta separat för trä- och betongkonstruktioner.

Efter att ha konstaterat att trä- och betongkonstruktioner har olika emissionsprofiler blev nästa steg att se om det inom

dessa grupper fanns ytterligare undergrupper utgående från mera noggrann materialklassificering och byggnadsdel (bottenbjälklag, mellanbjälklag, yttervägg och övre bjälklag). Materialklassificeringen gjordes enligt konstruktionens uppbyggnad, inifrån rummet och ut mot klimatskärmen, för de 2-3 mest dominerande byggnadsmaterialen. Totalt blev det sju materialklasser för träkonstruktioner och sju klasser för betong-/tegelkonstruktioner. Flera av materialklasserna omfattade så få prov att man inte kunde se på dem separat utan endast i grupp. De största klasserna var träytterväggar med isolering av mineralull och gips (40 prov), mineritskiva (15 prov) eller spånskiva (11 prov) som byggskiva, betong och tegel ytterväggar med mineralullsisolering (86 prov) samt betong bottenbjälklag med isolering av cellplast (11 prov).

Vi kunde identifiera profiler för vissa enskilda material och materialkombinationer. Kreosot från stenkolstjära och pentaklorfenol (PCP) har tidigare använts som träimpregnering för att skydda mot svampangrepp men är numera förbjudna att användas i byggnader. Kreosot är klassat som cancerframkallande och innehåller flera hälsofarliga ämnen, bl.a. polyaromatiska kolväten (PAH). PAH-föreningar som indikerade förekomst av kreosot förekom i fem olika ytterväggar, troligen från syllen. Acenaften, acenaftylen, antracen, fenantren, fluoren, dibensofuran och bifenyl är exempel på kemiska föreningar från kreosot och som ingick i profilen. Kloranisoler bildas vid mikrobiell nedbrytning av PCP och har en stark mögelliknande lukt även vid mycket låga koncentrationer. Man har inte sett några tydliga kopplingar till negativa hälsoeffekter och därför är det sannolikt inte hälsovådligt att bo i hus där man använt PCP-impregnerat trä eftersom koncentrationerna vanligen är mycket låga. Dock kan kloranisoler användas som en indikator på fukt och mikroorganismer och förekomst av PCP-impregnerat trä. Kloranisoler, såsom tetrakloranisol och trikloranisol hittades i 16 olika konstruktioner.

Vi kunde även identifiera en emissionsprofil för betong bottenbjälklag med cellplast som isolering. Kemiska föreningar i betongkonstruktioner med cellplast var bl.a. styren, etylbensen, propylbensen, isopropylbensen och 2-metylbutan. I samma konstruktioner kunde även en profil från ytmaterialet, d.v.s. PVC-golv mattor, identifieras. Förhöjd koncentration av 2-etylhexanol och 1-butanol i luftprov kan användas som indikatorer på att det förekommer eller har förekommit en fuktskada i golvet eftersom fukt i betongbjälklag gör att golvlim och mjukgörare (ftalater) i PVC mattor bryts ned till bl.a. dessa föreningar. Emissionerna från mattan och limmet kan avges direkt till rumsluften eller transporteras ned i betongen och lagras för att senare avges. Typiskt för denna reaktion är att nedbrytningen fortsätter även om fukten i konstruktionen med tiden torkar ut.

Det finns även andra källor till både 2-etylhexanol och 1-butanol inomhus och man kan därför inte använda en nollgräns som indikation på fuktskador i golv. Inomhusluftens koncentration av 2-etylhexanol har i vissa undersökningar ansetts vara förhöjd om den överstiger 12-15 µg/m³ medan andra studier har visat att känsliga personer kan uppvisa symptom redan vid koncentrationer ned till 2 µg/m³. 2-Etyl-1-hexanol förekommer i 35 av de 42 proven tagna i bottenbjälklag i koncentrationer upp till ca 400 µg/m³. Under 1 % av medelkoncentrationen återfanns i rumsluften (som högst mellan 1-2 µg/m³).

Slutsatser

Det övergripande syftet med studien var att öka kunskapen om hur ämnen i fuktskadade och icke fuktskadade konstruktioner återspeglas i inomhusluften. Det man kan konstatera är att de kemiska föreningar som finns inuti konstruktionerna för det mesta är vanliga även i rumsluften. Ett fåtal ämnen kan ses som indikatorer, t.ex. PAH föreningar indikerar kreosotimpregneringar och kloranisoler indikerar förekomst av såväl pentaklorfenolimpregnerat trä som fukt och mikroorganismer. Endast ett fåtal av dessa indikatorer hittades även i rumsluften och i mycket lägre koncentrationer än inuti konstruktionerna. De emissionsprofiler som kunde identifieras från olika konstruktioner kunde för det mesta inte återfinnas i rumsluften. Förklaringar till detta kan vara att emissionerna från konstruktionerna avlägsnas till största delen genom ventilation, ämnena kan förändras genom kemiska reaktioner och att andra emissionskällor i rummet gör rumsluften mera komplex.

Våra resultat visar att den största skillnaden i emissioner mellan olika konstruktionstyper beror på byggnadsmaterialet. Detta betyder att vill man hitta skillnader mellan en fuktskadad och en icke fuktskadad konstruktion måste man först dela in konstruktionerna i olika klasser som specificeras enligt byggnadsmaterial. Det vore en fördel att i framtiden göra denna jämförelse i laboratorium i stället för i fält eftersom man då kan få renare materialprofiler och ha kontroll över fuktillförseln.

Tillkännagivanden:

Vi vill tacka Mikael Anderssen på Drytec för fastighetsgranskningarna och för värdefulla diskussioner om resultatutvärderingar, Minna Lundberg på Novia för luftanalyserna samt Korsholms, Närpes, Nykarleby och Larsmo kommuner och skolpersonal för att ha upplåtit sina skolor för våra undersökningar.

För dig som vill läsa mer om byggnads-konstruktioner och inomhusluftens kvalitet:

Litteratur och artiklar:

Brown, S.K. (1999). Occurrence of volatile organic compounds in indoor air. In: Salthammer, T. (ed.) Organic Indoor Air Pollutants. Weinheim: Wiley-VCH.

Edwards, R.D., Jurvelin, J., Koistinen, K., Saarela, K. & Jantunen, M. (2001). VOC source identification from personal and residential indoor, outdoor and workplace microenvironment samples in EXPOLIS-Helsinki, Finland. Atmos Environ, 35, 4829-4841.

Gunschera, J., Fuhrmann, F., Salthammer, T., Schultze, A. & Uhde, E. (2004). Formation and emission of chloroanisoles as indoor pollutants. Environ Sci & Pollut Res, 11 (3), 147-151.

Järnström, H., Saarela, K., Kalliokoski, P. & Pasanen, A-L. (2008). The impact of emissions from structures on indoor air concentrations in newly finished buildings - Predicted and on-site measured levels. Indoor Built Environ, 17 (4), 313-323.

Järnström, H., Saarela, K., Kalliokoski, P. & Pasanen, A-L. (2006). Reference values for indoor air pollutant concentrations in new, residential buildings in Finland. Atmospheric Environment, 40, 7178-7191.

Vetenskapliga artiklar producerade inom KLUCK 2 projektet

Glader, A. & Liljelind, I. (2009). Patterns in VOC emissions in closed concrete and wood constructions. In: Proceedings from Healthy Buildings 2009, No. 163, Syracuse, USA

Glader, A. & Liljelind, I. (2011). Volatile organic compounds in building structures and indoor air. In: Proceedings from Indoor Air 2011, No. 658, Austin, USA

Glader, A. & Liljelind, I. (2011). Patterns of VOC emissions in building structures. Accepted in Indoor and Built Environment.

Fria publikationer på webbplatser

ECA. (1994). Sampling strategies for volatile organic compounds (VOCs) in indoor air. (European collaborative action "Indoor air quality and its impact on man", report No 14). Luxembourg: Office for official publications of the European communities. http://www.aivc.org/frameset/frameset.html?../ECA/eca_publications.html-mainFrame

ECA. (1997). Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in indoor air quality investigations. (European collaborative action "Indoor air quality and its impact on man", report No 19). Luxembourg: Office for official publications of the European communities. http://www.aivc.org/frameset/frameset.html?../ECA/eca_publications.html-mainFrame

SHM. (2003). Anvisning om boendehälsa. (Social- och hälsovårdsministeriets handböcker 2003:2). Helsingfors: Edita Prima Ab. http://www.stm.fi/sv/publikationer/publikation/_julkaisu/1070263

Socialstyrelsen. (2006). Kemiska ämnen i inomhusmiljön. <http://www.socialstyrelsen.se/publikationer2006/2006-123-38>

Arbetshälsoinstitutet, 2-etylhexanol i inomhusluft (endast på finska) http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/terveydelliset_tekijat/sisailman_2eh/sivut/default.aspx.

Naturvårdsverket, Betydelse av pentaklorfenolbehandlat trä för spridning av dioxiner i miljön <http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Om-Naturvardsverket/Vara-publikationer/ISBN1/5900/978-91-620-5911-8/>

AGÖF Guidance Values for Volatile Organic Compounds in Indoor Air http://agoef.de/agoef/oewerte/orientierungswerte_englisch.html

Utbildningsstyrelsen, Renovering av skolbyggnader vid problem med inomhusklimatet http://www.oph.fi/publikationer/2009/renovering_av_skolbyggnader_vid_problemm_med_inomhusklimatet_finska http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/terveydelliset_tekijat/sisailman_2eh/sivut/default.aspx.

Förklaringar på nyckelbegrepp och -förkortningar i denna temahelhet

Reaktiv kemi avser de reaktioner som uppstår mellan kemiska ämnen i luften och som tros ha ett samband med att vissa personer reagerar på dålig inomhusmiljö.

Jonisering är en luftreningsmetod som fungerar enligt samma mekanismer som i naturen. Baserar sig på att man ökar mängden joner i inomhusluften.

RF är förkortningen av relativ fuktighet. Den relativa fuktigheten anges i procent och talar om hur mycket vattenånga som finns i luften vid en viss temperatur.

Prediktiv styrning innebär att man genom att kontinuerligt mäta förhållandena och variationerna i t.ex. en kryppgrund kan förutse fuktproblem och således också förebygga dem. Mätningarnas information kan utnyttjas t.ex. för maskinell styrning och reglering av luftfuktigheten i en kryppgrund.

Terapeutisk miljö är en stödjande hälso- och sjukvårdsrelaterad miljö som har positiv effekt på patienter och deras medicinska tillstånd.

Del 3

Inomhusluft i byggnader

Denna del innehåller artiklar om delprojekten

- **Reaktiv kemi och jonisering av luft**
- **Intelligent styrning och husautomation**
- **Arkitektur och hälsa**



Minna Kempe

Filosofie magister inom biokemi, projektforskare, Yrkehögskolan Novia

Minna arbetar heltid med inomhusmiljö på Yrkehögskolan Novias enhet för forskning och utveckling. Under projektet har hon bl.a. medverkat för utvecklingen av kompetenscentret KOMIN. Som kemist har hon studerat luftreningsmetoden jonisering med fokus på dess effekt på flyktiga organiska föreningar i luften.

minna.kempe@novia.fi

Reaktiv kemi och jonisering av luft

– en olöst ekvation för forskningen

Minna Kempe

Vissa experter anser att den så kallade **Reaktiv kemi-teorin** kan vara en möjlig, men ännu relativt utforskad förklaring till de hälsoproblem som upplevs i "sjuka hus". Vad är reaktiv kemi och är det något som går att mäta? Utomhus renas luften helt naturligt genom reaktiv kemi, men är det bra eller dåligt då samma reaktioner sker inomhus? Dessa frågeställningar uppstod i studien om jonisering – en luftreningsmetod vars effekt på inomhusluftens kemiska föreningar ännu är oklar.

Reaktiv kemi är ett naturligt fenomen i utomhusluften och en viktig förutsättning för atmosfärens komplexa kemiska balans. Solens UV-strålar driver en stor del av de kemiska reaktionerna genom att bilda reaktiva föreningar liksom ozon, kväveoxider och radikaler, som även spelar en viktig roll i reningen av atmosfären. Inomhus möter vi däremot en i många avseenden annorlunda miljö; i inomhusluften sker det i brist på UV-ljus färre kemiska reaktioner, vi har en begränsad luftväxling och en ofta högre koncentration av kemikalier än utomhus. Ifall utrymmen påverkas av exempelvis en gammal fuktskada eller bristfällig ventilation vet vi av erfarenhet att den kemiska cocktailen i inomhusluften kan bli hälsovadlig. Vi vet fortfarande inte exakt vad det är som orsakar symptomen, och på senare tid har även den reaktiva kemins satts under lupp. Vår kunskap om reaktiv kemi i inomhusmiljön är ännu begränsad och det en stor utmaning för inomhusmiljöforskningen att lösa ekvationen.

Med reaktiv kemi menas de kemiska reaktioner som sker mellan föreningar i luften eller på utrymmets ytor. Kemiska föreningar i inomhusluften härstammar från olika källor, liksom utomhusluften, material, människor, rengöringsprodukter och verksamheten inomhus, men även från kemiska reaktioner som sker mellan föreningar. En reaktion mellan två föreningar förändrar föreningarna kemiskt och kan i vissa fall producera en mängd nya reaktionsprodukter. Det intressanta är att de nya föreningarna som bildas kan ha helt andra egenskaper än ursprungsmännen, bl.a. gällande hälsopåverkan.

Reaktiv kemi-teorin

Reaktiv kemi är ett relativt nytt område inom inomhusmiljö-

forskningen, men har av flera identifierats som en möjlig orsak till de symptom som upplevs i inomhusmiljön. "Reaktiv kemi-teorin" (eng. Reactive chemistry theory) baserar sig på olika fenomen som antyder att hälsobesvär som upplevs inomhus kan bero på kemiska reaktioner i inomhusluften.

Fenomen som stöder reaktiv kemi-teorin:

1. **Orsaken till symptom kan vara ostabila föreningar.** Även om man länge försökt hitta sambanden mellan föroreningar och symptom, är det fortfarande oklart vad som orsakar SBS (eng. Sick Building Syndrome). Bl.a. har man försökt hitta ett samband mellan SBS och flyktiga organiska föreningar VOC (eng. Volatile Organic Compound). Det är dock möjligt att det inte är de relativt stabila VOC som orsakar symptomen, utan att symptomen orsakas av kemiskt sett mer ostabila föreningar. En stor del av de reaktiva föreningar som orsakar och bildas vid kemiska reaktioner går inte att mäta med traditionella analytiska metoder på grund av deras ostabila natur.
2. **Reaktioner kan bilda irriterande produkter.** Reaktionen mellan ozon och terpenen limonen bildar produkter som i människo- och djurtester visat sig orsaka irritation i både ögon och luftvägar. Forskare anser att det troligen är radikalreaktioner som följer den initierande limonen-ozonreaktionen som orsakar de skadliga produkterna. Även små kondenspartiklar som bildas till följd av reaktioner mellan terpenier och ozon misstänks kunna påverka hälsan.
3. **Symptom har kopplats till minskande VOC-halter.** I en studie utförd i kontorsbyggnader i norra Sverige fann man en koppling mellan ökade symptom och minskande VOC-halter, ökad halt formaldehyd och närvaro av

skrivare. Resultaten är intressanta eftersom de antyder att reaktiv kemi i luften kan ha orsakat hälsobesvär. Skrivare av lasertyp kan bilda ozon, som kan initiera kemisk nedbrytning av VOC i luften. Även de ökade halterna formaldehyd, som är en nedbrytningsprodukt, antyder en ökad kemisk reaktivitet i luften.

4. **Kemisk nedbrytning kan orsaka lukt.** Människan har specialiserade receptorer för lukter och irriterande föreningar på huden samt i ögon, näsa och ansikte. Många lukttande föreningar är irriterande och luktsinnet agerar således som en varningssignal. Ett symptom som kopplas till SBS är hög känslighet för lukter. Då VOC bryts ner av syreföreningar bildas produkter som organiska syror, alkoholer och aldehyder, som har en tendens att lukta mer än föreningar utan funktionella syregrupper. Till exempel visade en dansk studie att lukten från en heltäckningsmatta blev starkare när den utsattes för ozon. Kemiska reaktioner mellan ozon och kemikalier i heltäckningsmattan bildade alltså lukttande reaktionsprodukter.

Reaktionsmiljön är avgörande

Hurudana reaktioner som sker beror på reaktionsmiljön, d.v.s. mängden och typen av kemiska föreningar i luften, luftfuktigheten, temperaturen och luftombytet. De kemiska reaktionerna inomhus misstänks kunna orsaka hälsobesvär, medan reaktionerna utomhus ses som en naturlig del av atmosfärens processer. Utomhus bidrar reaktiva kemin till och med till positiva effekter så som luftrening. Av detta kan man dra slutsatsen att det troligen inte är de kemiska reaktionerna i sig som är skadliga för hälsan, utan den miljö de sker i. Inomhusmiljön är på många sätt annorlunda än utomhusmiljön, och med tanke på reaktiv kemi är det främst typen och mängden kemikalier i luften och den begränsade luftväxlingen som har betydelse.

Under de senaste decennierna har ett mycket stort antal nya kemikalier introducerats in i vår miljö. De största källorna till de nya kemikalierna inomhus är bl.a. rengöringsmedel, plaster, inredningsmaterial, leksaker och kosmetika. Produkterna innehåller idag kemikalier som inte ens existerade två generationer tillbaka, t.ex. olika plastkomponenter, insektgifter och flamskyddsmedel. Även om produkterna genomgår tester för vilka kemiska föreningar de emitterar, är det sällan klart vilka sekundära emissioner de kan bilda då de utsätts för t.ex. fukt-påverkan eller kemisk nedbrytning i inomhusluften. En förening som emitteras från en produkt kan ha obetydligt låga eller icke-toxiska egenskaper, men kan efter reaktioner med andra föreningar i luften bilda sekundära produkter med all-

varliga hälsoeffekter. Forskare beräknar att kemisk nedbrytning i inomhusmiljön troligen tilltagit under de senaste årtiondena eftersom både användningen av olika kemikalier inomhus och halten av oxiderande föreningar i utomhusluften, liksom ozon, ökat.

