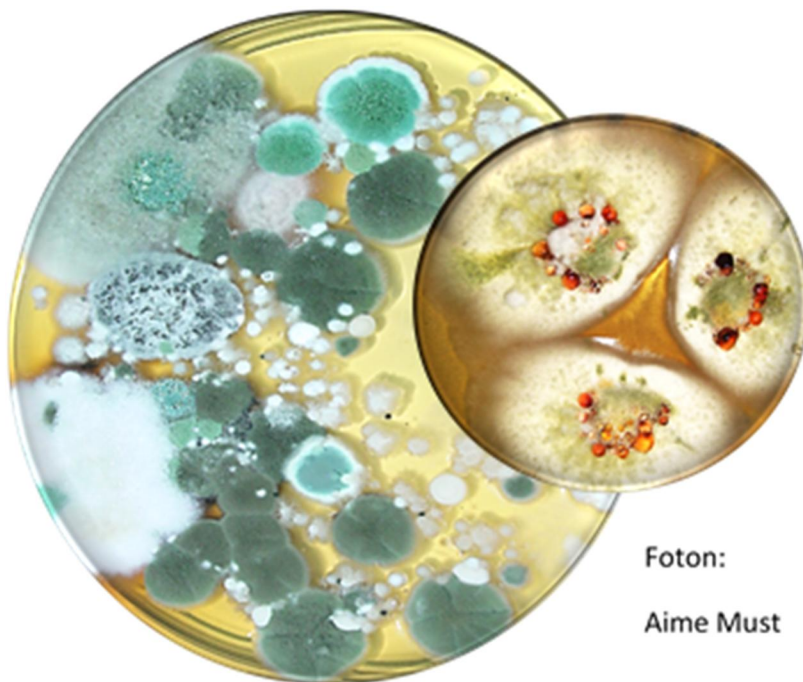




SWESIAQ:s råd för utredning av mikrobiell påväxt i byggnader

Ver. 16
2014-12-03



Foton:
Aime Must

Denna rapport har sammanställts under 2013-2014 av en arbetsgrupp inom SWESIAQ. Råden ska ses som en fördjupning av SWESIAQ-modellen – SWESIAQ:s metod för inomhusmiljöutredningar – som belönades med 2013 års Stora Inneklimatpris. Syftet med en utredning av mikrobiell påväxt är att lokalisera eventuella mikrobiella skador, förklara orsaken till skadorna och bedöma deras påverkan på inomhusmiljön för att sedan kunna föreslå åtgärder. I dokumentet ingår bl.a. en genomgång – med för- och nackdelar - av de flesta metoder för mikrobiologisk analys som är tillgängliga på den kommersiella marknaden. Dokumentet är i första hand avsett att vara ett stöd för inomhusmiljöutredare men bör också kunna vara till hjälp för de som beställer inomhusmiljöutredningar samt brukare i fukt- och mögelskadade byggnader.

Dokumentet är ingen vetenskaplig genomgång av forskningsstudier. Två stora internationella vetenskapliga genomgångar [2, 3] har inte kunnat påvisa lämpliga objektiva mätmetoder för att mäta den mikrobiella påväxtens hälsoeffekter. Detta dokument är istället grundat på arbetsgruppens samlade erfarenheter av hur man kan arbeta praktiskt med mikrobiologiska skadeutredningar. För att problemen ska bli allsidigt belysta har arbetsgruppen bestått av personer med olika kompetenser: forskare, inomhusmiljöutredare, mikrobiologiska laboratorier mm. Vi känner f.n. till nio mikrobiologiska laboratorier i Sverige. Representanter från tre av dessa har ingått i arbetsgruppen och aktivt arbetat med dokumentet. Ytterligare tre laboratorier har granskat dokumentet under slutskedet. Förvaltare vid Skolfastigheter i Stockholm AB (SISAB) har också läst igenom dokumentet för att bedöma läsbarhet och praktisk användbarhet.

Hur man utreder byggnader med mikrobiell påväxt är ett kontroversiellt område där personer kan ha skilda åsikter. Detta har bl.a. visat sig under arbetsgruppens arbete och vi är glada att vi lyckats ta fram ett dokument med ståndpunkter som delas av de flesta. Men vi är medvetna om att oklarheter och ofullständigheter kan ha smugit sig in. Detta är ett levande dokument som kan komma att förändras. Skicka dina synpunkter till mikrobgruppen@swesiaq.se.

I arbetsgruppen har följande personer ingått:

Aime Must, byggnadsmykolog, Aimex AB
Anders Lundin, yrkes- och miljöhygieniker, ordförande SWESIAQ
Anna-Sara Claeson, forskare, Umeå Universitet
Annika Carlsson, arbetsmiljöingenjör, yrkeshygieniker
Annika Glader, forskare, Yrkeshögskolan Novia, Vasa
Björn Mälarstig, VD anoZona AB
Erica Bloom, mikrobiolog/forskare, IVL Svenska Miljöinstitutet
Gunilla Bok, byggnadsmykolog, SP Sveriges tekniska forskningsinstitut
Ingrid Johansson, inomhusmiljöutredare, AK-Konsult Indoor Air AB
Joakim Thunborg, fuktsakkunnig, Conservator AB

Sammankallande har varit Anders Lundin.

Följande laboratorier har granskat dokumentet, stöder det i huvudsak och har i varierande grad påverkat innehållet:

ALS Life Sciences, Täby
anoZona AB, Uppsala
Botaniska Analysgruppen, Göteborg
IVL - Svenska Miljöinstitutet, Stockholm
PK Group, Sundsvall
SP Sveriges tekniska forskningsinstitut, Byggnadsfysik o inomhusmiljö, Borås
WSP Jerbol, Stockholm och Mönsterås

Sammanfattning

- När människor har hälsobesvär i en viss byggnad (innemiljöproblem) bör det alltid göras en systematisk utredning (t.ex. enligt SWESIAQ-modellen) av alla faktorer som har betydelse. Fukt- och mögelskador är bara en av många orsaker till att människor kan må dåligt av inomhusluften.
- Med mikrobiell påväxt menas i första hand att det växer mögel eller bakterier på byggnadsmaterial – i detta fall inomhus.
- Det säkraste sättet att bedöma om det förekommer mikrobiell påväxt i en byggnad är genom att låta ett mikrobiologiskt laboratorium titta direkt på en misstänkt bit av ett byggnadsmaterial med mikroskop i hög förstoring.
- Ingen av de mikrobiologiska analysmetoderna kan ge ett säkert svar på varför människor mår dåligt. Inte heller är någon undersökningsmetod i alla lägen fri från tolkningssvårigheter. Grundregeln är att all mikrobiell påväxt bör tas bort, oftast genom att byta ut byggnadsmaterialet där detta är möjligt.
- Att odla fram mögel och bakterier på ett byggnadsmaterial för att se om det finns "problemorganismer" är inget säkert sätt att bedöma den mikrobiella påväxten. Det beror dels på att en odling inte säkert kan visa vad som verkligen vuxit på skadestället. Men det beror också på att det inte går att säkert säga att vissa mikroorganismer är "farligare" än andra.
- Man kan mäta vad mikroorganismerna avger till luften, t.ex. mögelsporer, döda/inaktiva mikroorganismer, mögel-DNA och MVOC mm. Alla dessa mätmetoder har sina för- och nackdelar. Höga halter i ett luftprov kan **indikera** en skada men normala halter innebär **inte** att det inte finns en skada. *Utredningen av fukt- och mögelskador är inte klar innan **utredaren funnit platsen/platserna för mikrobiell påväxt** eller att det genom en noggrann och systematisk utredning går att avskriva fukt- och mögelskador.*
- De svenska laboratorier som analyserar mikrobiella skador arbetar enligt delvis olika metoder. Det går inte att säga att några laboratorier är bättre än de andra. Det är viktigt att laboratorierna har kvalitetssäkrade analysmetoder för att minska risken för fel. Vid ackreditering kontrollerar ett utomstående organ att standardiserade analysrutiner följs. Att en viss metod är ackrediterad är ingen garanti för att själva metoden är bra. Däremot ökar sannolikheten för att svaren ska bli likvärdiga svar varje gång man mäter. Den viktiga bedömningen av ett analysresultat går inte att ackreditera.