Ozon inomhus

Förekomsten av ozon inomhus är intressant eftersom den anses initiera största delen av inomhusluftens kemiska reaktioner. Till skillnad från de ostabila radikalerna, är den också en komponent som vi kan mäta. Ozonkoncentrationen inomhus beror på flera faktorer:

- Utomhuskoncentration,
- Ventilationseffektivitet,
- Närvaro av inomhuskällor,
- Förhållandet mellan yta och volym inomhus,
- Reaktionshastigheten med andra kemiska ämnen i inomhusluften.

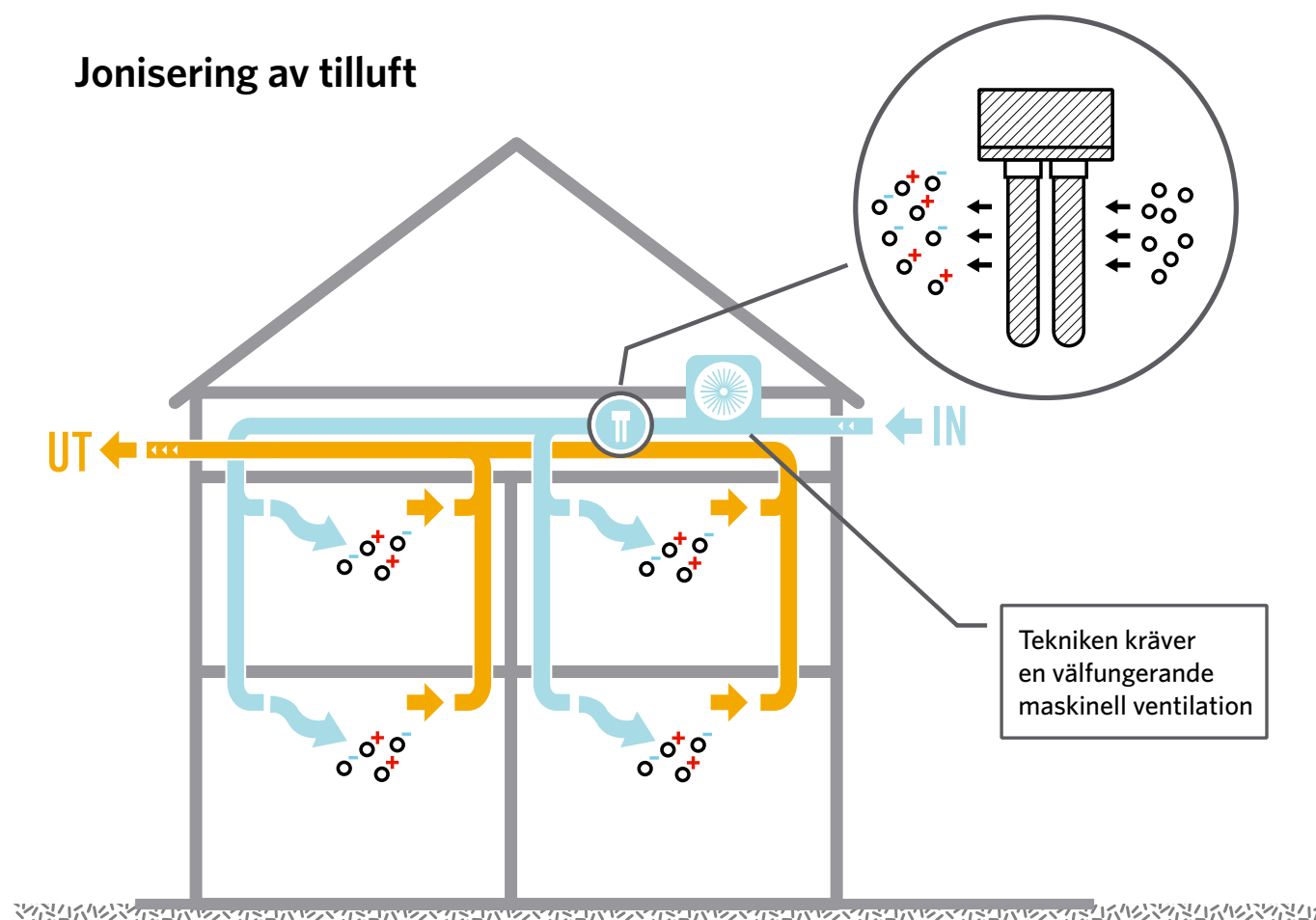
Inomhuskoncentrationen ozon har beräknats vara 20-80% av utomhuskoncentrationen. Ozon utomhus bildas genom en kemisk samverkan mellan luftens syre, kväveoxider, kolväten och solens UV-ljus. Ozon finns alltså inte i utsläpp, utan bildas kemiskt i atmosfären. Ozonkoncentrationen tenderar vara hög nära tätbebyggda orter (hög koncentration av kolväten och kväveoxider) under soliga dagar (hög nivå UV-ljus).

En ökad ventilation kan öka ozonhalten inomhus, men det behöver inte nödvändigtvis betyda förhöjd reaktivitet. Även om ökad ventilation för in större mängder ozon, ger den också mindre tid för ozonet att reagera med föroreningar inomhus. Om man önskar minska utomhusluftens ozonpåverkan på inomhusluften, är det alltså inte lönsamt att minska ventilationsflöden, utan istället t.ex. effektivisera filtrering av tilluften.

Ozon kan även bildas inomhus ur olika kontorsmaskiner, liksom kopiatorer, skrivare och faxapparater av lasertyp, gasbågsvetsning i verkstäder samt vissa luftreningsapparater. Kontorsmaskinerna innehåller ofta ett filter för att förhindra ozonemission till inomhusluften, men ändå kan ozonkoncentrationerna stiga lokalt över tillåtna gränsvärden. Eftersom ozon kan reagera med ytmaterial kan även andelen ytor i förhållande till rummets volym ha en betydelse för luftens slutliga ozonkoncentration.

Förutom att ozon kan initiera kemiska reaktioner med hälso-påverkan, är det även en toxisk gas. Ozonets höga oxidationspotential (förmågan att reagera med andra föreningar) gör det till ett effektivt desinficerings- och blekningsmedel, men även ett ämne som är skadligt för vävnader. Ozon påverkar bland annat slemhinnor i ögon och de nedre luftvägarna och har påvi-

Jonisering av tilluft



Figur 1 Joniseringsaggregaten installeras i ventilationskanalen så att tilluften i byggnaden blir rik på joner. Den här typen av joniseringsteknik är energisnål och kan användas för att påverka stora luftmängder och flera utrymmen med en installation.

sats kunna orsaka skador i lungor, blod och centrala nervsystemet. Skadorna uppkommer via ökad oxidativ stress i celler, som i sin tur påverkar inflammatoriska processer i kroppen. Vanliga symptom är en stickande eller brännande känsla i halsen, hosta och smärta i bröstet och/eller vinande andning. För de känsligaste kan ozon orsaka milda symptom vid en koncentration på 100 ppb (eng. parts per billion), och kraftigare astmatiska symptom vid högre koncentrationer. Långvarig exponering kan leda till inflammation i andningsvägarnas slemhinnor. Ozon har en stickande och kloraktig lukt som människor kan känna av redan vid låga koncentrationer (1-50 ppb).

Jonisering - luftrening med naturens metoder

Syftet i mitt delprojekt var att undersöka luftreningstekniken jonisering, en teknik vars reningsmekanism baserar sig på att

öka mängden joner i inomhusluften. Jämfört med utomhusluften är jonkoncentrationerna i inomhusluften låga, dels på grund av bristen på UV-ljus, dels för att jonerna från utomhusluften neutraliseras på ventilationssystemets ytor. Även en hög koncentration föroreningar liksom damm och mindre partiklar i inomhusluften, förbrukar jonerna. Joner och radikaljoner är viktiga komponenter i atmosfärens självrenande processer, och genom att artificiellt jonisera inomhusluften strävar man att skapa liknande renande mekanismer inomhus. Joner bildas artificiellt bl.a. genom att med olika tekniker skapa partiell urladdning av elektrisk ström på luftens molekyler.

Joner är negativt eller positivt laddade atomer, molekyler eller molekylkluster som kan påverka luftens partiklar genom kemiska och elektrostatiska krafter. Joners främsta egenskap är att de dras till en motsatt polaritet, t.ex. till andra joner el-



ler ytor med motsatt laddning som ger jonerna dess förmåga att rena luften. Utomhus laddar jonerna luftens partiklar som sedan bildar större partikelkluster som deponeras eller effektivt förs bort med vind och regn. I inomhusluften fungerar detta speciellt väl i utrymmen där förhållandet mellan yta och volym är högt, eftersom partiklarna har större yta att dras till. Det är väl känt att jonisering kan orsaka smutsiga ytor, p.g.a. deponerade partiklar. Därför är det viktigt att städa regelbundet så att partiklarna inte flyger upp i luften på nytt.

Joniseringen bildar även s.k. radikaljoner, som är kemiskt mycket ostabila atomer och molekyler som har endast en överlopps elektron. Radikaljonerna strävar att bli mera stabila genom att bli av med elektronen, och reagerar därför omedelbart med andra kemiska föreningar. Vissa radikaljoner reagerar så snabbt med andra molekyler att de existerar endast fraktioner av en sekund. Genom reaktionerna bryter radikaljoner effektivt ner kemiska föroreningar och är därför viktig i atmosfärens luftreningsprocesser.

Jonisering eller ozonering?

Jonisering blandas ofta ihop med en annan luftreningsmetod, ozonering. Orsaken till detta är att man vid ozonering ofta använder samma teknik som vid jonisering, även om principen för luftreningsmekanismen hos de två metoderna är olika. Vid ozonering strävar man att höja ozonkoncentrationen i luften så mycket att kemiska föroreningar bryts ner genom kraftig oxidation. Tekniken används främst för sanering av kraftigt förorenade utrymmen och på grund av ozonets hälsorisker kan människor inte vistas i utrymmen under behandlingen. Vid jonisering strävar man däremot efter att undvika bildningen av ozon och i stället endast bilda joner. Jonerna utgör enligt dagens kunskap ingen fara för hälsan, tvärtom finns det studier som antyder att joner har en positiv effekt på människors hälsa.

Även om ozon inte borde få bildas vid jonisering, finns det jonisatorer på marknaden som ändå producerar ozon. Eftersom dessa två luftreningsmetoder bygger på liknande tekniker är det också möjligt att resultaten överlappar varandra, det vill säga att det vid jonisering bildas ozon och vid ozonering bildas joner. Eftersom ozon kan vara skadligt för hälsan är det ytterst viktigt att man vid jonisering utför noggrann kontroll över ozonbildningen. Bristfällig ozonkontroll är en orsak till att joniseringstekniken fått ett tveklaktigt rykte.

Ozonbildningen kan kontrolleras genom att justera spänningen över joniseringsrören. Mätningar i vår studie visade

Reaktiv kemi är ett naturligt fenomen i utomhusluften och en viktig förutsättning för atmosfärens komplexa kemiska balans. Jonerna spelar en viktig roll i atmosfärens självrenande processer.

klart att ozon bildas som en biprodukt, men även att användning av låg joniseringsspänning kombinerat med tillräckligt höga luftflöden i ventilationssystemet ger en mycket låg, nära obefintlig, ozonkoncentration i inomhusluften. Resultaten tyder på att tekniken är känslig för yttre förhållanden och påminner oss om att det krävs både erfarenhet och insikt för att använda joniseringstekniken på rätt sätt.

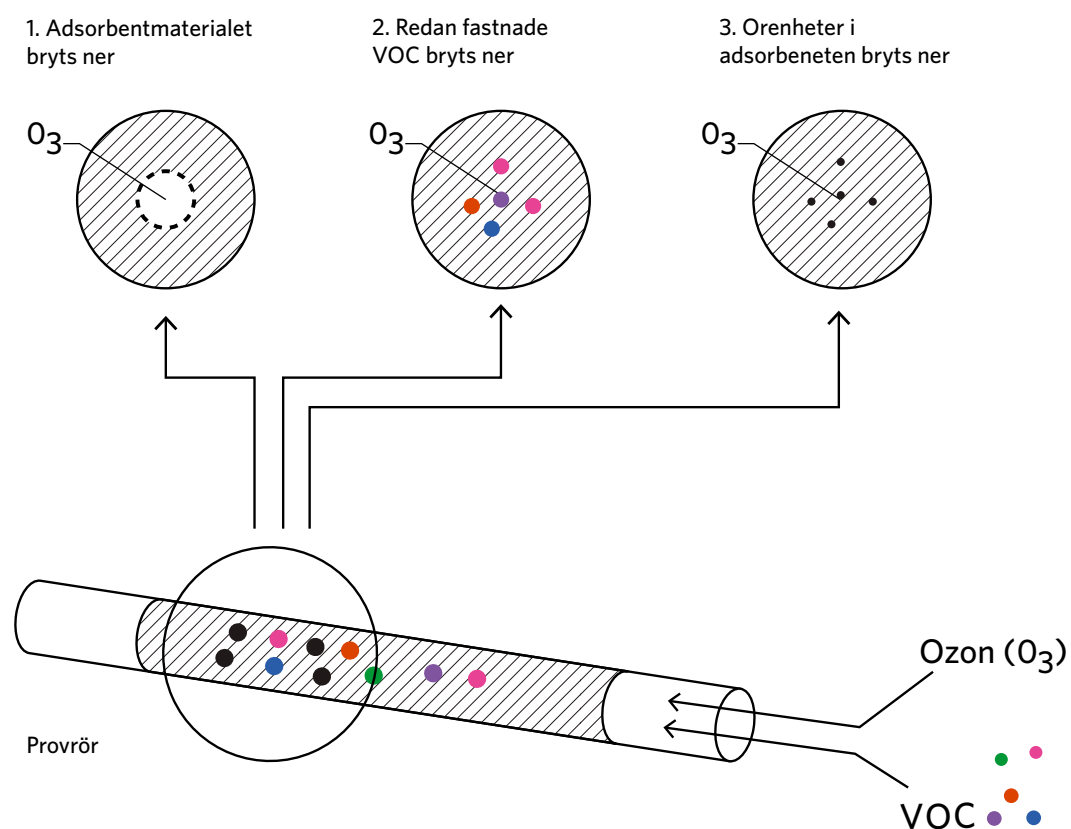
Målet med studien

Joniseringsteknik används i inomhusmiljöer bland annat för att avlägsna starka lukter, statisk elektricitet samt luftburna partiklar. Teknikens förmåga att neutralisera statisk elektricitet och avlägsna partiklar är relativt väldokumenterad och därför valde jag i min studie att i stället fokusera på om man genom jonisering kan kemiskt bryta ner flyktiga organiska föreningar (VOC) i luften. Detta kunde bland annat ge insikt i teknikens förmåga att neutralisera lukter. Frågeställningen motiverades även av motsägelsen i att försäljare som saluför jonisering ofta påstår att joner bryter ner organiska föroreningar till koldioxid och vatten, medan tidigare forskning däremot antyder att nedbrytningen är betydligt mer komplicerad och långsam.

Under studien studerades en typ av joniseringsteknik där joniseringsaggregat installeras i ventilationssystem, så att tilluften i ett rum eller en hel byggnad är joniserad. Den här typen av jonisering används bland annat på kontor och sjukhus samt i affärslokaler och skolor i Kvarkenregionen för att förbättra luftkvaliteten och lindra inomhusluftproblem. Tekniken används också på pumpstationer för att avlägsna lukt och i industrilokaler för att avlägsna höga halter kemiska föroreningar. För att undersöka effekten av joniserad tilluft byggdes en experimentell uppställning med ett testrum på ca 14 m³ i laboratorieutrymmen på Technobothnia (Vasa).

En svår luftreningsteknik att undersöka

Undersökning av jonisering är utmanande eftersom man istället för att mekaniskt avlägsna föroreningar strävar efter att rena luften genom relativt svårtydda kemiska och fysikaliska effekter. Även om luftreningskapaciteten hos joniseringsapparater testats av flera olika aktörer, fattas det fortfarande belägg för vissa påståenden om joniseringens effektivitet och påverkan. Orsaken till detta är bristen på kvantitativa resultat i vetenskapliga artiklar samt svårigheten att relatera resultaten från forskning till verkliga situationer. Bristen på konklusiva resultat i tidigare studier kan bland annat bero på teknikens känslighet för olika förhållanden i luften. I verkliga byggnader exponeras luftreningstekniken för hundratals olika föroreningar i olika koncentrationer, temperaturer, luftfuktigheter, som alla kan påverka luftrenarens prestanda. Att undersöka effekterna av



Figur 2 Ozon kan orsaka bildning av positiva och negativa felresultat genom tre mekanismer vid provtagningen av VOC. Felresultaten kan undvikas genom att använda ett skyddsrör.

den här typen av joniseringsteknik på ett tillförlitligt sätt, och så att resultaten kan relateras till effekten i en verklig byggnad, är utmanande.

Under studien kunde jag inte heller fastställa stora och tydliga effekter av jonisering på luftens VOC. Det fanns visserligen antydning till förändringar i vissa av luftens VOC, men förändringarna var antingen små eller också kunde effekten inte upprepas i flera tester. De varierande och svaga effekterna kan visserligen bero på de rådande experimentella förhållandena. Testerna utfördes under låga, för inomhusmiljön typiska, koncentrationer och under relativt höga luftflöden genom testrummet. Tidigare studier antyder att joniseringens förmåga att bryta ner föreningar kemiskt beror på mängden och typen av radikaler som bildas. Teoretiskt bildas de, men eftersom de är mycket svåra att mäta är det oklart huruvida de bildas i praktiken och under vilka förhållanden.