Innehållsförteckning

1.	Förklaringar av begrepp	5
2.	Bakgrund	6
2.1.	Bedömning av fukt- och mögelskada (mikrobiell påväxt)	6
2.2.	Hälsoeffekter av mikrobiell påväxt	7
2.3.	Standarder	7
3.	Att lokalisera en fuktskada med mikrobiell påväxt	7
3.1.	Byggnadsteknisk bedömning	7
3.2.	Att använda ögon och näsa som indikator	8
3.3.	Indikerande luftprov och felkällor	8
3.4.	Kommersiella metoder för indikerande luftprovtagning	9
3.4.1.	Provtagning av luftburna mikrober för odling	10
3.4.2.	Provtagning av luftburna mikroorganismer på filter – CAMNEA-metoden	10
3.4.3.	Sempore-metoden	11
3.4.4.	Provtagning av sedimenterat damm för DNA-analys	11
3.4.5.	Provtagning av mikrobiellt producerade organiska gaser (MVOC)	11
3.4.6.	Hundsök efter mikrobiell lukt	12
4.	Provtagning av mikrobiellt skadat byggnadsmaterial	13
4.1.	Uttag av provbitar ur byggnadskonstruktionen	13
4.2.	Tejpavtryck från material	13
4.3.	Provtagning vid ny- och ombyggnation och efter akuta vattenskador	14
5.	Analysmetoder för materialprov	14
5.1.	Direktmikroskopering	15
5.2.	Tejp-avtryck direkt från material	15
5.3.	Avtvättning, infärgning	16
5.4.	Odling av levande mikroorganismer	16
5.5.	Provtagning/odling på tryckplattor	17
5.6.	Mätning av ATP (bioluminiscens)	18
5.7.	Mätning med Mycometer	18
6.	Goda råd vid mikrobiologiska undersökningar	19
7.	Referenser	20
8.	SWESIAQ-modellen	21
9.	Svenska mikrobiologiska laboratorier	23

1. Förklaringar av begrepp

Mikrobiell påväxt

Mikrobiell påväxt definieras som synlig eller med mikrobiologisk analys konstaterad påväxt av mögelsvamp, virkesrötsvamp, aktinomyceter (jordbakterier), bakterier, jäst, amöbor mm. Vilken typ av påväxt eller grad av skada som uppstår är starkt beroende av fuktighet, tid, temperatur och vilket byggnadsmaterial som mikroberna växer på. Påväxten kan finnas på materialytor inne i byggnader eller inuti byggnadskonstruktioner. Den upptäcks vanligen som färg- eller strukturförändringar på materialytor. Det är dock inte all påväxt som är synlig för ögat och inte heller alla färg- och strukturförändringar som beror på mikrobiell påväxt. Mikrobiell analys är det enda sättet att säkerställa om det rör sig om mikrobiell påväxt.

Fukt- och mögelskada

”Fukt- och mögelskada” kan anses vara ett etablerat begrepp. I detta dokument inkluderas i uttrycket fukt- och mögelskada *alla typer av mikrobiell påväxt* eller annan fuktorsakad förändring av byggnadsmaterialet.

Innemiljöproblem

När en eller flera personer – kallas i detta sammanhang även *brukare* – förknippar hälsobesvär eller obehag med vistelse i en viss byggnad definieras detta som att det förekommer inommiljöproblem i byggnaden. Besvärssbilden kan variera från att någon enstaka person upplever viss lukt eller komfortproblem till att många brukare drabbas av allvarliga hälsobesvär, t.ex. luftvägssjukdomar.

Problembyggnad

En problembyggnad är en byggnad där en eller flera personer upplever inommiljöproblem. Definitionen är neutral och tar inte ställning till om byggnaden har tekniska brister eller om brukarnas inommiljöproblem beror på att de är extra känsliga.

Innemiljöutredning

Vid en inommiljöutredning försöker utredaren finna byggnads- eller verksamhetsrelaterade orsaker till inommiljöproblem och föreslå åtgärder i syfte att eliminera eller minska problemen.

Innemiljöutredare

Innemiljöutredaren är oftast en tekniker med byggnadsteknisk utbildning. Innemiljöutredningen kan i praktiken engagera flera yrkeskompetenser som samarbetar, bl.a. personer med medicinsk kompetens. En kompetent inommiljöutredare bör ha:

- Kännedom om inommiljörelaterade besvär och olika orsaker till inommiljöproblem, bl.a. fuktrelaterade orsaker.
- God byggnadsteknisk kompetens och kunskap om riskkonstruktioner för fuktskador.
- God kunskap om byggnadsfysik dvs. kunskaper om värme-, luft- och fukttransport i byggnadsdelar och byggnader.
- Bred mätteknisk förmåga.
- Insikt om begränsningar i den egna kompetensen och när annan teknisk eller medicinsk specialkompetens behöver kopplas in.
- God förmåga att uttrycka sig skriftligt och muntligt så att även lekmän förstår.
- God samarbetsförmåga.

2. Bakgrund

Dessa råd gäller utredning av mikrobiell påväxt i byggnader. Råden ska ses som en komplettering till *SWESIAQ-modellen* som är en metod för systematisk utredning av inomhusmiljöproblem [1]. Den senaste versionen finns att ladda ner på SWESIAQ:s hemsida www.swesiaq.se. En kortfattad, schematisk beskrivning av SWESIAQ-modellen återfinns även i slutet av detta dokument (avsnitt 8). Metoden utgår förutsättningslöst från brukarnas besvär och inleds med en systematisk inventering. Inventeringen utförs i början av utredningen och bör vara heltäckande så inte något viktigt missas. Först efter inventeringen tas beslut om behovet av fördjupade utredningar. Dessa råd gäller främst utredning av befintliga byggnader. Utredaren bör vara medveten om de speciella riskerna för uppkomst av fukt- och mögelskador vid ny- och ombyggnation. Detta behandlas i avsnitt 4.3.

2.1. Bedömning av fukt- och mögelskada (mikrobiell påväxt)

Eftersom det finns bakterier och mögelsporer nästan överallt, uppstår påväxt så fort ett byggnadsmaterial blivit fuktigt. Vilken typ av påväxt eller grad av skada som uppstår är starkt beroende av fuktighet, hur länge det varit fuktigt, temperatur och typ av byggnadsmaterial. Om förutsättningarna på växtplatsen är gynnsamma kan påväxten vara kraftig redan efter några dygn eller några veckor. Den mikrobiella påväxten finns kvar och kan ha betydelse för hälsan även efter det att materialet har torkat ut.

Både pågående och uttorkade fuktskador innebär risk för att emissioner i form av gaser och partiklar som frisläpps från det skadade materialet och försämrar luftkvaliteten i byggnaden. När en mikrobiell skada påträffas under en inomhusmiljöutredning bör inomhusmiljöutredaren besvara följande frågor:

- **Hur omfattande är skadan?** Om det växer mögel under hela golvmattan med kraftig påväxt så är detta allvarigare än om skadan är en kvadratdecimeter stor med ringa påväxt. Grundregeln bör vara att alla, även mindre fukt- och mögelskador, ska åtgärdas.
- **Vilken typ av mikrobiell påväxt rör det sig om?** Ibland nämns begreppen problemorganismer och toxinproducenter. Tyvärr vet vi ännu inte tillräckligt för att kunna koppla specifika organismer till hälsopåverkan. Man bör därför inte tala om hälsorisker kopplade till någon viss typ av mikrobiell påväxt. Däremot kan kunskaper om förekommande organismer och vilka växtförhållanden de föredrar, tillföra information om vilka fuktförhållanden som rått.
- **Kan luftföroreningar från skadan nå inomhusluften?** Vid en inomhusmiljöutredning bör man utreda om luftföroreningar från fukt- och mögelskador kan spridas till inomhusluften. Bl.a. bör otätheter och tryckskillnader inom byggnaden undersökas. I enfamiljshus är det vanligt med mögelskador på insidan av kallvindens yttertak men föroreningar därifrån sprids vanligen inte till inomhusluften vid normala tryckförhållanden, d.v.s. när bostaden har ett övertryck jämfört med kallvinden. Omvänt kan ett relativt övertryck i en kryppgrund medföra lukt- och/eller hälsoproblem inomhus.
- **Hur länge och ofta vistas invånarna i byggnaden?** Exponeringstiden har betydelse för hur en skada påverkar hälsan. I lokaler där ingen kontinuerlig verksamhet bedrivs och där människor enbart vistas korta stunder (t.ex. fristående förråd) kan i vissa fall mikrobiell förekomst accepteras.