Resultaten från en stor del av de tidskrävande testerna som utfördes i början av studien konstaterades bli förvrängda. Orsaken till detta var att provtagningsmetoden som användes för

att mäta VOC ut luften stördes av oxidativa föreningar som bildades i luften vid jonisering. Även om detta fenomen var känt redan från början av studien blev förändringen av provtagningsmetoden en lärorik och tidskrävande process.

Reaktiv kemi kan störa provtagningen av VOC

Under studien stötte jag på ett känt, men ändå olöst problem gällande provtagning av VOC i närvaro av starka oxidanter, liksom ozon. Resultaten från studien visar att VOC-resultaten förvrängs då provtagningen sker i joniserad luft med närvaro av ozon. Resultatet är av intresse även med tanke på provtagning under normala, icke-joniserade, inomhusförhållanden eftersom lokala ozonkoncentrationer kan även då bli höga inomhus. Det är viktigt att alla som i sitt arbete kommer i kontakt med VOC-provtagning eller hantering av VOC-resultat inser mätningens svagheter.

Under min studie använde jag en aktiv provtagningsmetod med Tenax TA-provrör för att mäta VOC i luften, en metod som används både i forskning och rutinmässigt vid fastighets-

undersökningar. Vid aktiv provtagning pumpar man en viss mängd luft genom Tenax-röret, så att VOC som finns i luften fastnar i det porösa adsorbentmaterialet som finns i provröret. Provet analyseras sedan med ett analysinstrument (TD-GC-MS). Om luften man tar prov på innehåller ozon, eller andra oxiderande föreningar, kan det förvränga resultatet genom främst tre olika mekanismer:

1. **Ozon bryter ner adsorbentmaterialet i Tenax-provröret.** Ozon tränger in i det porösa Tenax-adsorbentmaterialet och kan genom reaktioner med det bilda olika nedbrytningsprodukter. Ozon förorsakar sekundär porositet, vilket exponerar adsorbentmaterialet för ytterligare nedbrytning. Nedbrytning av materialet med ozon kan pågå under provrörets hela livstid. Detta orsakar falska positiva resultat med förhöjda koncentrationer av bl.a. bensaldehyd, acetofenon, bensenacetaldehyd, bensofenon.
2. **Ozon bryter ner VOC som redan fastnat i provröret.** Nedbrytning av föreningar som redan fastnat på adsorbenten orsakar två typer av felresultat: bildning av nedbrytningsprodukter från reaktionerna (falska positiva resultat) samt att koncentrationen hos de VOC som bryts ner kommer att vara lägre än de borde (falska negativa resultat). Speciellt utsatta för nedbrytning är föreningar med dubbelbindningar, t.ex. terpen, styren, alkoholer och n-aldehyder. Reaktionen mellan bl.a. ozon och terpenen α -pinen bildar reaktiva produkter, liksom radikaler. Dessa orsakar vidare nedbrytning av både adsorbentmaterialet och andra VOC. Nedbrytningen av VOC i provröret bildar bl.a. olika syror, aldehyder, ketoner, peroxider, syreradikaler, kväveradikaler, organiska radikaler.
3. **Ozon reagerar med småmolekylära orenheter som kan finnas kvar i adsorbentmaterialet efter tillverkningen.** Reaktionsprodukterna som bildas försvinner dock efter ett man använt Tenax-röret ett antal gånger, eftersom orenheterna endast finns i små mängder och förbrukas av ozonet och/eller avlägsnas under analysprocessen med analysinstrumentet. Detta är alltså främst ett problem då man använder nya Tenax-rör. Exempel på föreningar som bildas vid nedbrytning av orenheter är bensaldehyd, acetofenon och fenol.

Närvaro av ozon i provtagningsluften kan alltså bilda både positiva och negativa felresultat. Eftersom inomhusluft innehåller en varierande mängd olika föreningar som kan påverkas av detta fenomen, både brytas ner och bildas, är det näst intill omöjligt att förutspå förvrängningen av mätresultatet. Karbo-

nyler, som är bl.a. ketoner, aldehyder och karboxylsyror, är ett bra exempel på föreningar som kan både brytas ner och bildas från ozon-initierad reaktiv kemi i provtagningsröret. Då luften man tar prov på innehåller ozon, är det därför osäkert huruvida VOC-resultatet man får verkligen motsvarar antalet och mängden VOC i inomhusluften.

Om man vill undvika de negativa effekterna av ozon vid provtagning kan man överväga att göra något av följande: 1. Man kan öka provtagningshastigheten, som således minskar tiden för ozonet att flöda genom provtagningsröret. 2. Om man helt vill eliminera de negativa effekterna av ozon kan man placera ett skyddsrör före provtagningsröret för att förhindra ozon att flöda genom röret.

Provtagningsröret kan skyddas mot ozon

Användning av ett skyddsrör (eng. scrubber) före Tenax-provröret är en metod man tidigare utnyttjat i forskningssyfte då man mätt VOC tillsammans med höga halter ozon i luften. Skyddsröret innehåller en katalyt som avlägsnar ozon genom att reagera med det. Exempel på sådana katalyter är mangandi-oxid (MnO_2), natriumsulfit (Na_2SO_3) eller kaliumjodid (KI). I denna studie valde jag att tillverka ett skyddsrör med kristallint kaliumjodid eftersom det enligt studier effektivt avlägsnar ozon men har en minimal påverkan på VOC som provtas.

Mina resultat visar tydligt att det, för att få pålitliga resultat, var nödvändigt att använda skyddsrör vid provtagning av joniserad luft innehållande ozon. Exempel på föreningar vars koncentrationer förvrängdes kraftigt av ozonets påverkan vid provtagningen är bensaldehyd, acetofenon, styrene, limonen, α -pinen och beta-karoten. Skyddsrör för VOC-provtagning finns inte att köpas för detta syfte och förklaringen från en leverantör av provtagare för detta var att ozonkoncentrationerna inomhus oftast är låga, är de enligt mina resultat inte försumbara vid provtagning med Tenax TA. Under mina tester stördes resultaten redan vid ozonkoncentrationer jämförbara med vanliga inomhus- och utomhuskoncentrationer (<50 ppb).

På basis av resultaten rekommenderar jag, speciellt för dem som arbetar inom inomhusmiljöforskning, att överväga användningen av skyddsrör, speciellt i miljöer där höga ozonkoncentrationer är möjliga, exempelvis i kontorsmiljöer.

Hur löser vi ekvationen?

Vår kunskap om reaktiv kemi i inomhusluften är begränsad, delvis för att den är svår att mäta. Ett viktigt mål för inomhusmiljöforskningen i framtiden är att utforska förekomsten och vikten av reaktiv kemi vid inomhusmiljörelaterad ohälsa. Det finns ett behov av att mäta reaktiva komponenter, liksom radi-



Inomhus har vi en begränsad luftväxling och en ofta högre koncentration av kemikalier än utomhus. Utomhus renas luften naturligt genom reaktiv kemi, men huruvida det är bra eller dåligt då samma reaktioner sker inomhus är oklart.

kaljoner, ur inomhusluften samt att mäta de sekundära emissionerna, som hittills endast förutspås genom kemisk modellering. Mätning och bedömning av reaktiva oxiderande komponenter liksom peroxider, hydroperoxider, organiska radikaler och kväveoxider är också relevant. Vi skulle få bättre möjligheter att undersöka joniseringens effekter genom bättre kunskap om den reaktiva kemien inomhus och ändamålsenliga verktyg för mätning av radikaljoner. Att det vid jonisering bildas radikaljoner som kan bryta ner kemiska föroreningar i luften är teoretiska fakta, men i vilken omfattning det i praktiken sker är oklart.

Ventilationens betydelse kan inte understrykas nog då det gäller bra luftkvalitet. Joniseringstekniken som jag undersökt bör endast användas som ett tillägg till detta system, absolut inte för att ersätta det. Jonisering kräver ett välfungerande och

stabil ventilationssystem för att ha effekt. Välfungerande ventilation bidrar även till mindre reaktivitet och färre ackumulering av reaktionsprodukter i luften - något som man enligt reaktiv kemi-teorin bör undvika.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att reaktiv kemi i inomhusluften är ett intressant men utforskat fenomen som kan påverka såväl vår hälsa som luftens renhet och tekniska provtagningar. Vi kan även konstatera att det i slutändan är förhållandena i inomhusmiljön som orsakar ohälsan, inte förekomsten av reaktivitet. Därför bör vi, istället för att försöka kontrollera kemiska reaktioner i inomhusluften, fokusera på att förbättra reaktionsmiljön de eventuellt sker i, alltså begränsa mängden och typen av föroreningar inomhus.

För dig som vill veta mer om jonisering och reaktiv kemi:

Böcker:

Organic indoor air pollutants: occurrence - measurement - evaluation. Edited by Tunga Salthammer (2009). WILEY-VCH, 1999, ISBN 3-52729622-0.

På nätet:

Kemiska ämnen i inomhusmiljön. Ett Underlag från experter framtaget av Birgitta Berglund, Ingegerd Johansson, Iréne Andersson, Ord & Vetande. Publicerad: www.socialstyrelsen.se (2006), artikelnr. 2006-123-38.

Impact of Ozone-initiated Terpene Chemistry on Indoor Air Quality and Human Health. ECA, Environment and Quality of Life, Report No 26. EUR 23052 EN, 2007.

Vetenskapliga artiklar:

Calogirou A, Larsen B R, Brussol C, Duane M, Kotzias D (1996). Decomposition of terpenes by ozone during sampling on Tenax. *Analytical Chemistry*, 68, 1499-1506.

Grinshpun S A, Mainelis G, Trunov M, Adhikari A, Reponen T, Wilke K (2005). Evaluation of ionic air purifiers for reducing aerosol exposure in confined indoor spaces. *Indoor Air*, 15(4), 235-45.

Nagato K, Matsui Y, Miyata T, Yamauchi T (2006). An analysis of the evolution of negative ions produced by a corona ionizer in air. *International Journal of Mass Spectrometry*, 248, 142-147.

Sundell J, Andersson B, Andersson K, Lindvall T (1993). Volatile organic compounds in ventilating air in buildings at different sampling points in the buildings and their relationship with the prevalence of occupant symptoms. *Indoor Air*, 3, 82-93.

Weschler C J (2000). Ozone in indoor environments: concentration and chemistry. *Indoor Air*, 10(4), 269-88.

Weschler C J, Shields HC (2000). The influence of ventilation on reactions among indoor pollutants: modeling and experimental observations. *Indoor Air*, 10, 92-100.

Wolkoff P, Wilkins C K, Clausen P A, Nielsen G D (2006). Organic compounds in office environments - sensory irritation, odor, measurement and the role of reactive chemistry. *Indoor Air*, 16(1), 7-19.

Annat:

ISO STANDARD (2007): Indoor air - Part 5: Sampling strategy for volatile organic compounds (VOCs). ISO 16000-5:2007, STD-908296. www.iso.org



Kristian Blomqvist
Forsknings- och
utvecklingsledare,
Yrkeshögskolan Novia

Kristian arbetar med energi- och miljöteknikfrågor på Yrkeshögskolan Novias enhet för forskning och utveckling. Under projektet har han bl.a. medverkat i utvecklingen av det intelligenta styrsystem som tagits fram. Kristian har en bakgrund i energibranschen och inom automation.

kristian.blomqvist@novia.fi



Johan Westö
Projektforskare,
Yrkeshögskolan Novia

Johan har arbetat med att utveckla ett styr- och övervakningssystem för intelligent styrning vid Yrkeshögskolan Novias enhet för forskning och utveckling. Under projektet har han bl.a. ansvarat för alla fältundersökningar och modelleringar som ingick i utvecklingen av det nya styrsystemet.

johan.westo@gmail.com

Intelligent styrning av luftfuktighet i en uteluftsventilerad kryppgrund

Kristian Blomqvist och Johan Westö

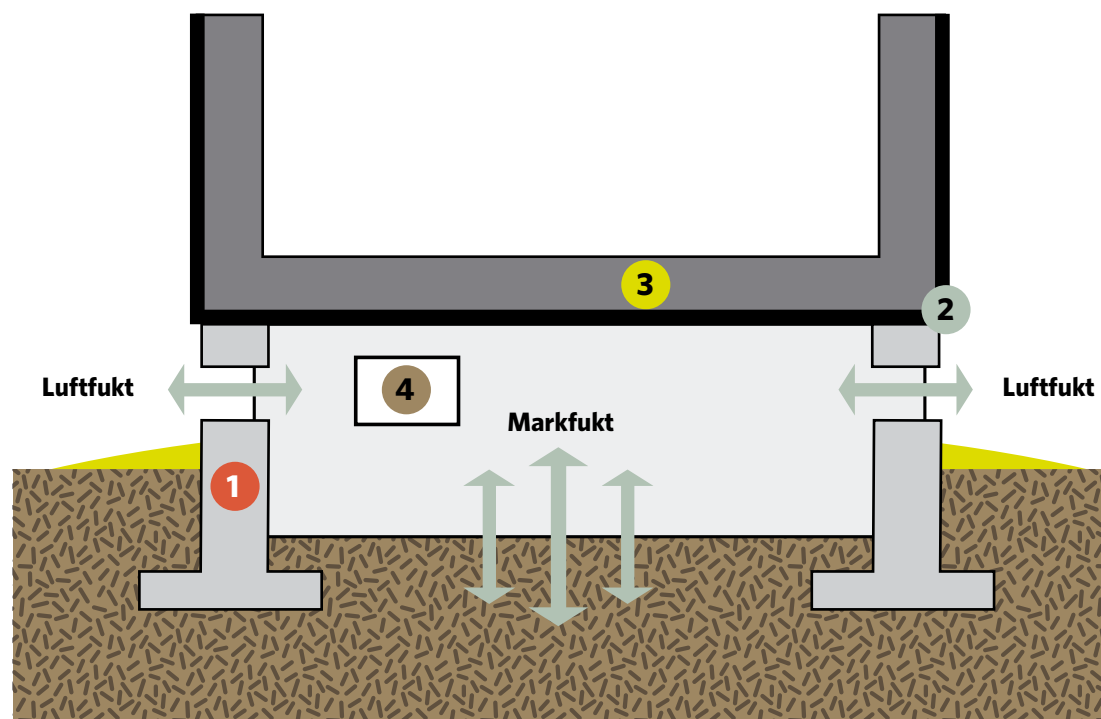
Kryppgrunden är en vidareutveckling av den tidigare torpargrunden. I dagens läge existerar ett antal olika varianter av kryppgrunder och av dessa är den uteluftsventilerade den vanligaste. Fuktproblemen med denna typ av grund har varit kända sedan 70-talet men trots detta är den ett vanligt alternativ ännu idag tack vare att den också har sina fördelar. Eftersom problemen är komplexa har utgångspunkten varit att även se på lösningar ur ett reglertekniskt perspektiv, i stället för att enbart fokusera på byggteknik. Om man inte fullständigt kan eliminera problemen, kan vi då åtminstone styra dem och hålla situationen under kontroll? Förhoppningen är att kunna minimera risken för fuktskador som kan påverka inomhusluften och således också människors hälsa. Genom realtidsmodellering samt prediktiv styrning med flertalet styrmöjligheter och kontinuerliga mätningar, kan man få ny information om kryppgrundens förhållanden och variationer. Med hjälp av intelligent styrning kan energieffektivitet och inomhusluftens kvalitet kopplas samman, vilket också betyder att det finns potential att inkludera husgrunden i modern husautomation.

Förhållandena i krypprummet påverkas av ett stort antal faktorer och drifts- och underhållsinstruktionerna kan ofta vara oklara samtidigt som de yttre förhållandena ständigt ändras. Det finns få entydiga svar på hur man ska sköta den moderna kryppgrunden och åsikterna går ofta i sär. Orsakerna till problemen ligger oftast i den höga relativa luftfuktigheten (RF) som krypputrymmet ofta dras med speciellt sommartid.

De huvudsakliga fuktkällorna i krypprummet är markfukt och luftfukt (se figur 1). En viss ventilation behövs eftersom markfukten inte annars inte har någonstans att ta vägen. Samtidigt kan ventilationen bidra med ytterligare fukt som den inkommande luften bär med sig. För höga fuktnivåer banar väg för biologisk påväxt, bl.a. mögel, som i sin tur har en negativ inverkan på luftkvaliteten inne i krypprummet t.ex. i form av dålig lukt och mögelsporer. Detta i sig är inte något problem så länge den dåliga lukten och mögelsporerna inte kan nå inomhusluften. Dessvärre är detta svårt att kontrollera, vilket ofta leder till

att inomhusluftens kvalitet försämras; i vissa fall kan den rentav bli hälsovadlig.

Förutom ovan nämnda fuktkällor bidrar även kryppgrundens termiska tröghet till fuktproblemen. Den termiska trögheten uppstår i och med värmeflöden från marken och bottenbjälklaget – beroende på årstid är utrymmet i grunden antingen varmare än utomhusluften (vintertid) eller svalare än utomhusluften (sommartid) eftersom marken då har en kylande effekt. Med hjälp av ventilation kan man åstadkomma en ånghaltsjämvikt mellan luften i kryppgrunden och luften utomhus. Tillsammans med en svalare temperatur i kryppgrunden orsakar detta en hög relativ luftfuktighet. Problemen är inte på något vis nya och byggnadstekniskt har flertalet lösningar har förts fram genom årens lopp. Men trots det så existerar det problem även i nybyggda hus vilket motiverar till att se över och skapa nya, mera aktiva lösningar.



Figur 1 Illustration över uteluftsventilerad krypgrund samt hur olika fuktkällor samverkar och bidrar till förhöjd relativ fuktighet (RF).

- 1 Grundmur
- 2 Syll
- 3 Bjälklag
- 4 Ventilationsglugg

Byggnadsdirektiv

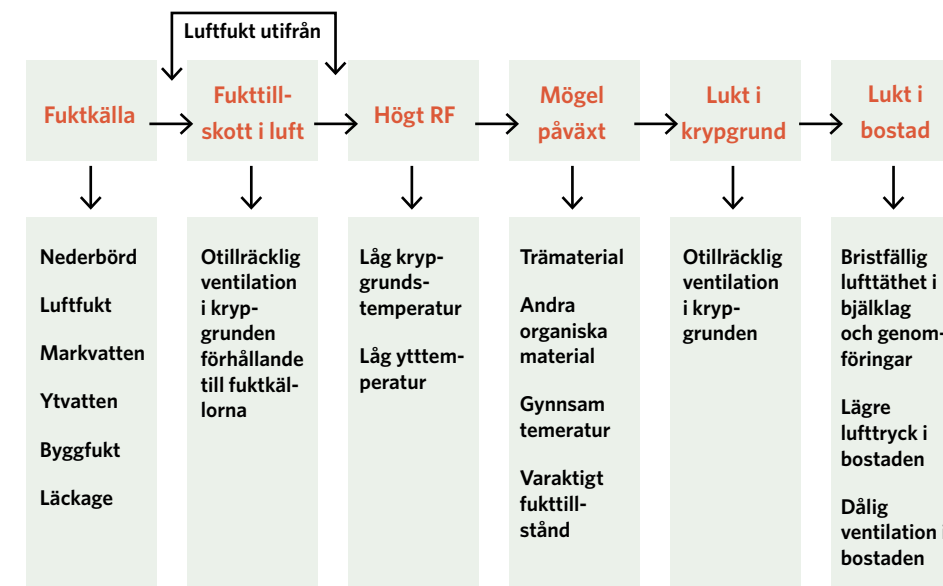
Miljöministeriet ger ut byggnadsdirektiv för hur husgrunder skall planeras och byggas. Dessa bygger på att minimera det fukttillskott som olika typer av fuktkällor orsakar samt på att minska grundens termiska tröghet. De finska byggnadsdirektiven är från 1998 och ger följande direktiv och råd: (Miljöministeriet, 2010)

- Dränering måste planeras så att inget regn- eller ytvatten kan tränga in i krypgrunden.
- Ett dränerande och kapillärbrytande skikt bör placeras på grundbotten för att förhindra att krypgrundsluften kommer i direkt kontakt med vatten.
- Grundbotten kan värmeisoleras lite för att minska på krypgrundens termiska tröghet.
- Ventilation bör säkerställas antingen genom ventilationsöppningar eller med fläktar.
- Ventilationsöppningarnas sammanlagda area bör vara minst 4 promille av krypgrundens area.
- Ventilationsöppningarna bör placeras minst 150 mm

ovanför marken och med maximalt 6 m avstånd ifrån varandra. Därtill bör öppningarnas enskilda areor vara minst 150 cm².

- Eventuella grundmurar inne i krypgrunden skall förses med ventilationsöppningar som är minst dubbelt så stora som de som är placerade i yttermuren.
- Höjden i krypgrundsutrymmet bör vara minst 0,8 m.
- För att minska risken för biologisk påväxt bör krypgrunden tömmas på allt onödigt organiskt material. Inga organiska rester från byggnadsskedet får lämnas kvar i grunden.

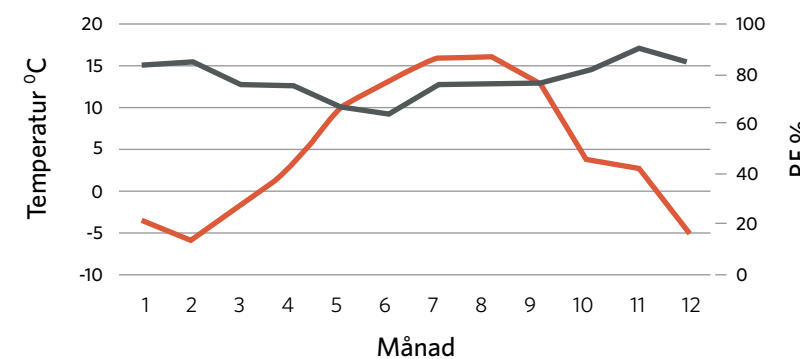
Rakennustieto är en annan finsk aktör i byggbranschen som erbjuder information och anvisningar om bästa tillvägagångssätt för att hålla kryputrymmet i gott skick. Anvisning RT 81-100 från 2010 behandlar hur dränering för grund och tomt borde skötas. Dränering kan precis som marktäckning inne i kryputrymmet minska fuktbelastningen med följden att mindre energi behövs för att hålla grunden torr. Det är därför väsentligt att regnvatten leds bort på ett ändamålsenligt sätt och att marken har en lutning på minst 1:20 ut från huset.



Figur 2 Orsakssamband för dålig lukt i bostad (Svensson, 2001 s. 25).WW

Orsakssamband mellan fukt och inomhusmiljö

En försämring i inomhusluftens kvalitet som uppstått som följd av problem i krypgrunden är en komplex och stegvis process som beror på många faktorer (figur 2). Denna process är väldigt svår att stoppa trots ventilation och andra åtgärder. Detta beror på att bottenbjälklaget kan vara väldigt svårt att få helt tätt och den relativa fuktigheten påverkas av många enskilda fuktkällor. Den relativa luftfuktigheten kan dock sänkas med hjälp av avfuktning på maskinell väg eller genom att värma upp luften närmast bjälklaget. Med hjälp av dessa åtgärder kan man åstadkomma ett avbrott i processen.



Figur 3 Variationer i temperatur och RF 2009 (månadsmedelvärden).

Forskningsobjekt

Vårt forskningsobjekt är en byggnad med konstaterade fuktproblem i kryprummet; ett äldre trähus från 1930-talet som finns på Brändö i Vasa (Finland). I och med en utbyggnad från år 1997 består huset i dagens läge av både en nyare och en äldre del. Byggnadsdirektiven har varit olika på 30- och 90-talet och därför är förutsättningarna för fuktproblem i de två husdelarna olika. Detta ger även insyn i hur ändringar i byggdirektiv påverkar fuktproblematiken

Väderdata för det område där forskningsobjektet finns följs upp kontinuerligt. Månadsmedelvärdena kan anses vara normala och typiska för regionen och detta ger en första inblick i hurdana årstidsvariationer som förekommer. (figur 3) I första hand är sommarmånaderna kritiska eftersom luftfuktigheten då är hög i kombination med en gynnsam temperatur för biologisk påväxt. Under vintermånaderna när det är kallt så är i princip den risken helt obefintlig.

Funktionspecifikation för styrningen

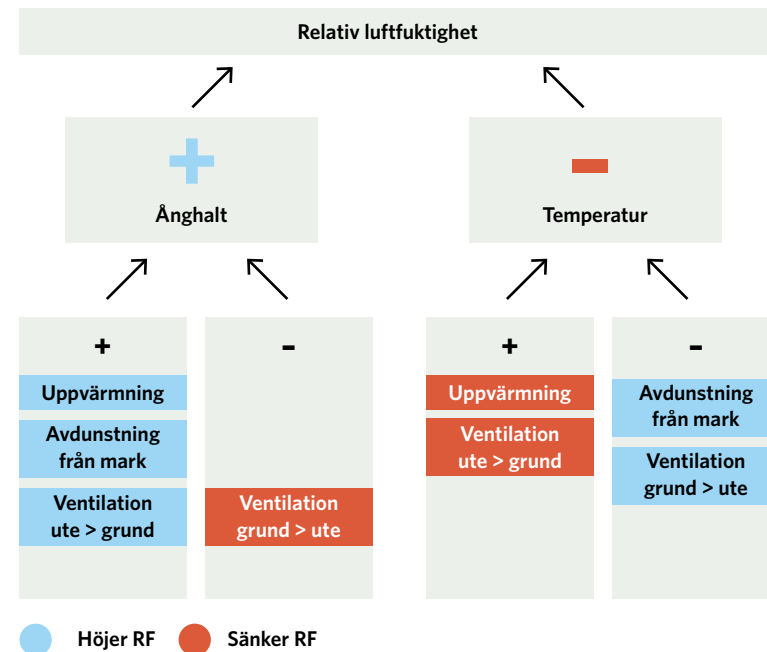
Processen består av en uteluftsventilerad kryppgrund där luftens relativa fuktighet skall regleras för att undvika problem med biologisk påväxt. Denna reglering ska skötas av ett system som mäter, monitorerar och styr förhållandena i kryppgrunden. Kryppgrundsluftens relativa luftfuktighet påverkas av luftens temperatur och ånghalt. Dessa påverkas i sin tur främst av a) ventilation b) uppvärmning och c) avdunstning från mark. Dessa tre faktorer kan påverka temperatur och ånghalt både positivt eller negativt (figur 4).

De faktorer som skall kunna styras är uppvärmning och ventilation. Uppvärmningen ur styrsystemets synvinkel är tillförsel av värmeenergi. Bottenbjälklaget är den del av grunden med störst mängd trämaterial med risk för biologisk tillväxt och därför koncentreras den styrbara värmertilförseln till detta område. Storleksordningen på värmertilförseln ligger i intervallet 4–6 W/ m².

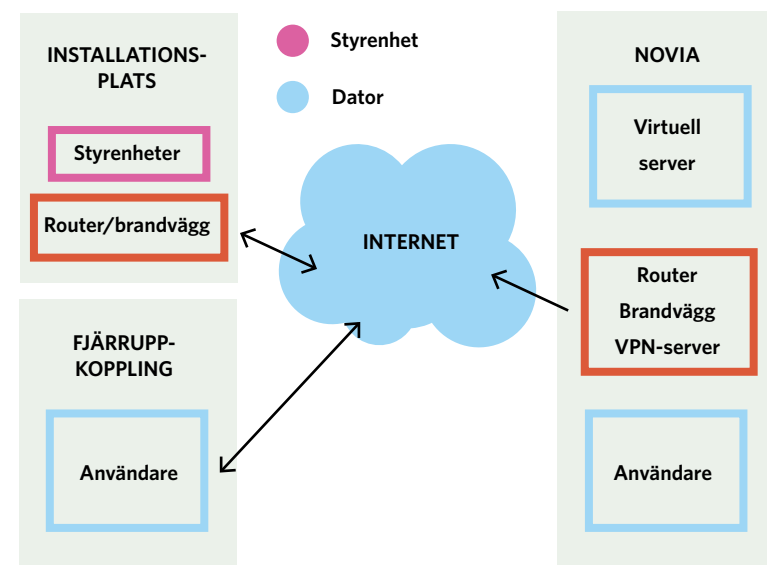
Grundkonstruktionen omfattar 10 st. ventilationsöppningar som kan användas för styrning av ventilation. För att effektivt kunna ta till vara på de tillfällen då det finns goda förutsättningar för ventilation, skall styrsystemet klara av att leverera ventilationshastigheter på minst 2–3 ach (air changes per hour = utbyte av luft per timme). Av samma orsak skall det även vara möjligt att stänga av ventilationen helt ifall förutsättningarna är väldigt dåliga. Tillfällena identifieras helt via mätningar av de rådande förhållandena, som kan variera relativt mycket inom kort tid under samma dygn och oberoende av årstid.

Styrningen störs av markavdunstning inne i kryppgrunden och av utomhusklimatet. Av dessa måste temperatur och ånghalt utomhus kunna mätas för att klargöra huruvida ventilationen har en positiv eller negativ inverkan. Ingendera av styråtgärderna påverkar RF direkt utan all påverkan sker antingen via temperatur- eller ånghaltsförändringar. Av denna orsak skall både temperatur och ånghalt ses som ut signaler vid reglering av processen.

Kryppgrunden är ca 100 m² vilket medför att lokala variationer hos utsignalen kan förekomma och för att identifiera dessa bör utsignalen mätas på flera ställen inne i kryppgrunden. Processen skall styras och övervakas med ett automationssystem som ger användaren en helhetsblick över kryppgrundens



Figur 4 Processbeskrivning.

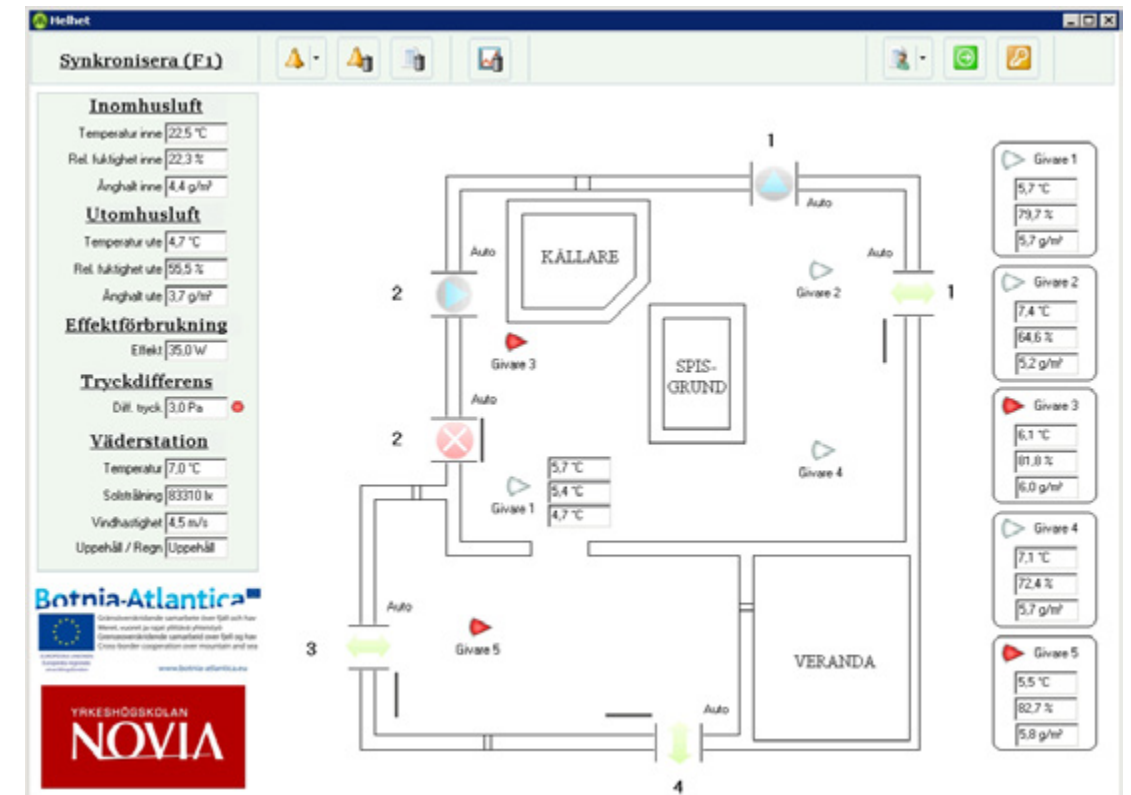


Figur 5 Systemkrav.

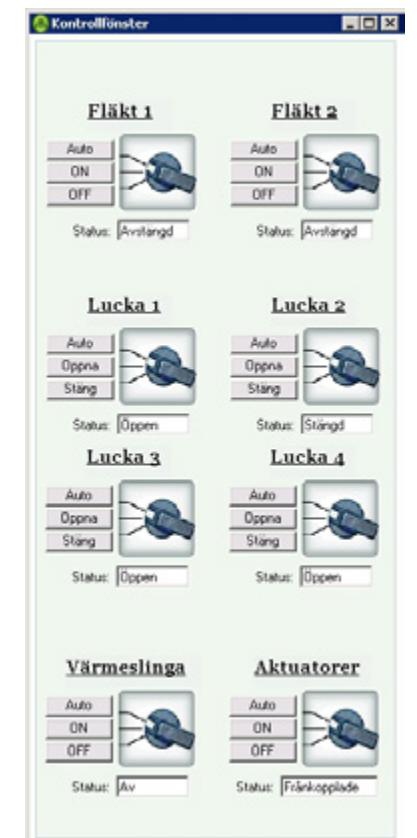
förhållanden i realtid. Användaren skall vid behov även kunna välja att styra processen själv eller sköta styrningen via en regulator (figur 5).

Tidigare forskning på området indikerar att energiförbrukningen för styråtgärder kan bli oacceptabelt stora ifall grunden utsätts för en stor fuktbelastning. Det är därför önskvärt att systemet innehåller en funktion för att övervaka sin effektförbrukning.

Figur 6 Helhetsfönster.

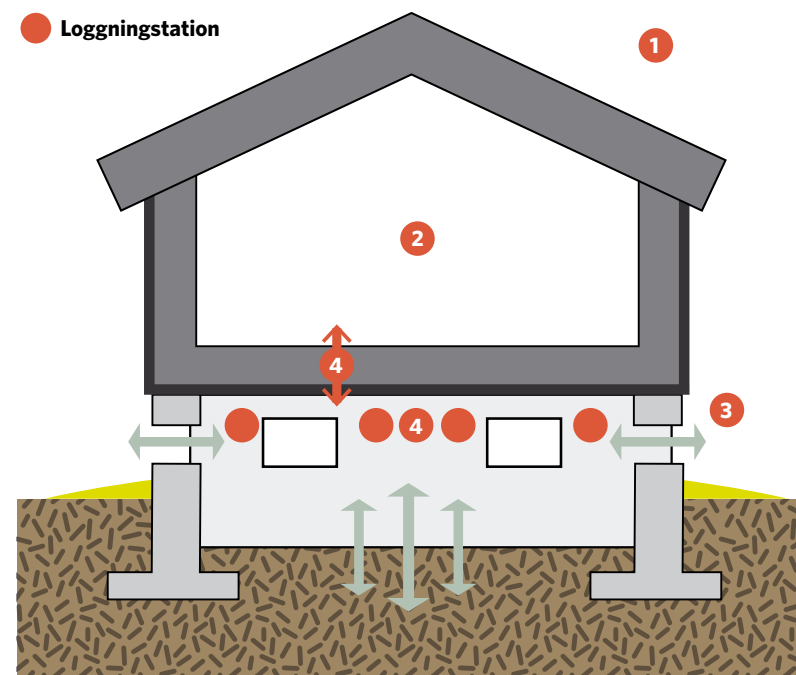


Figur 7 Kontrollfönster.