Vid en konstaterad skada är det inomhusmiljöutredarens uppgift att sammanväga dessa fyra faktorer för att bedöma om och vilka åtgärder som krävs. För att kunna bedöma mikrobiell typ och grad av skada förlitar sig utredaren vanligen på analyser från ett mikrobiologiskt laboratorium. Vad som analyseras och vilka riktlinjer som finns för tolkning varierar mellan olika laboratorier.

2.2. Hälsoeffekter av mikrobiell påväxt

Ofta upplever brukare i fukt- och mögelskadade byggnader olika hälsobesvär, såsom ögon-, luftvägs- eller hudsymtom, trötthet eller huvudvärk. Symtomen benämns ibland ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa. Personer som har allergi, astma eller annan överkänslighet reagerar ofta först och mest. Många olika faktorer kan tänkas utlösa dessa typer av hälsobesvär, bl.a. emissioner i form av gaser och partiklar från mikroorganismer och/eller fuktiga byggnadsmaterial. Studier visar på ett epidemiologiskt samband mellan fukt- och mögelskador och utvecklande av astma, förvärrande av astmasymtom, andnöd, väsande andning, hosta, återkommande luftvägsinfektioner/lufttröskatarr, allergisk snuva, eksem och övre luftvägsbesvär. Exakt vad det är som påverkar hälsan är dock inte känt [2, 3]. Det finns forskningsrapporter som visat att hälsan förbättrats efter det att fukt- och mögelskadade byggnader åtgärdats, se t.ex. [18]. Ett generellt hälsoråd är alltså att undvika exponering för mikrobiell påväxt och att åtgärda fuktskadade byggnader. Detta råd har stöd i flera myndigheters föreskrifter, se t.ex. [14] och [15] och är i enlighet med *försiktighetsprincipen*. Den är beskriven i Miljöbalken och säger (förenklat) att åtgärder ska vidtas om det finns skäl att anta att det finns olägenheter för människors hälsa [19].

2.3. Standarder

Beroende på ändamål och typ av undersökning finns olika ISO-standarder som bör följas vid mikrobiell provtagning:

- Luftprovtagning på filter ISO 16000–16 [4]
- Odling av levande mögel ISO 16000–17 [5]
- Luftprovtagning med impaktor ISO 16000–18 [6]
- Provtagningsstrategi för mögel ISO 16000–19 [7]
- Provtagning av damm ISO 16000–20 [8]
- Materialprovtagning ISO 16000–21 [9]

3. Att lokalisera en fuktskada med mikrobiell påväxt

För en allmän genomgång av en systematisk inomhusutredning hänvisas till SWESIAQ-modellen. Att utreda mikrobiell påväxt innebär i princip alltid att lokalisera de platser i byggnaden där det förekommer eller har förekommit fukt under längre tid, dvs. att **lokalisera aktiva eller uttorkade fuktskador**, något som endast behandlas kortfattat i avsnitt 3.1. Fukt kan också innebära andra oönskade emissioner från byggnadsmaterial.

3.1. Byggnadsteknisk bedömning

För att lokalisera aktiva eller tidigare fuktskador bör inomhusutredaren inledningsvis fundera över följande:

- Är byggnadskonstruktionen en riskkonstruktion för fukt?
- Vad är känt om byggprocessen? Har det förekommit bygglarv?
- Har det förekommit ombyggnationer eller ändrad verksamheten i byggnaden på ett sätt som kan påverka fuktförhållandena (byggnadshistorik)?
- När uppstod inomhusproblemen (besvärshistorik)? Finns det samband med förändringar i byggnad eller verksamhet? Förändrade ventilationsförhållanden eller inomhusklimat?
- Finns det övertryck i byggnaden som kan medföra att fuktig luft trycks ut i byggnadsskalet där fukten kondenserar?
- Kan förorenad luft tränga in från fuktskadade konstruktioner?
- Har det förekommit lokala vattenskador?

Vid alla mikrobiella utredningar är det givetvis viktigt att kartlägga vilka material som är fuktiga vid undersökningstillfället, dvs. var i byggnaden överskrider *det kritiska fukttillståndet* för

de olika byggnadsmaterialen. En definition av begreppet kritiskt fukttillstånd finns i Boverkets byggregler (BBR). Mätning av fukttillstånd i konstruktioner bör utföras av person med god kunskap om fuktmätningar. Fukttillståndet i konstruktionen påverkas av årstid och väderlek, något man bör vara medveten om. En fuktindikator mäter inte fukttillstånd men är ett användbart verktyg för att lokalisera ytlig fukt. Man bör dock känna till begränsningarna vid användning av fuktindikatorer, t.ex. ger de ingen information om fukttillståndet inne i konstruktionen och reagerar även på metaller.

3.2. Att använda ögon och näsa som indikator

Man får mycket information genom att använda ögon och näsa. Missfärgningar, mikrobiell påväxt, fuktfläckar och andra synliga förändringar bör givetvis undersökas vidare med lämplig metod. Med hjälp av luktsinnet kan misstänkta platser för mikrobiell påväxt lokaliseras, dels direkt vid inträde i byggnaden, dels för att försöka lokalisera källan till olika lukter (golvspringor och andra platser där luft läcker in, tilluftsdon, under golvmattor osv.). Det är viktigt att fråga brukarna av byggnaden om de upplever lukter samt var och när de upplevs. Men många mikrobiella skador saknar lukt och upplevelsen av en viss lukt varierar betydligt mellan olika personer. Luktsinnet går att träna upp och en erfaren skadeutredare kan få mycket hjälp av näsan som mätverktyg. Luktbedömningen underlättas om man går ut och vädrar näsan ibland och/eller tar med misstänkta provbitar för att lukta på i neutral miljö. Att använda luktsinnet är dock inte helt riskfritt, det förekommer fall där inomhusmiljöutredare själva drabbas av hälsobesvär efter att ha vistats mycket i fukt- och mögelskadade miljöer.

3.3. Indikerande luftprov och felkällor

Våra kunskaper om vilka ämnen i luften som gör att en del människor mår dåligt i fuktskadade byggnader är som nämnts otillräckliga. Därför vet vi inte vad som bör mätas i luften för att påvisa hälsorisker och det finns inga hälsobaserade gräns- eller riktvärden för luftföroreningar som härstammar från mikroorganismer. De luftmätningar som trots allt görs har ett annat syfte, nämligen att indikera onormala förhållanden i inomhusluften som tyder på att det kan förekomma dolda, mikrobiella skador. Det går att analysera mikrobiella partiklar i luften, mikrobiell förekomst i sedimenterat damm eller mikrobiella gaser i luften (MVOC). Man bör dock vara medveten om att alla skador inte kan uppdagas med någon enskild mätmetod.

Vid luftprovtagning finns många fallgropar och felkällor. För att minska risken för fel måste man i förväg noga fundera igenom syftet med mätningen, vad som bör mätas och hur mätningen ska organiseras och genomföras. För samtliga idag tillgängliga metoder för luftanalys finns risk för felaktiga slutsatser om mätningen inte är en del av en systematisk utredning.

Några felkällor vid luftprovtagning:

- Valet av **provtagningsplats** har stor betydelse. Även om ett luftprov indikerar mikrobiell påväxt kan ett prov taget mitt i rummet inte ange var källan finns. För att spåra källan kan man behöva mäta på olika platser i byggnaden. Innan man väljer provtagningsplats bör man skaffa sig en god uppfattning om hur luften rör sig i rummet: Var finns tilluftsventilerna? Finns det springor där luften läcker in? Kommer luft in från angränsande rum? Vid undertryck i byggnaden finns det risk för att mikrobiella luftföroreningar via luftläckage transporteras in från källare och krypgrund. Luftprovtagning kan riktas mot misstänkta tilluftsdon eller mot misstänkta platser där luft läcker in. Man måste alltid fundera över om avvikande mikrobkoncentrationer kan ha andra källor än mikrobiella skador. Provtagning nära ett kök kan ge en felaktig indikation om jordiga grönsaker hanterats nyligen eller om luften påverkas av köksavfall. Mikroorganismer trivs också i fuktiga blomkrukor.
- På grund av stora naturliga variationer påverkas resultatet av en luftprovtagning även av **tidpunkten** för mätningen. Det är inte ovanligt att mikrobiella luftkoncentrationer varierar med en faktor på 100 från ena dagen till den andra. Mikrobiella luftföroreningar i partikelform kan sväva runt i luften men sedimenterar till slut i damm på horisontella ytor. Vid aktivitet i rummet virvlas dammet upp igen och partikelkoncentrationen varierar med den aktivitet som

pågår i rummet. Det kan handla om lekande barn, dammsugning eller kraftig ventilation. Analysresultaten kan skilja sig mycket vid provtagning i tomma byggnader jämfört med i byggnader som är i bruk. Mätningar utförda en torr dag i början av sommaren och med lugnt väder kan ge låga koncentrationer, medan en mätning under röt månaden – med mycket mögel utomhus – kan resultera i höga inomhuskoncentrationer [10]. Därför bör man alltid jämföra med referensprover vid samma tillfälle, tagna utomhus i närområdet.

- Även **provtagningstiden**, dvs. hur länge provtagningen pågår, har betydelse. Ett prov under några minuter riskerar att inte alls bli representativt eftersom det är vanligt med kraftiga variationer i halterna av mikrobiella luftföroreningar. En mätning över lång tid ger endast ett genomsnittsvärde. I båda fallen kan information om emissionstoppar missas.
- I det svenska byggnadsbeståndet förekommer oftast de mikrobiella skadorna **inuti konstruktionerna**. Konstruktionerna (t.ex. innerväggar) kan vara så täta att provtagning av mögelsporer i luften inte ger någon indikation på mikrobiell skada, trots att andra typer av emissioner kan tränga igenom. Även gamla, uttorkade fuktskador kan orsaka inomhusmiljöproblem men några indikationer på detta kanske man inte hittar om man bara försöker mäta levande och odlingsbara mikroorganismer i luften. Riktade luftmätningar vid platser där luft misstänks läcka in från konstruktionen, eventuellt vid uppborrade mindre inspektionshål, kan ibland ge kvalitativ information om sammansättningen av mikroorganismer inne i byggnadsdelar.
- Det saknas **referensvärden** och konsensus om vilka koncentrationer som är ”normala” när det gäller mikrobiologiska luftprovtagningsresultat. Vilka ämnen som mäts och analyseras samt vilka referensvärden som används varierar mellan olika laboratorier.

Mikrobiell påväxt kan mycket väl finnas i byggnaden trots att luftanalysen inte ger några indikationer om detta.

Motsatsen gäller också: Att luftanalysen tyder på mikrobiell påväxt behöver ändå inte betyda att mikrobiell påväxt verkligen förekommer i byggnaden.

Enbart mikrobiologisk luftprovtagning kan varken ”fälla” eller ”fria” en byggnad.

3.4. Kommersiella metoder för indikerande luftprovtagning

De vanligaste, kommersiellt använda metoderna för att indikera mikrobiell påverkan på luftkvaliteten är:

- Mätning av levande/aktiva och/eller döda/inaktiva mikrobiella partiklar (sporer, bakterier, hyfer*).
- Mätning av mögel-DNA i damm som svävat i luften och lagt sig på horisontella ytor.
- Mätning av flyktiga organiska gaser från mikroorganismer (MVOC).
- Hundsök efter mikrobiell lukt.

** hyfer är de små celltrådar som utgör själva mögelsvampen. De kan när de torkar brytas sönder i mindre fragment, en del mycket mindre än mögelsporerna.*

Vid mikrobiell provtagning rekommenderas att byggnaden är i normalt bruk före provtagningen, detta för att provet ska bli representativt. Vid själva provtagningstillfället bör dessutom fönster och dörrar vara stängda före och under hela provtagningen. Prov tas i mitten av rummet, minst 1 m från varje vägg och ca 1-1,5 m över golvytan. En utereferens bör alltid inkluderas [7].

Förutom de kommersiella metoderna förekommer i *forskningssammanhang* även mätningar av olika mikrobiologiska komponenter, t.ex. mögeltoxiner, glukaner, ergosterol och endotoxiner.

Dessa metoder är dock inte kommersiellt tillgängliga för en inomhusmiljöutredare och tolkningen av analysresultat är ännu mer osäkra än vid de kommersiella metoderna.

3.4.1. Provtagning av luftburna mikrober för odling

De metoder som används mest på marknaden idag är pumpad provtagning enligt standard med Reuter Centrifugal Sampler (RCS), Andersen Sampler eller BIAP slit sampler. Både korttids- och långtidsprovtagning av luft kan utföras direkt på ett odlingsmedium enligt *impaktionsprincipen* (partiklarna slungas mot och fastnar i odlingsmediet). Korttidsprovtagning varar vanligen 1-10 minuter och långtidsprovtagning mer än 30 minuter. Metoden förutsätter att sporkoncentrationen i luften kan uppskattas innan provtagningen så att lagom stor mängd sporer fastnar på mediet. Odlingsmediet transporteras sedan till laboratoriet för analys, se 5.4. Man bör alltid göra jämförande provtagning med uteluften som referens.

Vid sidan av den pumpade provtagningen, förekommer även s.k. *nedfallsplattor*, dvs. färdigpreparerade odlingsskålar som placeras ut i lokalen på ytor ovanför golvnivå. Under en given tid får mögelsporer fritt sedimentera ner i skålen.

3.4.2.

Provtagning av luftburna mikroorganismer

Fördelar	+ Både impaktionsprovtagare och nedfallsplattor är fältnässiga och enkla provtagningsmetoder.
Nackdelar	– Det finns stor risk för att odlingsbara mikroorganismer inte tränger ut från en inkapslad fukt- och mögelskada i byggnadskonstruktionen och därför inte kan mätas. – Själva odlingsproceduren innehåller många felkällor, se 5.4 – Missar alla döda/inaktiva mikroorganismer och fragment. – Osäkra resultat vid nedfallsplattor eftersom antalet mikroorganismer som sedimenterar är lågt och starkt beroende av lokala luftströmlar – ger ingen uppskattning av luftkoncentrationen. Risk finns också att tyngre sporer och hyffragment blir överrepresenterade. – Metoderna är endast indikerande och kan inte säkert påvisa mikrobiell påväxt i konstruktionen och kan inte heller ensamma användas för att fälla eller friskriva en byggnad för mikrobiella skador.

luftburna mikroorganismer på filter – CAMNEA-metoden

Luftburna mikroorganismer samlas på Nuclepore-filter genom pumpad provtagning. På laboratoriet tvättas mikroorganismerna ur filtret, färgas och studeras i epifluorescensmikroskop (se 5.3) och totalhalter (halter av levande/aktiva plus döda/inaktiva organismer) av både mögelsporer och bakterier kan beräknas [11]. Även svepelektronmikroskop (SEM) kan användas för att räkna mikroorganismer. En del av tvättvätskan sprids på odlingsmedier så att mögel och bakterier kan odlas fram (se 5.4).