Styr- och övervakningssystem

Processens övervakning och styrning sköts av ett tillämpat dataprogram som gör det möjligt att arbeta med processen i realtid och på distans. Programmet omfattar övervakningsbilder, dialoger och verktyg. Helhetsfönstret (figur 6) består av en processlik överblicksbild som anger mätvärden från processens givare samt lägena för processens styrdon. Styrningen sköts via ett dialogfönster där varje styrdon regleras med en trelägesbrytare enligt valmöjligheterna auto/on/off (figur 7).



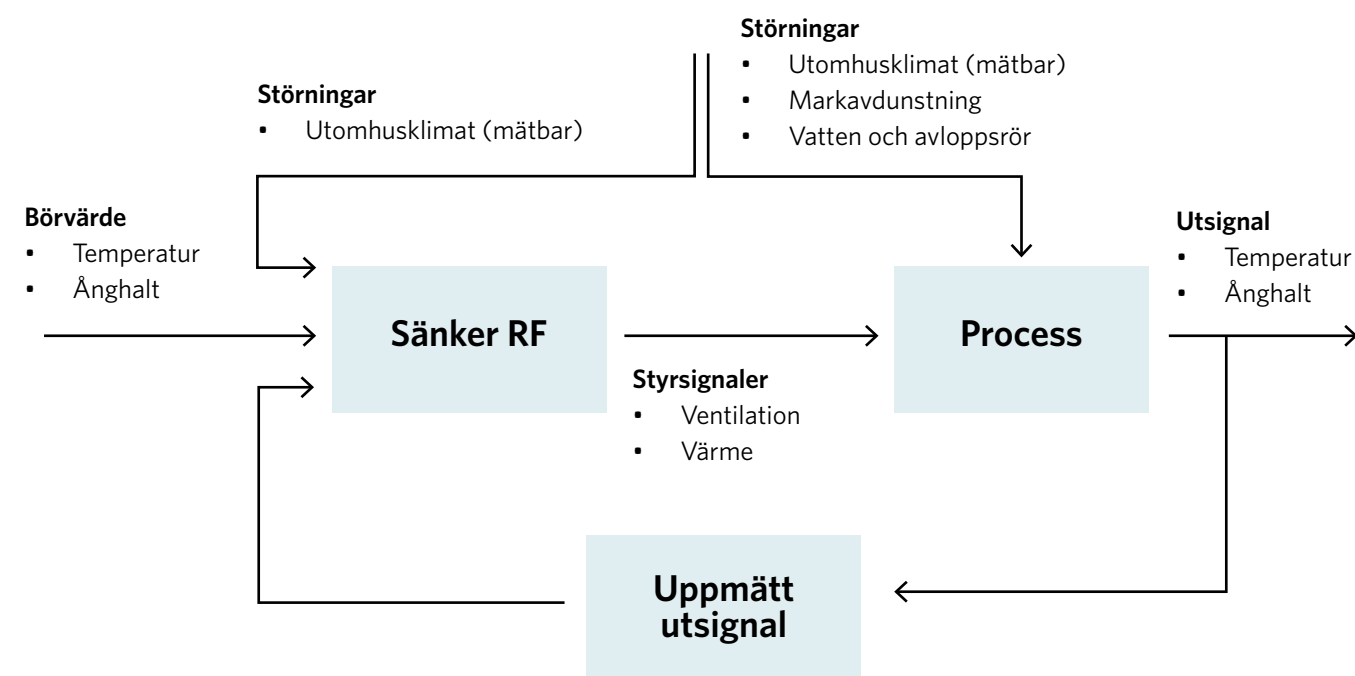
Figur 8 Loggningspunkter.

1. Väderstation (solstrålning, temperatur, vindhastighet samt regn/uppehåll)
2. Inomhusluft (temperatur och RF)
3. Utomhusluft (temperatur och RF)
4. Differenslufttryck (inomhus/krypgrunden)
5. Krypgrunden (5 ggr temperatur och RF)

Styrdonen har förverkligats genom installation av frånluftsfläktar, linjära styrdon och en värmekabel. Utgående från funktionsspecifikationen sker styrningen utgående från digitala signaler med följden att värmekabeln och fläktarna antingen är till- eller fränkopplade medan ventilationsöppningarna antingen är öppna eller stängda.

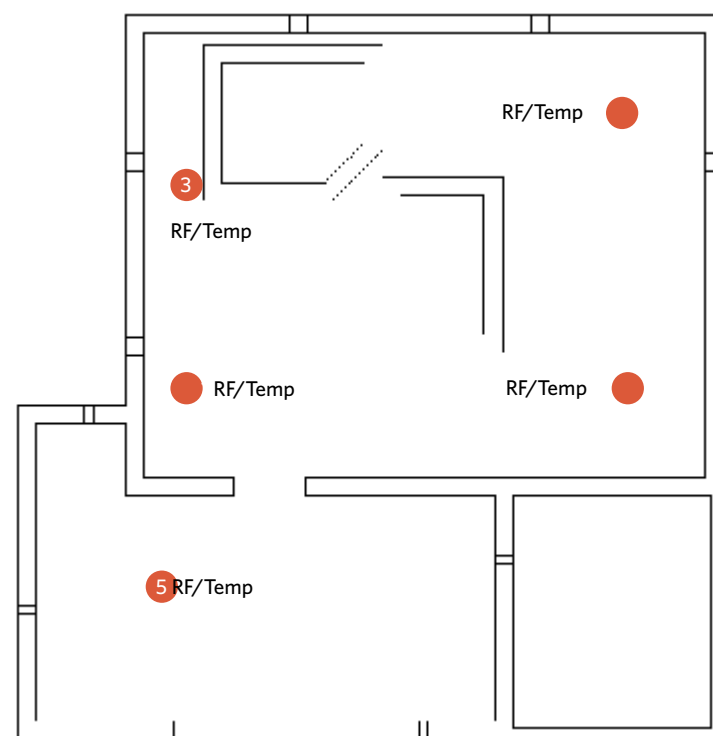
Energiförbrukning

Installationens effektgivare ger information om energiförbrukningen som vid normal drift har en effekt på ungefär 30 W, d.v.s. med alla styrdon inaktiverade. På årsbasis motsvarar detta en baskostnad om ca 26,30 € med ett elpris på 10 c/kWh. Fläktarna förbrukar 12 W respektive 20 W och kan då maximalt fördubbla denna kostnad om de är påslagna året om. Värmekabeln ger en värmeeffekt på 400–600 W beroende på omgivningstemperatur och användningen av denna är helt avgörande för systemets brukskostnad.



Figur 10 Slutgiltig reglerstruktur.

Figur 9 Placering av RF/Temp-givare i krypgrunden.

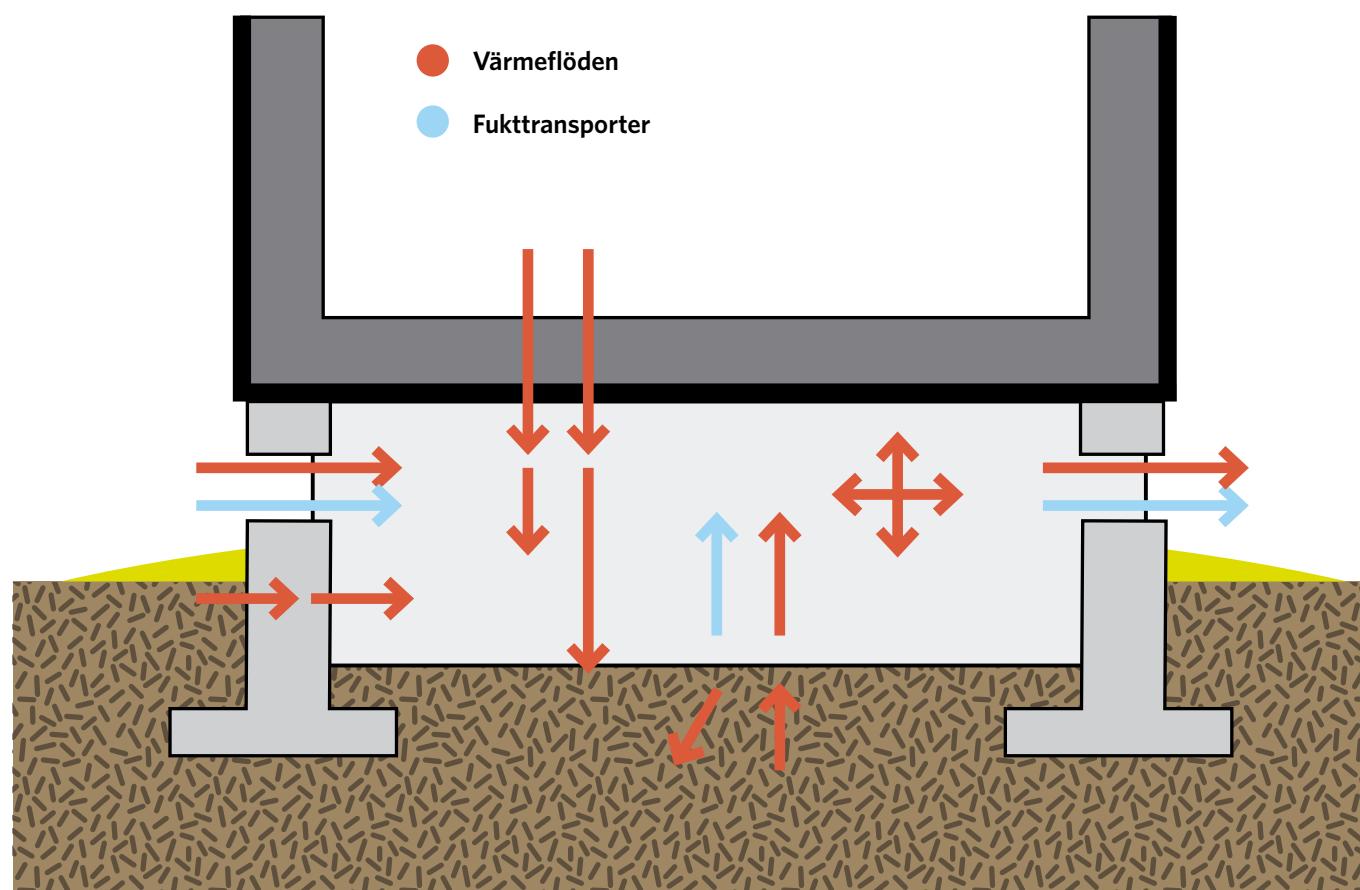


Reglerstruktur

Processen påverkas åtminstone av följande fyra huvudfaktorer:

- Ventilation
- Värmetillförsel
- Klimat (inomhus och utomhus)
- Markavdunstning

Av dessa faktorer är ventilationen kontrollerbar och en del av värmetillförseln likaså, medan markavdunstning samt inomhus- och utomhusklimatet inte kan kontrolleras med installerad utrustning. Inomhusklimatet håller en konstant temperatur men fuktigheten är beroende av fuktillförseln från inomhuskällorna samt mängden fukt i den luft som tas in utifrån. Utomhusklimatet kan då påverka förhållandena i krypgrunden direkt eller indirekt via inomhusklimatet. För reglering av processen kan de kontrollerbara faktorerna ses som insignaler medan de okontrollerbara faktorerna är störningar. Då både temperatur och RF påverkar möjligheten för biologisk påväxt ses dessa naturligt som utsignaler som skall regleras. Den slutliga reglerstrukturen kan då beskrivas med figuren 10.



Figur 11 Värmeflöden och fukttransporter för en uteluftsventilerad krypgrund.

Kartläggning av värmeflöden och fukttransporter

För att få en förståelse av hur förhållandena i en uteluftsventilerad krypgrund varierar krävs att de väsentligaste värmeflödena och fukttransporterna är kända (figur 8–9). Utgående från dessa kan mätdata tolkas och det är även möjligt att lägga upp grundläggande samband för en simuleringsmodell.

Det uteluftsventilerade kryprummet omges av en grundmur, ett bottenbjälklag och en täckt eller otäckt markyta som alla bidrar med ett konvektivt värmeflöde till eller från krypgrundsluften (figur 11). Vidare kan ytterligare flöden uppstå genom ventilation, avdunstning eller specifika värmekällor. Luft absorberar strålning dåligt och värmeflöden genom strålning sker därför till största delen mellan bottenbjälklaget och markytan.

Fukttransport till och från krypgrundsluften sker genom ventilation, avdunstning, diffusion och kondensation. Vilken-dera av avdunstning och kondensation som sker vid markytan avgörs av ånghalten i krypgrundsluften och markytans temperatur. Byggnadsmaterial kan även påverka fukthalten i luften genom att fuktlagring kan ske i själva materialet.

På grund av att krypgrunden under största delen av året har ett lite högre lufttryck än bostaden så antas att ventilationsluften in alltid representeras av utomhusluft, oberoende av hur tätt eller otätt golvet är.

Genom att göra en uppskattning och beräkna värmeflödenas storlek från grundmur, ventilation, bottenbjälklag och markyta kan man skapa en bild över vilka faktorer som påverkar temperaturen och relativa luftfuktigheten kraftigast i krypgrunden.

Reglerstrategier

Utgående från de modellerade fysikaliska sambanden är det möjligt att bygga upp en basstruktur för hur förhållandena inne i krypgrunden kunde regleras. Den grundläggande tanken är att en regulator i realtid skall kunna beräkna hurdana skillnader olika regleralternativ ger upphov till och baserat på dessa göra fördelaktiga val för att minimera risken för biologisk påväxt och optimera energiförbrukningen.

De framtagna koncepten för att göra uppskattningar och beräkningar av både temperatur- och koncentrationsskillnader

Temperaturskillnad	Koncentrationsskillnad
Värmeflöde genom golv	Avdunstning
Fjärrvärmerör	Ventilation (fukttransport)
Värmeflöde genom grundmur	
Ventilation (värmeflöde)	
Styrsystemets värmekälla	

Tabell 1 Faktorer som orsakar skillnader inne i krypgrunden.

kan användas för att minimera RF utgående från styrdonens möjligheter och rådande utomhusförhållanden. Att hela tiden minimera RF under bottenbjälklaget inne i krypgrunden är dock väldigt energikrävande och till vilken grad detta görs bör därför styras av en riskfunktion. Denna riskfunktion strävar efter att hålla risken för biologisk påväxt under ett bestämt tröskelvärde och ser då till att regleringen inte i onödan försöker minimera RF. Som ett begränsande alternativ kunde regleringen endast vara påslagen under årets mest kritiska period d.v.s. under sommarhalvåret.

RF minimeras genom att göra temperatur- och koncentrationsskillnaderna så stora som möjligt.

Både temperatur- och koncentrationsskillnaden går att beräkna i realtid för olika scenarion och det här ger en metod för att minimera RF. Även om beräkningarna omfattar några uppskattningar och betraktar krypgrunden som homogen så borde noggrannheten vara tillräcklig för att en regulator skall kunna fatta goda beslut. D.v.s. det som är den bästa reglerstrategin för den homogena krypgrunden antas även vara den bästa för den verkliga. Särskilt i de fall då styrningsvillkoren begränsas till: naturlig ventilation, mekanisk ventilation, uppvärmning och kombinationer av dessa.

För att kunna beakta alla de faktorer som orsakar skillnader i krypgrunden (tabell 1) bör följande mätvärden vara tillgängliga i realtid:

- Utomhusluftens temperatur och relativa fuktighet,
- Inomhusluftens temperatur,
- Krypgrundsluftens temperatur och relativa luftfuktighet vid marken och bottenbjälklaget,
- Bottenbjälklagets och markens temperatur.

Ytterligare behöver följande parametrar anges:

- U-värden för grundmur och golv,
- Luftflöden vid mekanisk och naturlig ventilation,
- Krypgrundens bottenarea,
- Krypgrundens medelhöjd,
- Värmeövergångskoefficienter för övergången bottenbjälklag - krypgrundsluft och mark - krypgrundsluft.

Riskfunktion

Regleringen är i huvudsak tänkt att minimera risken för biologisk påväxt och ur detta perspektiv är RF endast en faktor, övriga faktorer är temperatur, näring och tid. Under sommarhalvåret är temperaturen konstant tillräckligt hög för biologisk tillväxt och då näringen utgörs av organiskt byggmaterial som t.ex. trä blir risken väldigt stor ifall den relativa fuktigheten förblir hög under längre tider. För att kunna sätta värden på vad som menas med längre tider måste förloppen vid biologisk påväxt undersökas noggrannare. Tiden som behövs för att t.ex. mögelsporer skall gro är både beroende av temperatur och RF i omgivningen och det är därför svårt att ge exakta svar. En hel del forskning görs och har gjorts på området, där matematiska modeller anpassas för att simulera förloppen vid biologisk påväxt. Resultat av dylika modeller kunde användas för att förbättra regleringen.

Ur en regeringsynpunkt är användningen av värmekällan den väsentligaste faktorn och därför bör regleringen av dess användning kontrolleras. Fläktarna har nämligen endast en bräkdels-effekt jämfört med värmekällan. På grund av att avloppsröret inte är isolerat bör ventilationen vidare begränsas kraftigt vintertid för att undvika att röret fryser. I takt med att temperaturen sjunker mot noll avtar även risken för biologisk påväxt

Scenario	Värmekabel	Ventilation
1	Frånkopplad	Ingen
2	Påkopplad	Ingen
3	Frånkopplad	Naturlig
4	Påkopplad	Naturlig
5	Frånkopplad	Mekanisk
6	Påkopplad	Mekanisk

Tabell 2 Möjliga styrscenarion.

kraftigt och riskfunktionen kunde då naturligt begränsa ventilationen vintertid.