CAMNEA-metoden används med gott resultat bl.a. vid mätning av de extrema mängder mögel som lantbrukare kan utsättas för vid hantering av möjligt hö [11]. Mätningar av höga halter i industriell miljö finns belagda i flera internationella referenser. När det gäller inomhusmiljö och de betydligt lägre nivåer som finns i bostäder, skolor och kontor är metoden inte internationellt spridd och det finns få referenser utanför Sverige. Den kvalitativa bestämningen av odlingsbara organismer är jämförbar med andra odlingsmetoder (se 5.4).

Fördelar	+ Metoden mäter både levande/aktiva och döda/inaktiva mikroorganismer + Provet kan tas under flera timmar så att en ögonblicksbild undviks
----------	---

Nackdelar	– Det finns risk för att mikrobiella partiklar inte tränger ut från en inkapslad fukt- och mögelskada i byggnadskonstruktionen och därför inte kan mätas med denna metod. – Beträffande nackdelar med odling, se 5.4 – Uppmätt antal mikroorganismer är beroende av halterna i uppvirvlat damm, dvs. av aktiviteter och luft rörelser i lokalen. – Metoden är endast indikerande och kan inte säkert påvisa mikrobiell påväxt i konstruktionen och kan inte heller ensam användas för att fälla eller friskriva en byggnad för mikrobiella skador.
------------------	---

3.4.3. Sempore-metoden

Luftprovtagning sker på ett filter, en s.k. ”mätstubbe”. Luft pumpas genom filtret och små partiklar ner till 0,5µm (fibrer, damm mm.) samlas på filtret och studeras i svepelektronmikroskop (SEM). Metoden passar bäst för att kvalitativt bedöma generell partikelförekomst i luften och är ingen mikrobiologisk luftprovtagningsmetod eftersom varken mikrobiella släkten eller -koncentrationer kan bestämmas.

3.4.4. Provtagning av sedimenterat damm för DNA-analys

Dammet samlas vanligen in från horisontella ytor med ”tops”. På laboratoriet beräknas mängden mögel-DNA i förhållande till den topsade ytan. Provet analyseras med realtids-PCR (PCR = Polymerase Chain Reaction) där mängden DNA kan bestämmas. Man måste i förväg ha bestämt sig för vilka DNA-sekvenser man letar efter. Det är möjligt att analysera efter specifika mögel-släkten eller efter vissa DNA-sekvenser som är gemensamma för grupper av mögel.

Genom att de sedimenterade partiklarna har samlats under en längre tid påverkas mätningen mindre av tillfälliga variationer i partikelförekomst. Men det finns en risk för att dammet sedimenterar ojämnt i ett rum. Det är därför bäst att ta prov från ett bestämt ställe i alla rum, t.ex. dörrposten. Man måste även vara säker på dammets ålder. Nyligen avtorkade ytor har självfallet inte hunnit samla på sig så mycket damm. Ett sätt att få kontroll över åldern är att ställa ut petriskålar under någon månad.

Fördelar	+ Mycket känslig och relativt snabb analys
Nackdelar	– Kan bara påvisa DNA från de mikroorganismer som man söker efter. – Starkt beroende av omgivningsfaktorer, brukarvanor etc. – Resultatet relaterar endast till provtagningssytan och påverkas därför av städrutiner. – Metoden är endast indikerande och kan inte säkert påvisa mikrobiell påväxt i konstruktionen och kan inte heller ensam användas för att fälla eller friskriva en byggnad för mikrobiella skador.

3.4.5. Provtagning av mikrobiellt producerade organiska gaser (MVOC)

MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds) är gasformiga ämnen som avges av mikroorganismer. Över 200 MVOC-ämnen har identifierats [12]. Metoden innebär luftprovtagning på adsorbent följt av GC-MS-analys (gaskromatografi-masspektrometri). Vilka MVOC som tas med i analysen varierar mellan olika laboratorier. Tolkningen försvåras av att de ämnen som mäts även kan ha andra källor som inte härrör från mikrobiell aktivitet. Vid provtagning måste man därför vara medveten om att det kan finnas andra källor i huset som kan alstra MVOC, t.ex. krukväxter, bakning, kompost eller uttorkade vattenlås. En annan risk är att

MVOC-provet underskattar risken för mikrober i byggnadskonstruktionen eftersom MVOC-halterna avtar vid gamla skador.

Fördelar	+ Indikerar vissa gasformiga, mikrobiella ämnen som kan ha lättare att tränga ut från byggnadskonstruktionen än mögelsporer.
Nackdelar	– Kvantitativ metod och därför beroende av att luftomsättningen är känd. – Det finns även andra källor till MVOC än mikroorganismer, bl.a. vissa byggnadsmaterial. – Gamla skador kan vara svåra att påvisa. – Det saknas enhetlig standard för vad som menas med MVOC. – Metoden är endast indikerande och kan inte säkert påvisa mikrobiell påväxt i konstruktionen och kan inte heller ensam användas för att fälla eller friskriva en byggnad för mikrobiella skador.

3.4.6. Hundsök efter mikrobiell lukt

Doftbilden vid mikrobiella skador är mycket komplex och omfattar ofta många olika mikrobarter, som var och en kan avge olika luktämnen, beroende på aktuell växtplats och rådande förhållanden. En korrekt tränad hund kan tillsammans med en duktig förare markera platsen för den eller de lukter den tränats att markera, oavsett om detta är luktkällan eller om lukten transporterats dit från mikroorganismernas växtplats. För ett ekipage med otillräcklig kompetens kan hundförarens beteende eller hundens förväntning på belöning påverka om hunden markerar doft eller inte.

Hundföraren bör ha goda kunskaper såväl i grundläggande byggnadsteknik, ventilation och riskkonstruktioner avseende fukt, som om hur hundars luktsinne fungerar och hur de selekterar olika lukter och utifrån detta planera hur hunden ska användas i fastigheten. Resultatet av sökandet bör redovisas i en lättförståelig rapport som redogör för såväl var hunden markerat lukt och behov av fortsatta utredningar. Rapporten bör förklara hur ekipaget arbetar, vilka dofter hunden är tränad på samt hur kvalitetssäkring utförs. Vidare bör hundföraren inför sökandet informera kunden om att ett hundsök aldrig ensamt kan utgöra underlag för bedömning av renoveringsbehov och att de konstruktioner som hunden markerar bör utredas vidare. Hundföraren bör inte själv ta ställning till reparationsbehov och val av byggnadstekniska lösningar. Förutsatt att skadeutredaren får korrekt information från hundföraren kan resultatet från ett kompetent utfört hundsök användas som hjälp vid fortsatt byggnadsteknisk utredning.

Fördelar	+ Relativt snabb metod att utan förstörande ingrepp och förutfattade meningar söka av stora ytor.
Nackdelar	– Hunden kan endast förväntas markera de dofter den tränats på. Det är därför extremt viktigt att den som ska utvärdera resultatet har klart för sig hur och på vilka dofter hunden är tränad. – Det saknas en allmänt accepterad kvalitetssäkringsmodell för hur man säkerställer att hunden faktiskt markerar just de doftmolekyler hundföraren avsett med träningen – Rådande förhållande, såsom väder, vindriktning, lokala temperatur- och tryckförhållanden tillsammans med otätheter i byggnaden påverkar luftförelser och därmed hur dofter transporteras från källan. – Hundens prestation kan störas exempelvis av den egna och/eller förarens

- | | |
|--|---|
| | dagsform, eller av störande lukter och ljud.
– Metoden är endast indikerande och kan inte säkert påvisa mikrobiell påväxt i konstruktionen och kan inte heller ensam användas för att fälla eller friskriva en byggnad för mikrobiella skador. |
|--|---|

4. Provtagning av mikrobiellt skadat byggnadsmaterial

För att bedöma en misstänkt påväxt av mögel eller bakterier är det säkrast att skicka ett prov till ett laboratorium för bedömning. Vid rättstvister eller om det är viktigt att verkligen dokumentera skadan, kan det vara på sin plats med en mikrobiologisk analys även i självklara fall. Eftersom påväxten kan vara svår att upptäcka med ögon och näsa kan den mikrobiologiska analysen även användas för att reda ut hur omfattande skadan är. Om det inte finns dokumentationskrav och det är tydligt hur mycket material som är fukt- och mögelskadat, behövs ingen laboratorieanalys. Man kan då koncentrera sig på att identifiera orsaken till fukt- och mögelskadan för att sedan åtgärda och byta ut skadat material.