Temperatur- och koncentrationsskillnader kan kontinuerligt beräknas approximativt eller mätas i realtid och de ger då en grund för minimering av RF eftersom styrdonens inverkan är känd. De ekvationer som utgör grunden för beräkning av styrdonens inverkan är vidare approximerade för att slå ut effekten jämnt över hela grunden. Det här medför att lokala variationer inte tas i betraktande och att minimeringen utgår från att kryppgrunden är homogen. I verkligheten är kryppgrunden inte homogen och det görs därför ytterligare ett antagande om att den reglerstrategi som är bäst lämpad för den homogena kryppgrunden även är bäst för den verkliga.

Då huvudmålet är att minimera risken för biologisk påväxt och inte endast RF kan en överordnande riskfunktion användas för att ange vilka styrdon minimeringen av RF kan använda sig av. En sådan funktion kunde även naturligt begränsa användningen av styrdonen vintertid då risken för biologisk påväxt är minimal.

Regulator

Möjligheterna att reglera förhållandena inne i en kryppgrund har undersökts och samtidigt har även reglerstrukturen för ändamålet skissats upp. Den information som erhållits tyder på att det är möjligt att minimera RF under bottenbjälklaget genom att se på hur både temperatur- och koncentrationsskillnaderna påverkas av tillgängliga styrdon och rådande utomhusförhållanden.

Den grundmodell som skapats utgår från nuvarande förhållanden i kryppgrunden och undersöker effekterna som styrdo-

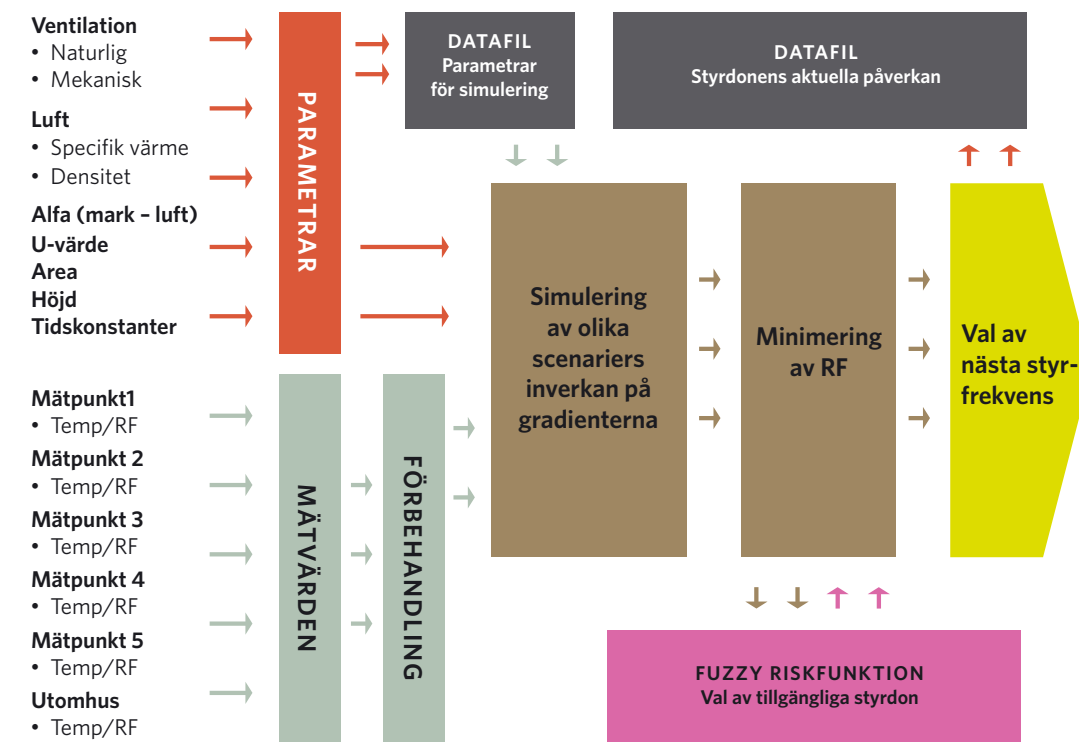
nen har på skillnaderna över ett tidsförlopp på en timme framåt i tiden. Under den timmen antas förhållandena vid marknivå förbli konstanta och eventuella förändringar i skillnaderna påverkar därför förhållandena under bottenbjälklaget. Minimeringen av RF sköts genom att simulera alla tänkbara scenarion och därefter välja det scenario som uppskattningsvis ger bäst resultat inom den närmsta timmen. I och med att scenarion med värmekabel påkopplad kontinuerligt ger bäst resultat så används en överordnad riskfunktion för att bestämma vilka styrdon som får användas. De simulerade scenarion tillsammans med respektive styrdom och deras effekter presenteras i tabell 2.

Beräkning av differenser

Grundmurens inverkan på temperaturskillnaden kan beräknas utgående från en balansekvation och samtidigt kan trögheten hos grundmuren tas i betraktande genom att temperaturdifferensen anges som ett nio till tio timmar gammalt medelvärde. Ventilationens inverkan kan också vidare beräknas utgående från balansekvationer.

Genom att använda uppmätta värden för utomhus- och kryppgrundsluftens temperatur och koncentration tillsammans med approximativa värden för ventilationsflödena och värmeövergångskoefficienten, kan skillnadernas storlek bestämmas vid stabilt tillstånd. Till dessa effekter tillkommer ännu temperaturförändringar orsakade av värmekabeln vars effekt på temperaturskillnaden är oberoende av omgivningens temperatur. Detta medför att man först behöver beräkna och beakta dess inverkar på temperaturdifferensen mellan utomhus- och kryppgrundsluft. Effekten på temperaturskillnaden

Figur 12 Regulatorstruktur (grundmodell).

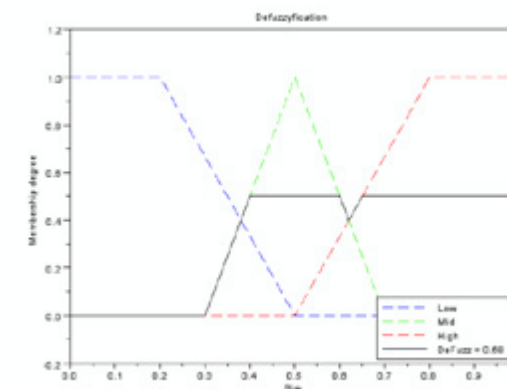


vid stabilt tillstånd kan beräknas och likaså U-värdet.

Beräkandet av skillnaderna kräver att både temperaturen och koncentrationen är kända såväl utomhus som inne i kryppgrunden under bottenbjälklaget. Styr- och övervakningssystemet har fem Temp/RF-givare inne kryppgrunden placerade just under bottenbjälklaget och en ytterligare Temp/RF-givare placerad på utsidan av byggnaden (figur 8-9). Från dessa mätvärden beräknas sedan koncentrationen av vattenånga skilt för varje givare. Ekvationerna gäller för en homogen kryppgrund och av denna orsak används medelvärdet för alla givarna inne i grunden vid simulering.

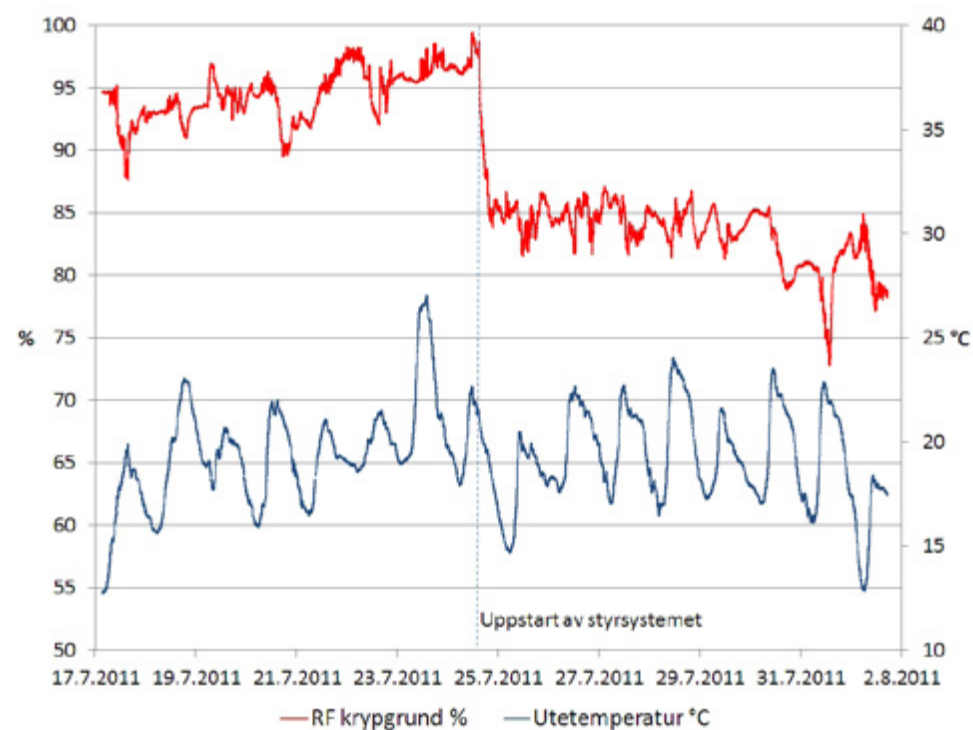
Simulering

Beräkningen av skillnaderna anger till vilken grad temperaturen och koncentrationen kan variera under bottenbjälklaget vid stabila tillstånd. För att simulera hur dessa tillstånd uppnås antas både effekterna av grundmur, ventilation och värmekabel kunna uppskattas. Efter slutförd simulering beräknas RF utgående från temperatur- och koncentrationsförändringarna och scenarierna rangordnas efter lägst RF, vartefter en ny styrsekvens väljs utgående från tillåtna alternativ. På grund av fördröjningarna i processen måste regulatorn kunna hålla reda på effekter av tidigare utförda styråtgärder, med följderna att effekten av utförda styråtgärder alltid hålls i programmets minne efter valet av styrsekvens.



Fuzzy-riskfunktion

För att kunna kontrollera den effekt som regleringen använder finns en fuzzy-riskfunktion som utgående från rådande medelvärden för temperatur och RF i kryppgrunden uppskattar risken för biologisk påväxt. Utgående från riskens storlek så bestäms vilka scenarion som är tillåtna. Riskfunktionen är relativt enkel och tar överhuvudtaget inte tiden i betraktande men möjliggör likväl att regleringen kan trimmas in till att endast använda värmekabel och fläktar vid vissa tidpunkter. Vidare är det även möjligt att inte tillåta någon ventilation alls vintertid då risken för övrigt också är mindre.



Figur 13 Mätningar gjorda sommaren 2011.

Resultat

I figur 13 finns de mätningar som gjordes sommaren 2011 illustrerade. Den röda kurvan beskriver den relativa luftfuktigheten i kryppgrunden och de blå kurvan temperaturen utomhus. Den intelligenta styrningen togs i bruk i slutet av juli (markerat med ett streck i grafen) varefter en markant sänkning av den relativa luftfuktigheten kan utskiljas. Resultaten ser lovande ut och mätningarna kommer att fortgå för att få mera information om processen.

Fortsättning

Regulatorn som har utvecklats kan anses vara en grundmodell och den tar endast i betraktande effekterna som grundmur och styrdon orsakar eftersom dessa visat sig ha störst inverkan på förhållandena i krypprummet (figur 12). Effekter orsakade av variationer i utomhusförhållandena inom prediktionshorisonten förbises helt men det faktum att styrdonens inverkan tas i betraktande borde dock vara tillräckligt för att undersöka ifall det finns möjligheter att basera regleringen utgående från de principer som dokumenterats tidigare.

För att utveckla regulatorn vidare borde effekter av styrdon, trender och grundmur bindas samman till en ekvation som kunde minimeras av en Fuzzy-MPC-regulator. Det här skulle möjliggöra att scenarion inte behöver modelleras skilt för sig utan regulatorn kan direkt försöka minimera helhetsfunktionen. Fuzzy-riskfunktionen skulle då placeras före mi-

nimeringen i strukturen och på så vis begränsa antalet möjliga styrsekvenser i ett tidigare skede.

Riskfunktionen som används i detta skede är relativt enkel och beaktar inte tiden under vilka de riskfyllda förhållandena varit rådande. För att utveckla denna bit borde tidigare gjord forskning ytterligare gås igenom samtidigt som man även kunde utvärdera färdiga och existerande matematiska modeller för att bedöma risken för biologisk påväxt.

Det vore även intressant att se på helheten från ett längre livscykelperspektiv där man eventuellt kunde få ut en faktisk kostnad för riskerna som höga fukthalter i byggnadskonstruktioner medför. Om man vet kostnaden för risken av biologisk påväxt kunde man lätt jämföra denna med kostnaden som uppstår för att man genom att tillföra energi kan minimera riskerna.

Sammanfattning

En grundmodell av en regulator har konstruerats baserat på möjligheten att beräkna temperatur- och koncentrationsskillnadernas storlekar inne i kryppgrunden. Predikationen omfattar styrdonens och grundmurens inverkan på förhållandena och är på så vis begränsad, men regulatorn ger likväl antydningar om möjligheten att basera styrning på beräkning av skillnader. För att vidareutveckla regulatorn kunde även trender inkluderas i modellen samtidigt som riskfunktionen kunde förbättras genom att åtminstone inkludera tiden som ytterligare en variabel.

För dig som vill veta mer om intelligent styrning av luftfuktighet i en uteluftsventilerad kryppgrund

Burke, Stephen. 2007. Crawl spaces in Sweden. Lund : Emerald Group, 2007. 0263-080X.

Hagentoft, Carl-Eric. 2002. Vandrande fukt strålande värme. Lund : Studentlitteratur Ab, 2002. ISBN 978-91-44-04218-3.

Kurnitski, Jarek. 2000. Crawl space air change, heat and moisture behaviour. Energy and buildings. 2000, Vol. 32.

Kurnitski, Jarek. 2001. Ground moisture evaporation in crawl spaces. Building and environment. 2001, Vol. 36.

Kurnitski, Jarek och Matilainen, Miimu. 2000. Moisture conditions of outdoor air-ventilated crawl spaces in apartment buildings in a cold climate. Energy and Buildings. 2000, Vol. 33.

Matilainen, Miimu och Kurnitski, Jarek. 2003. Moisture conditions in highly insulated outdoor ventilated crawl spaces in cold climates. Energy and Buildings. 2003, Vol. 35.

Matilainen, Miimu, Kurnitski, Jarek och Seppänen, Olli. 2003. Moisture conditions and energy consumption in heated crawl spaces in cold climates. Energy and Buildings. 2003, Vol. 35.

Miljöministeriet. 2010. Miljöministeriet. [Online] den 6 Maj 2010. [Citat: den 4 Augusti 2010.] <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=357983&lan=FI>.

Nevander, Lars Erik och Elmarsson, Bengt. 1994. Fukthandbok. Mölnlycke : Elanders Infologistics Väst Ab, 1994. ISBN 978-91-7333-156-2.

Sedbauer, K., o.a. 2001. Mold growth prediction by computational simulation. Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP). [Online] 2001. [Citat: den 15 Juli 2011.] http://www.hoki.ibp.fhg.de/ibp/publikationen/konferenzbeitraege/pub1_32.pdf.

Svensson C. 2001. Effekter av åtgärder i uteluftsventilerad kryppgrund med fukt- och mögelskador. Lunds tekniska högskola.

Westö, Johan. 2010. Styr- och övervakningssystem för en uteluftsventilerad kryppgrund. Vasa : u.n., 2010.



Thomas Olofsson
 Universitetslektor och
 Docent i byggt teknik vid
 Arkitekt högskolan &
 Institutionen för tillämpad
 fysik och elektronik, Umeå
 universitet.

Thomas forskar och undervisar vid Umeå universitet inom områdena byggt teknik, energiteknik och byggnadsfysik. Forskningen har främst fokuserat på att undersöka analytiska modeller för att beskriva byggnaders energiprestanda, yttre faktorer och kvaliteten på inomhusmiljön.
thomas.olofsson@arch.umu.se



Géza Fischl
 Arkitekt, forskare,
 projektassistent,
 Arkitekt högskolan i Umeå.

Géza är registrerad arkitekt och har fyra års erfarenhet som universitetslektor. Tidigare arbeten inkluderar arkitektonisk tillgänglighet, arkitektonisk ergonomi och arkitekturpsykologi. Experimentell forskning kring arkitektoniskt studioarbete och "Intern locus of control" banade väg för att arbeta mer med kreativ inlärning och design av kreativa miljöer.
geza.fischl@figur-a.se

Design av terapeutiska miljöer

Géza Fischl och Thomas Olofsson

Terapeutiska miljöer kan ha en kraftfull, läkande effekt på patienter – de sänker stressnivån vilket gör att patienternas medicinska tillstånd förbättras. Entydiga forskningsresultat visar att t.ex. vistelse i naturen, motion, fysisk rörelse och förbättrade sociala aktiviteter gör att patienters återhämningsförmåga stärks och stressnivån sjunker. De terapeutiska miljöerna ger en ökad känsla av kontroll, stärkt integritet och förbättrat social stöd. Genom att erbjuda positiv stimulans, såsom konst eller musik, förstärks den goda upplevelsen ytterligare. Trots att man i olika evidensbaserade forskningsstudier bevisat att terapeutiska miljöer har positiv inverkan på patienters hälsa och välbefinnande är dessa miljöer mindre kända hos allmänheten, som därför inte heller efterfrågar dem i samband med vård. Förmodligen är utbildning av allmänheten en framkomlig väg för att höja medvetenheten om terapeutiska miljöers hälsofrämjande effekt.