För att välja var prov ska tas måste man utnyttja alla kända uppgifter om byggnaden och byggnadskonstruktionen, om inomhusmiljöproblemen och resultaten av tidigare utförda mätningar (följ t.ex. SWESIAQ-modellen). Den mikrobiella analysen bör ses som ett komplement till mätning av fuktförhållanden i byggnaden. Det är också viktigt att ta tillräckligt många prov för att få en korrekt överblick. Vid materialprovtagning bör laboratoriets instruktioner följas.

4.1. Uttag av provbitar ur byggnadskonstruktionen

Följ laboratoriets anvisningar om förpackning och transport. Allmänt gäller:

- Välj ut de platser där prov ska tas och markera på planritning var de är tagna.
- Mät – om det är möjligt – fuktigheten på provtagningsställena och dokumentera byggnadskonstruktionen (utifrån och in).
- Materialprov ska bestå av hela materialet, både ytan och minst ett par mm på djupet. Rekommenderad storlek på materialprov varierar mellan olika standarder. I Europa och Norden rekommenderas en kvadratisk yta med sidmåten 10 cm [9].
- Rengör provtagningsutrustningen mellan provtagningarna.
- Märk provet med datum, provtagningsplats och materialtyp.
- Fyll i laboratoriets provtagningsprotokoll.

Olika prov kan behöva hanteras på olika sätt:

- *Torra* prov kan förvaras i förslutningsbar plastpåse under en längre tid. Det kan ibland vara svårt att uppskatta om prover är torra eller fuktiga och om det inte är säkerställt att provet är torrt bör det hanteras som ett fuktigt prov.
- *Fuktiga* prov bör förvaras i papperspåse och levereras snabbt till laboratoriet (helst inom 24 timmar efter att provtagningen utförts). Detta för att den mikrobiella påväxten inte skall förändras över tid och därmed inte längre vara representativ för skadan på plats.
- *Luktande* prov bör paketeras i aluminiumfolie för att förhindra luktsmitta.

Grundregeln är att proven skickas in så snabbt som möjligt. Om möjligt bör även ett referensprov av oskadat material bifogas [9].

4.2. Tejpavtryck från material

Metoden innebär att man tar ett prov genom att trycka en genomskinlig, klar tejpbit mot den skadade materialytan och sedan fästa tejpens på en plastfilm. Tejpbiten analyseras på laboratoriet enligt 5.2. På dessa prov är de mikrobiella strukturerna oftast intakta vilket kan underlätta kvantifiering och göra det möjligt med en grov identifiering (på släktnivå) av förekommande

svampar. Metoden används i fält där materialprov inte är lämpligt, t.ex. på inventarier i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

4.3. Provtagning vid ny- och ombyggnation och efter akuta vattenskador

Som nämnts är det viktigt att kartlägga fuktutbredningen vid undersökningstillfället, dvs. var i byggnaden överskrider det kritiska fukttillståndet för de olika byggnadsmaterialen. Särskilt gäller detta under nybyggnation och efter nyligen uppkomna vattenskador. I dessa fall är det viktigt att ta hänsyn till att mikroorganismerna inte fått tid att växa till och att det kan finnas risk för att den mikrobiella påväxten uppkommer i ett senare läge. Följande faktorer är exempel på sådant som måste vägas in i helhetsbedömningen av om det föreligger risk för fuktrelaterade problem vid ny-/ombyggnation och efter vattenskador:

- Byggnadsmaterial kan fuktas upp av nederbörd och hög luftfuktighet eller genom att det monteras intill ett annat fuktigt byggmaterial.
- Byggfukt kan spridas i byggnaden genom luftströmlar, t.ex. kan fukt som avdunstar från betongplattan transporteras upp till vindstrymmet.
- En bedömning bör ske av hur lång tid det tar för uppfuktat material att torka ut, något som är beroende på var byggnadsmaterialet finns i konstruktionen.
- Sannolikheten bör bedömas för att byggnadsmaterialens kritiska fukttillstånd överskrider – nu eller i framtiden.

Byggprocessen är ofta tidspressad och därför kan det vara viktigt att snabbt kunna bedöma om det finns skador. Utöver fuktkvotmätning i trä och fuktindikerande mätningar i andra organiska material, så kan materialanalyser med snabb svarstid vara bra hjälpmedel. För- och nackdelar med de olika mätmetoderna beskrivs i avsnitt 5.

För att förebygga fuktrelaterade problem vid nybyggnation och ombyggnation har byggF tagits fram som är en branschstandard för fuktsäkert byggande [13]. Metoden beaktar fuktfrågor i både planeringen, projekteringen, produktionen och driften av byggnaden.

Sammanfattningsvis är det särskilt vid nybyggnation och efter akuta vattenskador mycket viktigt att kunna bedöma aktuell och framtida fuktutbredning i byggnadskonstruktionen och sedan jämföra denna med de olika byggnadsmaterialens kritiska fukttillstånd. Dessa bedömningar kan vara komplicerade och bör göras av en sakkunnig person.

5. Analysmetoder för materialprov

Mikrobiologiska prov sänds i allmänhet in till ett laboratorium som är specialiserat på inomhusmiljö och byggnadsmaterial. Laboratoriet kan ha flera analyser att välja mellan. I undantagsfall kan det vara lämpligt att välja en noggrann analys för artbestämning. Enklare metoder kan användas för att indikera utbredning av skadan.

Den information man får varierar beroende på val av analysmetod:

- Bestämning av den **totala mängden** levande/aktiva och döda/inaktiva mikrober.
- Total mängd **levande/aktivt** mögel och bakterier. Man bör dock vara medveten om att endast en bråkdel av allt mikrobiellt material i inomhusmiljö är levande/aktivt och därmed odlingsbart.
- **Andelen** levande/aktiva organismer i provet.
- En analys av vilka levande/aktiva och döda/inaktiva **släkter** som finns i provet berättar om den naturliga mikrofloran är rubbad, hur en skada utvecklats, vilka fuktnivåer som förekommit och kan ge en förklaring på lukter från materialet.
- Enklare tester (**enzymatiska metoder**) av om det förekommit levande, metaboliskt aktiva mikroorganismer/celler på materialet (utan artbestämning).

Ingen av analysmetoderna är optimal och alla har både för- och nackdelar. Innemiljöutredaren måste, eventuellt efter diskussion med laboratoriet, välja den analysmetod som är bäst lämpad i det aktuella fallet. Ofta räcker det med att undersöka om det förekommer mikrobiell påväxt eller inte. Vilka typer av mikroorganismer som förekommer kan då vara av underordnad betydelse. I Miljöbalken, Arbetsmiljölagen samt Plan- och bygglagen med följdförfattningar och råd, ställs inga mer detaljerade krav än att mikrobiell påväxt *i allmänhet* är oacceptabel. Mer information finns i Folkhälsomyndighetens allmänna råd om fukt och mikroorganismer [14], i Boverkets byggregler, avsnitt 6:5 om fukt [15] och i Arbetsmiljölagens föreskrifter [16].

5.1. Direktmikroskopering

Direktmikroskopering är en metod där den mikrobiella påväxten kvantifieras direkt från materialet. Först sker bedömning med stereolupp (10-100 gångers förstoring) och sedan preparering på objektglas och mikroskopering i *faskontrast* (som kan göra vissa strukturer tydligare) av en materialyta eller avskrap/hyvlning av material (upp till 400-1000 gångers förstoring).

Analysen ger kvantitativa resultat och konstaterar om och i vilken grad det växer på ett material. Vid den högsta förstöringsgraden syns även bakteriell påväxt. Det finns en publicerad metod för provtagning och frekvensbedömning av påväxten där bedömningsgrunderna redovisas [20] men den används inte av alla laboratorier. I slutänden blir resultatet en subjektiv bedömning och den som utför analysen bör vara en erfaren mikrobiolog och mikroskopist.

Alla arter kan inte bestämmas med direktmikroskopering. Undantagsvis, och beroende på påväxtens skick, kan enskilda familjer och släkten identifieras, eftersom vissa är mer karakteristiska än andra i sitt utseende (t.ex. släktena *Aspergillus*, *Penicillium*, *Chaetomium*, *Stachybotrys m.fl.*).

Fördelar	+ Kan konstatera en skada direkt på ett material. + Ger snabbt resultat och identifierar även gamla, uttorkade skador.
Nackdelar	– Begränsad artbestämning. – Bedömningen av påväxtgrad är mer eller mindre subjektiv.

5.2. Tejp-avtryck direkt från material

På laboratoriet prepareras tejp på ett objektglas och mikroskopering utförs i faskontrast vid 400-1000 ggr förstoring. Metoden är snabb och talar om huruvida ett material är skadat eller inte och rekommenderas av en rad instanser, bl.a. i ISO 16000-19 [7].

Fördelar	+ Enkel, fältmässig och icke-förstörande provtagning. + Skadan kan identifieras utan odling.
Nackdelar	– Begränsad bestämning av mögelsläkten. – Djupare skador av blånads-rötsvampar kan inte tejpas. – Porösa eller starkt förorenade ytor är inte lämpliga att tejpa.

5.3. Avtvättning, infärgning

Mikroberna svabbas/tvättas ur materialprovet med tvättvätska som sedan sugs genom ett poly-carbonatfilter. Filtret färgas in med ett fluorescerande ämne (t.ex. acridinorange) och studeras i mikroskop med UV-ljus. Bakterier och svampceller räknas var för sig och resultatet blir ett mått på totala antalet mikrober och mikrobfragment. Den avtvättade vätskan kan även användas för odling (se 5.4).

Fördelar	+ Kan användas för våta/porösa material (t.ex. isolering och sand). + Totalhalter (levande/aktiva plus döda/inaktiva) av både mögel och bakterier kan bestämmas.
Nackdelar	– Begränsad bestämning av mögelsläkten. – Tidskrävande metod. – Avtvättning och separation är kritiska moment och en del mikrobiella partiklar kan förloras.

5.4. Odling av levande mikroorganismer

Odling innebär att mikroorganismer förs över från ett material eller en vätska till ett *näringsmedium* för förökning. Det går att odla mikroorganismer från både luft- och materialprov. Näringsmediet inkuberas vid lämplig temperatur under 3-10 dagar beroende på mikrobtyp. Efter inkubationen identifieras mikrofloran genom att studera de växande kolonierna. Antalet kolonier (CFU, Colony Forming Units) kan också räknas och anges som luftkoncentration i CFU/m³ eller som ett kvalitativt mått på mängden påväxt på ett materialprov. Att odla i laboratorium är ett vanligt – men långt ifrån säkert – sätt att försöka bestämma vilka släkten som funnits på provtagningsplatsen.

Från fasta provbitar kan man skrapa av mikroorganismerna direkt till mediet för odling. Ibland är detta inte möjligt eller lämpligt, t.ex. med våta ytor eller porösa material (isolering, sand mm.). Då kan man istället tvätta provet med en tvättvätska. Tvättvätskan späds i en spädningsserie och sprids ut på lämpliga odlingsmedia för inkubering. Genom spädningsserien blir det även möjligt att kvantifiera mikroorganismerna.

För att kunna bedöma analysresultaten jämförs den uppmätta mikrofloran med vad som räknas som normal mikroflora. Vad som räknas som en avvikande och fuktindikerande flora varierar, framförallt beroende på klimat och årstid men även på inommiljöförhållandena (typ av byggnad, ventilation, energisystem och användning etc.). Det finns flera källor som beskriver normalflora respektive avvikande flora, t.ex. ISO 16000–19 [7] och Finska Social- och hälsovårdsministeriets ”Anvisning om boendehälsa” [17]. I tabell 1 finns en sammanställning av normalflora och avvikande flora.

Svampsläkten och -grupper som är allmänna i inomhusluft	Svampsläkten och -grupper som är allmänna i utomhusluft	Mikrobsläkten, -arter och -grupper som kan vara ett tecken på fuktskada
<i>Cladosporium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Stachybotrys</i> *
Basidomyceter	<i>Aspergillus</i>	<i>Trichoderma</i> *
<i>Penicillium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Aspergillus versicolor</i> *
<i>Aspergillus</i>	Jäst	<i>Aspergillus fumigatus</i> *
<i>Alternaria</i>	Sterilt mycel**	<i>Chaetomium</i> *
Jäst		<i>Phialophora</i> *
Sterilt mycel**		<i>Fusarium</i> *
		<i>Aktinomyceter, huvudsakligen Streptomyces</i> *
* Mikrober som eventuellt producerar toxiner		
** Svampar som inte går att identifiera på de näringsmedier som används		

Tabell 1. Normalflora och avvikande flora enligt Finska Social- och hälsovårdsministeriet [17].
 Blå färg: Särskilt fuktkrävande mikroorganismer, se ovan.

Odlingsmetoden har ett antal nackdelar som man måste vara medveten om. Själva provtagningsprocessen och analysförberedelserna kan förstöra eller torka ut mikroorganismer, vilket gör att vissa mikroorganismer i inomhusmiljö över huvud taget inte kan odlas upp. Vilka arter man finner i analysen är starkt beroende av de metoder som laboratoriet har valt. Oftast används exempelvis maltextraktagar med högt näringsvärde, vilket ursprungligen används inom livsmedelsindustrin för att odla fram snabbväxande mögel (t.ex. *Aspergillus* och *Penicillium*). På ett sådant odlingsmedium uppstår ofta överväxt så att långsamt växande arter, t.ex. *Stachybotrys*, blir underrepresenterade. Motsatsen gäller också. Arter som inte växer på provtagningsplatsen, utan som enbart finns representerade i provet i form av sporer, kan växa fram under odlingen. I allmänhet växer 1 - 4 % av den totala mängden mögel i ett prov.

Vid odling av mikroorganismer är det alltså ytterst viktigt att känna till mikrobernas ekologi och använda en bred uppsättning av olika medier. Odlingsresultatet är förutom val av medium också beroende av inkubationstid, temperatur och ljusförhållanden. Det finns inga gränsvärden för mikrober inomhus. Däremot tillämpar vissa laboratorier egna riktvärden.

Fördelar	+ Säkraste metoden för artbestämning.
Nackdelar	– Komplikationer med substrat, temperatur, konkurrens, tid, ljus, mm. Det krävs reglerad temperatur och många olika substrat för att kunna tillmötesgå mikrobarternas olika, specifika krav. – Alla typer av mikroorganismer går inte att odla. – Ger ingen komplett bild av vilka mikroorganismer som finns på skadestatsen. – Kan inte användas för gamla, uttorkade skador där mikroberna är döda/inaktiva. – Tidskrävande i utförande och väntan på resultat.

5.5. Provtagning/odling på tryckplattor

Man kan även ta prov av en materialyta genom att trycka ett odlingsmedium direkt mot en materialyta, inkubera och sedan jämföra den mikrobiella påväxten mot en avläsningsmall. Det finns flera typer av tryckplattor, t.ex. Hygicult®. Dessa är snabba, billiga och enkla att

använda men är egentligen ämnade för mikrobiologiska hygienkontroller av arbetsytor inom livsmedelsindustrin och är alltså inte anpassade för byggnadsmaterial.

Fördelar	+ Enkel metod för att kontrollera mikrober på en yta, t.ex. efter rengöring/sanering. + Ingen laboratorieanalys behövs.
Nackdelar	– Metod för hygienkontroll, inte anpassad för byggnadsmaterial. – Passar inte för porösa, ojämna eller smutsiga ytor. – Många mögelsläkten kan inte identifieras.