En miljö som stärker positionen för en person eller gemenskap och som fokuserar på att upprätthålla psykosocial och psykisk hälsa, kallas en stödjande miljö. För den som utformar vårdlokaler har det visat sig att stödjande design t.ex. genom inredning och de arkitektoniska komponenter kan vara användbar i många fall då det gäller att öka det upplevda välbefinnandet hos personal och patienter. Den terapeutiska miljön är ett begrepp för den byggda, stödjande hälso- och sjukvårdsrelaterade miljön och dess egenskaper. Eftersom den fysiska utformningen av vårdmiljöer är erkänd som en integrerad del av patienternas upplevelse och tillfredsställelse med vården, gjorde vi inom vårt delprojekt ett försök att formge en terapeutisk miljö under en kort workshop för masterstudenter vid Umeå Arkitekt högskola i september 2011. Syftet med projektet var att vidareutveckla begreppet terapeutisk miljö, där hälsa och välbefinnande kan stödjas av hur den byggda miljön utformas. Men för att kunna ge en uppfattning om den terapeutiska miljöns inverkan, behövs först en genomgång av de komponenter som påverkar helhetsupplevelsen av sjukhusmiljön.

Miljön har betydelse

För många patienter och besökare framstår sjukhus som en opersonlig och till och med obehaglig miljö med långa sterila korridorer, rostfritt stål, övervakningsutrustning, människor i uniformer som rusar fram och tillbaka och en lukt av tvättsprit och desinfektionsmedel. Detta signalerar att människorna här ska vara svårt sjuka och bete sig på ett passivt sätt. Den medicinska utrustningen och miljön stärker upplevelsen av att vara

sjuk – både patienter och besökare påverkas av denna stämning.

Den stora sensoriska överbelastning som patienter utsätts för på intensivvårdsavdelningar antyder att den stress som överbelastningen skapar kan vara farligt för hälsan. Det finns fem identifierade variabler som kan inverka negativt på patienten:

- ljus som ändrar/stör dygnsrytmen,
- känslan av trängsel,
- att bli väckt av främmande människor,
- ovälkomna lukt- och beröringsförmimmelser,
- buller från ett antal källor.

Buller är förekomsten av oönskat ljud och en faktor som ofta har granskats i vården. Tillgängliga empiriska bevis stöder att buller i sjukvårdsmiljöer skapar stress. Världshälsoorganisationen (WHO) har angivit riktvärden för buller som ligger på ca 35 dB för bakgrundsljud och ett maximalvärde om 40 dB för enstaka ljud. Det har visat sig att sjukhusens ljudmiljö ofta överskrider dessa värden med 10–15 dB. Vanliga källor till buller är telefoner, larm, vagnar, ismaskiner, personsökare, sjuksköterskornas skiftbyte, personal som tar hand om andra patienter, dörrar som öppnas och stängs samt personal och patienter som pratar, ropar eller hostar.

Studier inom hälso- och sjukvård visar att höga ljudnivåer kan ha betydande stress- och irritationseffekt. Resultaten visar att buller i intensivvården orsakar större subjektiv stress och mer än hälften av den upplevda stressen. När det gäller personliga faktorer visar studier att post-kirurgiska patienter, intensivvårdssköterskor samt laborativ personal med större allmän



känslighet för buller kan påverkas mer negativt än andra.

Bullerinducerad stress påverkar sjuksköterskor med emotionell utmattning eller utbrändhet och kan även leda till fler medicinska misstag. Vad det gäller behandlingsresultat har dålig akustik betydande, fysiologisk skadeeffekt på rehabiliteringen.

Musik är exempel på en komponent som man kunde anta att bidrar med positiva effekter inom sjukvården, men detta antagande har visat sig stämma endast till vissa delar. I motsats till buller kan musik användas för att dämpa ångest. När musiken rör sig genom auditiva cortex aktiveras det limbiska systemet vilket i sin tur påverkar de känslomässiga reaktionerna. I vissa fall kan musikerapi ge effektivt lindring mot ångest, stress och upplevelsen av smärta. Det faktum att patienternas smärta minskar när de lyssnar på musik som de själva valt, stärker teorin om att förmågan att kontrollera miljömässiga stimuli, såsom buller eller musik är en viktig del av den positiva miljöupplevelsen.

Ljus kan ha stor betydelse, särskilt om det råder brist på det samma. Litteraturen om ljusets inverkan på patienter är främst inriktad på direkta psykologiska och fysiologiska effekter. Bland annat inverkar ljuset på följande sätt:

- lätta variationer kan bidra till att minska hjärtfrekvens, aktivitetsnivå och andningstakt bland spädbarn,
- solljus på patientens rum kan påverka den psykiska hälsan och minska behovet av smärtstillande mediciner,
- starkt ljus kan vara effektivare än placebo vid behandling av vinterdepression,
- starkt ljus är effektivt för att minska depression hos patienter med bipolär sjukdom eller årstidsbunden depression.

Det har även visat sig att dödligheten kan vara högre i dunkla rum. Alzheimerpatienter som exponerats för starkt ljus under dagen hade förbättrad dygnsrytm och var mindre benägna till depression. Som ett resultat kunde vårdinsatsen minskas.

Flimrande lysrör har negativa hälsoeffekter, till exempel blev autistiska barn mer distraherade och autistiska vuxna mer upprörda av dessa. Flimrande lysrör har även visat sig kunna utlösa epileptiska anfall. Lysrör med kallt ljus saknar den blå delen, som är den viktigaste för människor och som bäst fås ur naturligt ljus. Fullspektrumlysör med digitalstyrning kan minska den negativa effekten av flimrande lysrör med kallt ljus.

En trivsam sjukhusmiljö kan ha betydande inverkan på patientens återhämtningsförmåga.

Tillräcklig och god belysning kan göra det möjligt för äldre att fungera mer självständigt, vilket i sin tur har en positiv inverkan på deras aptit, humör, självförtroende, sociala kontakter och ångestnivåer. Äldre människor kan behöva mer ljus för att få den rätta visuella skärpan. En tredjedel av personer som är 70 år eller äldre har maculadegeneration, vilket betyder att patienterna får problem med att hantera bländande ljus.

Skador orsakade av att människor halkat eller fallit är det vanligaste och farligaste hälsoproblemet bland äldre personer och kan också bero på otillräcklig belysning. Felaktig belysning kan även göra att patienter vaknar och somnar om mycket ofta under natten.

Några slutsatser om effekterna av dålig belysning i hälso- och sjukvården är att den i värsta fall kan leda till felmedicinering, när personalen läser fel i doseringsanvisningarna. I andra studier har det visat sig att man genom att flytta dygnsrytmen för sjuksköterskorna med hjälp av ljus, förbättrar antalet rätta svar i ett standardiserat prov och förkortar den tid som behövs för att slutföra provet.

Färg används ofta i hälso- och sjukvårdsmiljöer för att vägleda patienter eller besökare (t.ex. ”Ta den gröna hissen till tredje våningen”). Färg spelar ofta en viktig roll för att hitta system trots att det finns användare som är färgblinda. Patientens desorientering har undersökts genom att använda färger och förbättra sättet att hitta färgsignaler. För att dra uppmärksamhet till särskilda områden (t.ex. verksamhetsområden) var forskarnas råd att måla dem i ljusa färger.

Omgivande temperatur

Det har gjorts få studier om temperaturens effekt i vårdinrättningar. Temperatur är oftast inte en enskild faktor att studera. I en studie av sambanden mellan symptomen av sjuka hus-syndrom (SBS Sick Building Syndrome), d.v.s. besvär som relaterar till problem i inomhusluften och miljöfaktorer, rapporteras ingenting specifikt om temperaturens effekt på SBS.

Luftkvalitet

Det finns flera studier inom vården där man kopplat ihop luftkvalitet och infektioner. I dessa har man kartlagt betydelsen av följande aspekter:

- typ av luftfilter,
- riktningar i luftflödet,
- lufttryck,
- luftbyte,
- luftfuktighet
- ventilationens rengöring och underhåll.



Figur 7 Begreppsram för hur miljöfaktorer kan leda till stress.

Till exempel finns det minst bakteriella luftföroreningar i rum med effektiviserat luftflöde samt i rum med exceptionellt ren luft i jämförelse med konventionella rum. Studier fann också att ju bättre ventilation, desto mindre luftburna bakterier. Fuktigheten är även en viktig faktor som påverkar den relativa mängden av luftburna bakterier.

Studier visar genomgående att patienter med nedsatt immunförsvar har lägre frekvens av infektioner när de ligger i HEPA-filtrerade isoleringsrum. Flera studier påvisar att luftburna föroreningar höjer vårdanställdas risk att drabbas av smittsamma sjukdomar från patienter

Vårdmiljön som arkitektonisk utmaning

I processen med att skapa en mer välkomnande sjukvårdsmiljö är patientmiljön av särskild betydelse. Utmaningen för formgivare är att skapa ett bostadsläk känsla i kombination med nödvändig teknik. Enkelrum har blivit så gott som branschstandard för nybyggnad av akutvård och omsorg. Arkitekter och planerare inom hälso- och sjukvård hävdar att enkelrum minskar risker för infektion, underlättar vårdpersonalens arbete och förbättrar integriteten under behandlingar och känsliga samtal med vårdpersonalen.

Ett enkelrum, tack!

Det har gjorts olika studier och undersökningar om patienters

preferenser gällande sjukhusrummens inredning. De visar att majoriteten av patienterna föredrar enkelrum i och med att det erbjuder en privat sfär med mindre buller, minskade besvär och förbättrad sömnkvalitet. Familjemedlemmar kan vistas i rummet utan att det stör andra patienter. Undersökningar visar också att enkelrum ger patienterna större frihet till individuella vanor och aktiviteter. Nästan hälften av patienterna föredrog eget rum. Av de övriga tillfrågade patienterna föredrog många patienter fyrbäddsrum för att undvika isolering. Dubbelrum valdes av vissa eftersom patienterna får någon att prata med och vid behov också hjälp av sin rumskamrat. Negativa aspekter på flerbäddsrum är bristen på privatliv och höga ljudnivåer, speciellt när patienter har besökare. Å andra sidan känner patienterna sig trygga om det finns en annan person i närheten som kan kalla på hjälp i händelse av en medicinsk nödsituation.

Önskan om en privat sfär är förknippad med graden av sjukdom. Två tredjedelar av patienter med mindre allvarliga tillstånd (t.ex. tonsilloperation) vill ha enkelrum, medan färre än 40 % vill ha ett enkelrum efter en stroke (som är en allvarligare situation). Man kan också minska patientens stress genom att denna får dela rum med personer som inte är i samma situation. Därför kan patienter som snart ska opereras dela rum med nyopererade eller ickekirurgiska patienter i stället för att de delar rum med andra patienter i samma situation.

Det finns inga empiriska studier om familjemedlemmars eller besökares preferenser eller behov gällande rumstyper. Dock

har vårdmiljöforskare visat att interaktion med familjemedlemmar ökar i enkelrum. Därför är det viktigt att man är medveten om familjemedlemmarnas emotionella behov inom sjukvården och att stödet från familjen ofta har en terapeutisk effekt på vårdresultatet.

Patienttillfredsställelse

Man har utvärderat patienters tillfredsställelse med sjukhusvistelse i relation till sjukhusmiljön. Det finns ett klart samband mellan en trivsamt miljö och en tillfredsställd patient. Patienter som hade haft enkelrum var mer nöjda med vårdkvaliteten, sjukhuset, personalen och den information de fått, än de patienter som hade haft flerbäddsrum. Nöjda patienter med stora enkelrum hade fönster med fin utsikt, lättillgängliga badrum och även plats för anhöriga.

Bland dementa patienter som har flyttats från en äldre specialistavdelning med många patienter till en ny med färre patienter och enkelrum, var familjemedlemmarna mer nöjda med rummen i och med att de gav patienterna större integritet. En realitet i den nya vården är att alzheimerpatienterna tycks påverkas av minskad stimulering på så sätt att det leder till färre beteendestörningar.

Rumskamrater kan också vara en källa till stress för vissa patienter. Ifall rumskamraterna är ovänliga, har för många besökare eller är allvarligt sjuka kan negativa effekter påvisas hos andra patienter. Patienter som har tillräckligt stora enkelrum med plats för besökande familjemedlemmar, klarar sig bättre. Sociala kontakter minskar stress och förbättrar patientens hälsa. Patienter faller mer sällan i ett rum där familjen kan vistas eftersom patienterna då kan få hjälp om de behöver komma upp ur sina sängar.

Existensen eller avsaknaden av ett fönster med utsikt påverkar patienternas återhämtning samt deras upplevelse av sjukhusvistelsen. I en studie där forskare undersökte effekterna av utsikten på patienters återhämtning från gallblåsooperationer påvisades att i rum med utsikt mot natur hade patienterna kortare postoperativ sjukhusvistelse, färre negativa kommentarer från sjuksköterskor, de tog mindre starka analgetiska doser och hade något mindre postkirurgiska komplikationer än patienter som hade utsikt mot en tegelvägg. I en liknande studie fann forskare att patienter på intensivvårdsavdelningar utan fönster hade signifikant högre frekvens av delirium (förvirringstillstånd) jämfört med patienter i rum med fönster.

Detta kan tolkas som att fönstren kan ha läkande och stressreducerande effekter på patienterna och bör beaktas vid utformning på sjukhusmiljöer. Fönster kan även vara av stort värde för patienten för att de är en källa till naturligt ljus. En undersökning om människors preferenser för dagsljus jämfört

med konstgjort ljus i kontorsutrymmen visade, att de anställda föredrog dagsljus framom psykologisk komfort, utseende och trivsel, visuell hälsa och allmän hälsa. Fönster kan ha ett terapeutiskt värde eftersom de ger lugn och avkoppling. Det framgick också att människor föredrar naturvyer framom vyer över stadsmiljöer; naturen har mer positiva effekter på fysiologiska tillstånd och försnabbar återhämtning från stress i större utsträckning än en stadsmiljö.

Vad gäller bilder eller konst i sjukhusmiljö föredrar patienter fotografier av träd, gräsmattor och bostadsområden med människor framom obekanta eller abstrakta bilder. Motiv med natur, hav, himmel eller skog tycks tillfredsställa mänskliga behov. En studie visade att patienter utvecklar en perceptuell och kognitiv förbindelse med den yttre miljön, vilket påverkar den terapeutiska processen.

Frågor om miljöbelastning

Studier visar att stress kan ha negativa effekter på det fysiologiska, psykologiska, kognitiva, beteendemässiga, psykosociala och sociala. Den fysiska miljön är viktig eftersom den kan framkalla stress genom det sätt på vilket den påverkar individuella behov. Till exempel, beroende på användningen av golv- och ytmaterial, kan kvaliteten på ljudet i ett rum antingen förbättras eller försämrats. På samma sätt kan olika färger antingen förbättra eller försämrats kvaliteten på belysningen i ett rum. Utrustning som används för att förbättra luftkvaliteten kan bli en källa till oljud om den är felaktigt placerad inne i en byggnad.

Enligt begreppsramen som visas i figur 1 får man direkta resultat på hur stress påverkar individuella behov. Till exempel kan öppna kontorslandskap på en arbetsplats (en inredningsdetalj) minska individens känsla av avskildhet (ett psykosocialt behov). Som en konsekvens kan medarbetarens prestationsnivå sjunka (ett direkt resultat). En annan faktor som måste beaktas här, är den relativa betydelsen av integritet för den enskilde. Om en person anser att privatlivet är ett onödigt arbetsplatsbehov kan han eller hon klara sig bra även utan arbetsplatsintegritet. Men om privatlivet anses vara ett viktigt arbetsplatsbehov och arbetsplatsen inte erbjuder utrymme för personlig integritet kan personens prestations- och stressnivå påverkas negativt.

Den process som leder till stress blir ännu mer komplicerad av att alla inte påverkas lika när samma viktiga behov inte tillfredsställs. Fysiologiska behov kan vara viktigare för patienter på sjukhus än för anställda på kontor. Psykosociala behov kan vara viktigare för kontorsanställda än för patienter. Äldre människor kan påverkas mer av buller och bristande ljusförhållanden än yngre människor. Vissa kognitiva behov kan vara mer trängande för högt utbildade individer. En individs reaktion kan också bero på motiv och attityder.

Insikten om miljöns betydelse i läkningsprocessen ökar bland vårdgivare, miljöpsykologer, konsulter och arkitekter. Den traditionella, institutionellt konstruerade vården med allt vad det innebär för patientens välbefinnande kan således ifrågasättas. Forskarna finner att patienternas återhämtning påverkas positivt när ändringar och tillägg gjorts i hälso- och sjukvårdslokaler fysiska och sociala miljö med patienten i åtanke. Likaså har vårdpersonalen konstaterat att stödjande design kan förstärka återhämtningen och därmed förkorta sjukhusvistelsen.

Studerandeworkshop för bättre sjukhusmiljöer

Eftersom den fysiska utformningen av vårdmiljöer är erkänd som en integrerad del av patienternas upplevelse och tillfredsställelse med vården, gjorde vi inom vårt delprojekt ett försök att formge en terapeutisk miljö under en kort workshop för masterstudenter vid Umeå Arkitektthögskola i september 2011. Genom en strukturerad brainstorming med den gruppbase designprocessen kunde studenter i arkitektur undersöka möjligheterna för patienter, anhöriga och vårdpersonal.

Projektet inleddes med besök på två platser inom patientvården. Den första platsen var en pedagogisk miljö med flerbäddsrum som användes för att instruera sjuksköterskor. Den andra platsen var i ett dubbelrum på ett strokecenter där studenterna kunde dokumentera rummets utformning samt diskutera med personalen. För att råda bot på avsaknaden av samtal med verkliga patienter och anhöriga, användes personal (påhittade men realistiska individer) som hade koppling till patientmiljön.

Workshopen pågick på följande sätt:

- **Dag 1:** Som det är idag: Syftet var att informera studenter om befintliga patientmiljöer samt att dokumentera och utvärdera dem. Föreläsning om stödjande miljöer, teorier och praktik presenterades tillsammans med metodsammanfattning. På eftermiddagen besök på Umeå samhällsmedicin, kliniska rehabiliteringsavdelningens patientrum samt Strokecentrums patientrum. Besöken dokumenterades och utvärderades.
- **Dag2:** Som ni tänker er: Uppdraget var att utforma en hållbar miljö för patienter. Metoden följer en strukturerad brainstormingsteknik: Berättelser och personal användes för konkretisering av problemet. Konceptgenerering och urval av gruppen samt beskrivning av mål och syfte. Utställningen av berättelse- och designkoncept upprättades. På eftermiddagen fortsatte designuppgiftet med brainstorming: SWOT-analys kring styrkor, svagheter, möjligheter och hot för varje designscenario.
- **Dag3:** Som ni visar: Presentationen ägde rum på eftermiddagen inför 25 gäststudenter från Lucern, Schweiz.

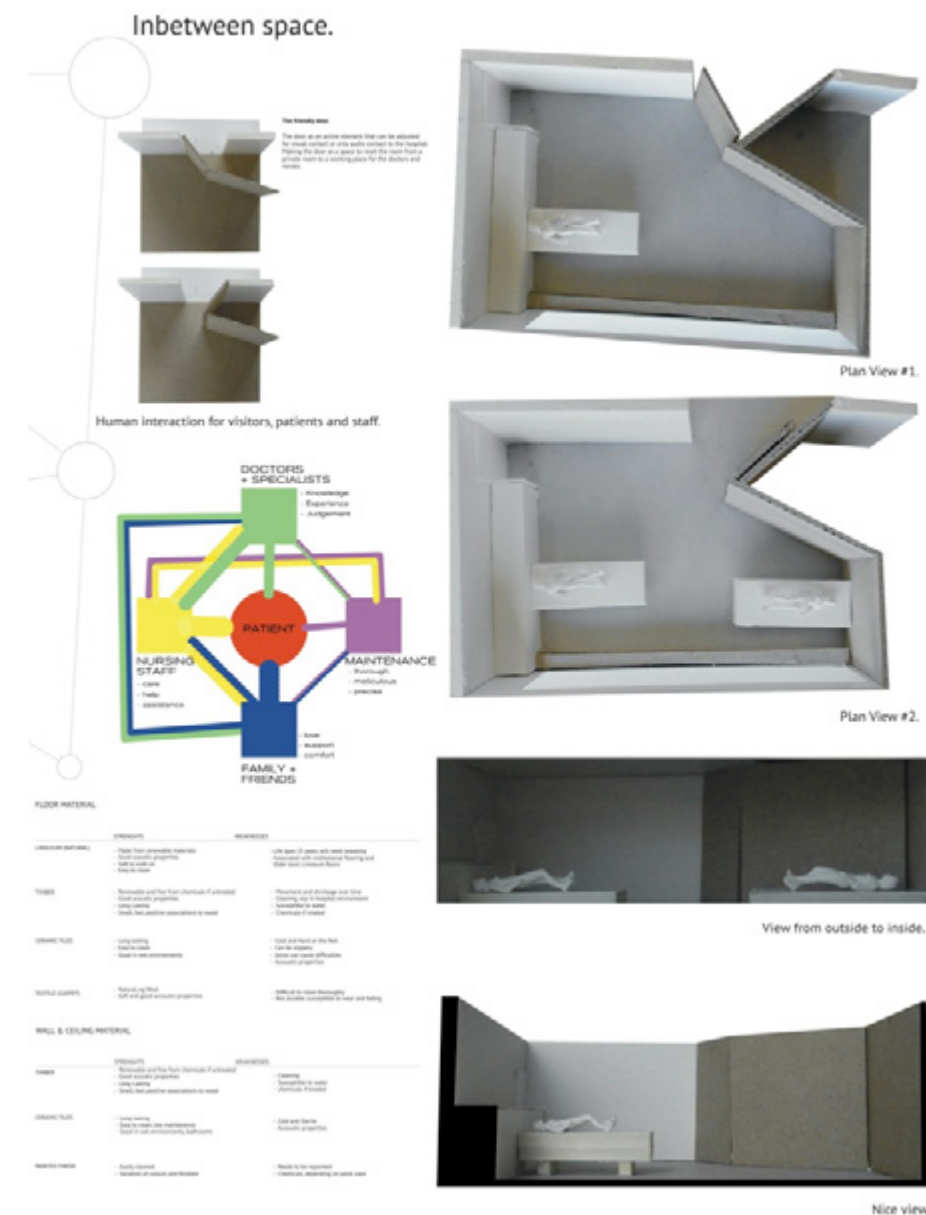


Existensen eller avsaknaden av ett fönster med utsikt påverkar patienternas återhämtning och deras upplevelse av sjukhusvistelsen.

Resultat från workshopen

Resultaten visade att studenterna har förmåga att utveckla ett koncept kring terapeutiska miljöer, att de har förståelse för konceptuella problemställningar och kan analysera föreslagna scenarier. Däremot saknar de problemlösningsmetoder för att förfina sina initiala lösningar. Bland de uppnådda resultaten ingick flexibla designparametrar för funktionella lösningar. Med hjälp av mobila väggar och mångsidiga strukturer kan användarna kontrollera miljön och därigenom känna en ökad grad av personlig integritet. Aktiviteter med positiv inverkan införlivades också i den ursprungliga utformningen, liksom personanpassade lösningar. Användarna av miljöerna var alla fiktiva som potentiella användare av den formgivna miljön.

Workshopen visade att studenterna kan utforma en designidé kring ämnet och att de förstår begreppet terapeutisk miljö. Sammantaget var workshopen för kort för att starta en mer omfattande diskussion om material som kan användas i den föreslagna konstruktionen. Även om den första dagen avsattes för analys av den befintliga patientmiljön var reflektion inom grupperna begränsad. Workshopen hade utformats så



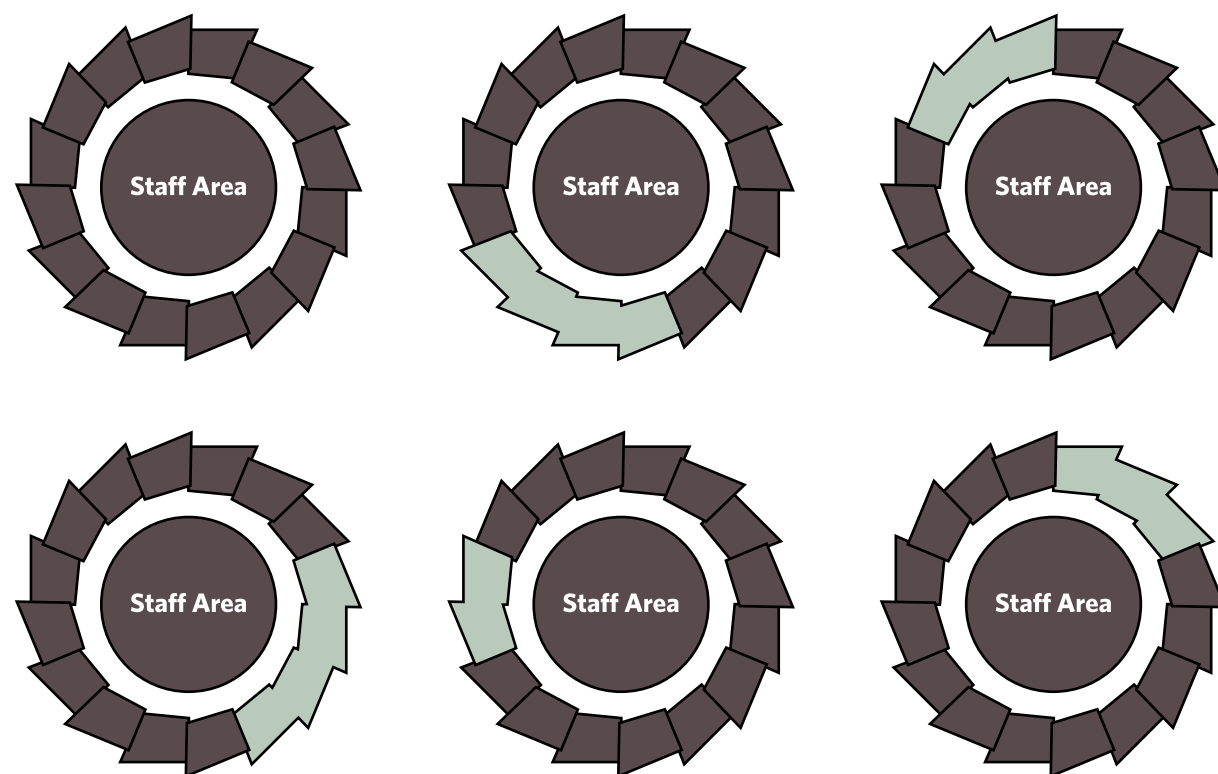
Figur 2 Funktionell- och materialanalys av patientens miljö av förtroendegrupp.

att reflektioner och återkopplingar ingår i processen. Som en övergripande slutsats är komplexiteten i en terapeutisk miljö för stor för att den skulle kunna introduceras, analyseras och utvärderas i en kort workshop. Konstruktionslösningarna i detta skede är inte särskilt förfinade och därför kunde studenterna inte leverera en detaljerad lösning, till exempel om materialen som används för de terapeutiska miljöerna. Tvärtom visade det övergripande designkonceptet en enorm potential för innovation som kan förverkligas senare i det kontinuerliga arbetet med ett sjukhus. Ett exempel var "vänliga dörren"-konceptet, se figur 2, som kan ändra hur vi ser på interaktioner i en terapeutisk miljö.

Genom att använda mobila rumsavdelare, blir rummen

flerbäddsrum som är ett funktionellt lager i patientens rum. Riktningen av sängarna kan ändras för undersökning och interaktionen kan förbättras. Analysen av begreppen gjordes med hjälp av en SWOT-analys (styrkor, svagheter, möjligheter och hot).

Det tredje förslaget använde Panopticon-fängelset (Jeremy Bentham) som en konceptuell design och miljö för att observera människor. Deras förslag (figur 3) för den terapeutiska miljön bygger på centralt placerade patientrum med möjlighet till varierande rumsfördelning samt en gemensam kärna där personalens lokaler kan hittas. I utkanten av enhetens öppningar finns grönområden som en gemensam plats för sociala aktiviteter.



Figur 3 Panopticon-konceptet med olika lösningar för patientrum, grönrums och personalutrymmen i mitten.

Författarna vill uttrycka ett tack till prof. Walter Unterrainer som möjliggjorde workshopen om terapeutiska miljöer inom ramen för masterutbildningen.

För dig som vill läsa mer om terapeutiska miljöer

Chaudhury, H., Mahmood, A. and Valente, M. (2005). Advantages and Disadvantages of Single-Versus Multiple-Occupancy Rooms in Acute Care Environments: A Review and Analysis of the Literature. *Environment and Behavior*, 37: 760

Cooper Marcus, C., & Barnes, M. (1995). Gardens in healthcare facilities: Uses, therapeutic benefits, and design recommendations. Martinez, CA: The Center for Health Design.

Leather, L., Beale, B., Santos, A., Watts, J. and Lee, L. (2003). Outcomes of Environmental Appraisal of Different Hospital Waiting Areas. *Environment and Behavior* 2003; 35; 842

Rashid, M. and Zimring, C. (2008). Indoor Environment and Stress in Health Care and Office Settings: Problems and Prospects of Sharing Evidence. *Environment and Behavior*, 40:151.

Ulrich, R. S. (1995). Effects of healthcare interior design on wellness: Theory and recent scientific research. In S. O. Marberry (Ed.), *Innovations in healthcare design: Selected presentations from the first five symposia on healthcare design* (pp. 88-104). New York: Van Nostrand Reinhold.

Verderber, S., & Fine, D. J. (2000). *Healthcare architecture in an era of radical transformation*. New Haven, CT: Yale University Press.

Nyckelbegrepp och- förkortningar

SBS är en förkortning av engelskans Sick Building Syndrome. I svenskan har detta begrepp översatts till sjuka hus-syndromet, ofta även kallat ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa. Termen används då man refererar till symptom som uppstår hos personer som vistats i en byggnad och som försvinner då personerna avlägsnar sig från byggnaden.

MCS kommer från engelskans Multiple Chemical Sensitivity och avser hälsobesvär som har ett samband med luktande eller stickande ämnen i omgivningen.

IEI står för Idiopathic Environmental Intolerance och innebär en slags miljöintolerans vars orsak är oförklarad och som ofta relaterar till kemiska ämnen (används ofta synonymt med MCS)

EMF är en förkortning av elektromagnetiskt fält och avser det fält som avges från exempelvis påslagen elektrisk utrustning. Personer som är känsliga för denna strålning brukar sägas lida av EMF.

SHR (Doftöverkänslighet). Det är en form av kemisk överkänslighet som karakteriseras av symptom från ögon och luftvägarnas slemhinnor.

Coping är det begrepp som används om människans förmåga att genom olika slags handlingar försöka behärska, tolerera och minska inre och yttre belastningar för att minimera negativa följder.

Ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa se bokstavsförkortningen SBS.

Reaktiv kemi avser de reaktioner som uppstår mellan kemiska ämnen i luften och som tros ha ett samband med att vissa personer reagerar på dålig inomhusmiljö.

Jonisering är en luftreningsmetod som fungerar enligt samma mekanismer som i naturen. Baserar sig på att man ökar mängden joner i inomhusluften.

Fall - kontrollstudie är en forskningsmetod där man jämför personer som lider av en viss åkomma med sådana som inte gör det. En fall kontroll-studie utgår ifrån människor som fått en viss sjukdom (fall). Fallens levnadsvanor och exponering för t.ex. kemikalier i luften undersöks. Fallen matchas med friska människor (kontroller) som väljs ut slumpmässigt men med avseende på ålder, kön och geografiskt område. Kontrollerna måste väljas eller matchas på ett sätt som är helt oberoende av den exponering man mäter.

VOC står för Volatile Organic Compounds och avser de flyktiga, organiska föreningar som frigörs i luften från en mängd olika material i vår omgivning.

Emission innebär ämnen som frigörs ur olika material eller miljöer. Förknippas oftast med utsläpp av miljöfarliga ämnen och därför har de flesta länder lagar som begränsar vilka ämnen som får avges och i vilken omfattning.

RF är förkortningen av relativ fuktighet. Den relativa fuktigheten anges i procent och talar om hur mycket vattenånga som finns i luften vid en viss temperatur.

Prediktiv styrning innebär att man genom att kontinuerligt mäta förhållandena och variationerna i t.ex. en krypgrund kan förutse fuktproblem och således också förebygga dem. Mätningarnas information kan utnyttjas t.ex. för maskinell styrning och reglering av luftfuktigheten i en krypgrund.

Terapeutisk miljö är en stödjande hälso- och sjukvårdsrelaterad miljö som har positiv effekt på patienter och deras medicinska tillstånd.

Egna anteckningar

Kompetenscentrum Byggnad - Luftkvalitet - Hälsa 2 (KLUCK 2)

Undermålig och hälsovadlig inomhusmiljö förorsakar i dag en mängd hälsoproblem som står både enskilda individer och samhället dyrt. Trots detta är kunskapen om sambandet mellan byggnader, luftkvalitet och hälsa fortfarande otillräcklig. Det är väldigt svårt att hitta entydiga förklaringar till alla de problem som dålig inomhusluft och skadade byggnader ger upphov till – detta eftersom många faktorer samverkar och förorsakar olika slags reaktioner.

Med finansiering från EU:s program Botnia-Atlantica, Umeå Universitet, Yrkehögskolan Novia, Österbottens Förbund samt Länsstyrelsen i Västerbottens län, strävade projekt KLUCK 2 (2008–2012) att öka kunskapen om inomhusmiljöfrågor i Kvarckenregionen. Arbetet utfördes som ett samarbete mellan Yrkehögskolan Novia i Finland och Umeå Universitet i Sverige.

För att hitta gemensamma angreppsmetoder bör problem med inomhusmiljön bearbetas tvärvetenskapligt. Projektet aktiverade därför personer från flera olika yrkesgrupper, från studerande till personer med lång erfarenhet inom området. Projektets huvudsakliga mål var att etablera ett kompetenscentrum (KOMIN) som ska fortsätta att fungera som en utbildnings- och informationsportal om innemiljö och hälsa för både näringsliv och allmänheten.

Resultaten av KLUCK 2 har stärkt vår uppfattning om att byggnadsrelaterad ohälsa är ett mycket angeläget forskningsområde och att det tvärvetenskapliga samarbetet är nyckeln till att öka vår kunskap och förståelse. Vår forskning gav många svar, men minst lika många nya frågor. Därför behöver vi arbeta vidare med att utveckla bättre metoder för att mäta, analysera, förebygga, diagnosticera, reparera och rehabilitera.

En av våra viktigaste uppgifter har varit att höja kunskapsnivån om innemiljö och hälsa hos allmänheten och sådana yrkesgrupper som berörs av denna tematik i sitt dagliga arbete. Under projektets gång har vi spridit information via vår webbplats, på seminarier, i dagstidningar och facktidskrifter. Inom vetenskapssamhället har vi bidragit genom att delta i konferenser och göra inlägg i vetenskapliga tidskrifter. Vi kommer att fortsätta arbeta för att frågor kring innemiljö och hälsa ska ingå i vissa utbildningar och att denna problematik syns och hörs både i media och på den politiska agendan.

Denna slutrapport består av nio artiklar som belyser de mest intressanta aspekterna av våra delprojekt. Genom dem hoppas vi kunna dela med oss av den kunskap och de insikter vi fått under vårt treåriga arbete.

Mer information om projektet och dess resultat på:

KLUCK 2: www.novia.fi/kluck

Kompetenscentret KOMIN: www.kominmiljo.eu



Länsstyrelsen
Västerbotten



Österbottens förbund
Pohjanmaan liitto