5.6. Mätning av ATP (bioluminiscens)

ATP-mätning är en metod hämtad från livsmedelsindustrin. Metoden bygger på en reaktion mellan enzymet luciferas och cellernas energibärare ATP (adenosintrifosfat). En tops gnuggas mot den yta som ska kontrolleras. Topsen trycks in i en provtub med reagensvätska. Finns det aktiva celler i provet börjar reagensvätskan genast avge ljus. Provtuben sätts in i ett mätinstrument – en lumitester – som mäter denna ljusstyrka.

Även andra levande celler än mikrober innehåller ATP och kan ge utslag vid mätningen. Fingeravtryck, insekter eller pollen kan ge något förhöjda utslag, däremot inte trä eller döda/inaktiva mikrober. Metoden kan användas för att snabbt kontrollera saneringsresultat och för att indikera var det kan vara lämpligt med en noggrannare mikrobiologisk analys. Den innehåller många felkällor som man måste vara medveten om.

Fördelar	+ Enkel, snabb och fältmässig metod för att detektera celler med ämnesom-sättning.
Nackdelar	- Inte anpassad för byggnadsmaterial eller fuktskador i byggnader. - Indikerar även annan än mikrobiell biomassa. - Indikerar inte döda/inaktiva mikrober. - Många felkällor – störs bl.a. av tensider/rengöringsmedel.

5.7. Mätning med Mycometer

Man svabbar av en bestämd yta med en speciell tops. Provets *fluorescens* (avgivning av ljus av en viss våglängd) avläses i en *fluorimeter*. Fluorescensen är ett mått på aktiviteten hos mögel-enzymet NAHA (alfa-N-acetylglukosaminidas) och blir därigenom ett mått på mögelpåväxt på ytan. NAHA återfinns också i andra mikroorganismer än mögel men däremot inte i bakterier eller rötsvamp. Mycometer-metoden ger varken tydlig kvantifiering eller bestämning av mikroorganismer.

Fördelar	+ Enkel fältmetod för mögelsvamp och saneringskontroll.
Nackdelar	– Detekterar mögelpåväxt men inte bakterier eller rötsvampar. – Reagerar även på pollen.

6. Goda råd vid mikrobiologiska undersökningar

Ta råd av laboratoriet men kontrollera att det är kvalitetssäkrat

Den som tar proven (innemiljöutredaren) bör vara tillräckligt kompetent och ha en klar utredningsstrategi. Frågor som man ska ställa sig är: Vilka frågor vill jag ha svar på med hjälp av en analys? Kommer analysen ge svar på mina frågor? Laboratoriet kan ge råd men det slutliga ansvaret ligger hos utredaren, bl.a. att provtagningsföreskrifterna följts.

Laboratoriet bör följa kvalitetssäkrade rutiner och ge specifika instruktioner för hur prov ska tas, hur det ska transporteras till laboratoriet och hur resultatet tolkas. Genom ackreditering kan säkerheten i en viss analysmetod förbättras. Ackreditering är emellertid inte på något sätt en garanti för att rätt sak mäts eller ens att analysen är hundra procentigt korrekt utförd. Laboratoriet bör ange lägsta detektionsgräns och osäkerheten i de värden som rapporteras. Följer laboratoriet internationell standard som ISO, EN, SIS eller DIN bör även anges en hänvisning till rätt nummer av standarden.

Ta provet vid rätt tidpunkt

Luftprov och prov av sedimenterat damm måste tas innan man gör några ingrepp i konstruktionen, detta för att undvika att sporer och damm sprids till inomhusmiljön. Uppföljande prov efter en renovering får inte tas innan damm och partiklar hunnit sedimentera och städats bort.

Ta flera prov från samma byggnadsdel

En kunnig inomhusmiljöutredare vet vilka platser i byggnadskonstruktionen som är mest fuktutsläppta och vilka material som är känsligast mot mikrobiell växt. Det kan ändå vara svårt att på utsidan av en vägg eller trossbotten se vilka delar som är mikrobiellt skadade och vilka delar som klarat sig. För att kunna ringa in skadan bör man öppna upp på många ställen för inspektion, fuktmätning och mikrobiell provtagning.

Var kritisk till det som dina ögon ser

Ett till synes rent prov kan ha påväxt som inte syns för blotta ögat. Isoleringsmaterial med höga bakteriehalter kan se ut som nytt. Om isoleringen är svart kan detta bero på mögelväxt men det kan också bero på otätheter där isoleringen filtrerat smutsig/sotig uteluft.

Värdera dina analysvar

Gå igenom dina analysvar och sätt ett trovärdighetsvärde på dem. Hur och varför tog du provet? Är resultatet logiskt med hänsyn till dina övriga iakttagelser och mätningar? Finns det risk för att laboratoriet och/eller du själv förväxlat prov med varandra?

Säg inte mer än du vet

Det är svårt att helt "friskförklara" en byggnad. Att lämna en rapport till beställaren med åtgärds- och kostnadsförslag för renovering medför ett stort ansvar för inomhusmiljöutredaren. Det finns alltid en risk att alla brister som kan påverka inomhusmiljön inte har upptäckts. Var noga med att beskriva begränsningarna i uppdraget och om det finns andra möjliga orsaker till inomhusmiljöproblemen som inte utretts.

Dubbelkolla med andra personer

Många felkällor går att förebygga. Men eftersom varje objekt (misstänkt mikrobiellt skadad byggnad) är unikt går det inte att standardisera en mikrobiell utredning. I sista hand är det inomhusmiljöutredarens kompetens som blir avgörande – för var och hur prover tas och hur analysresultatet sedan ska bedömas. Både laboratoriepersonal och inomhusmiljöutredare är människor och kan göra fel och felbedömningar. Risken för mänskliga misstag minskas om flera personer är involverade. Vid mikrobiologiska undersökningar är det viktigt att du som inomhusmiljöutredare har en provtagningsstrategi i dialog med laboratoriet. Du kan också jämföra din bedömning av ett objekt med en annan erfaren inomhusmiljöutredare.

7. Referenser

- [1] SWESIAQ, "SWESIAQ-modellen," 2012. [Online]. Available: <http://www.swesiaq.se/swesiaq-modellen.aspx>. [Använd 12 September 2013].
- [2] WHO, "WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mold," 2009. [Online]. Available: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf. [Använd 24. 3. 2014].
- [3] M. J. Mendell, A. D. Mirer, K. Cheung, M. Tong and J. Douwes, "Respiratory and Allergic Health Effects of Dampness, Mold, and Dampness-Related Agents: A Review of the Epidemiologic Evidence," *Environmental Health Perspectives*, vol. 119, no. 6, p. 748–756, 2011.
- [4] ISO/CD 16000-16, *Indoor air - Part 16: Detection and enumeration of moulds – Sampling by filtration*, 2008.
- [5] ISO/CD 16000-17, *Indoor air - Part 17: Detection and enumeration of moulds - Culture based method*, 2008.
- [6] ISO/CD 16000-18, *Indoor air - Part 18: Detection and enumeration of moulds - Sampling by impaction*, 2011.
- [7] ISO/CD 16000-19, *Indoor air - Part 19: Sampling strategy for moulds*, 2012.
- [8] ISO/CD 16000-20, *Indoor air - Part 20: Detection and enumeration of moulds - Sampling from house dust*, (under development).
- [9] ISO/CD 16000-21, *Indoor air - Part 21: Detection and enumeration of moulds - Sampling from materials*, (under development).
- [10] E. Wijnand, "139. Fungal spores," Arbetslivsinstitutet "Arbete och Hälsa Nr 2006:21", 2006. [Online]. Available: http://www.inchem.org/documents/kemi/kemi/ah2006_21.pdf. [Använd 30 April 2014].
- [11] U. Palmgren, G. Ström, G. Blomqvist och P. Malmberg, "Collection of airborne micro-organisms on Nuclepore filters, estimation and analysis - CAMNEA method," *J Appl Bacteriol*, vol. 61, nr 5, pp. 401-406, 1986.
- [12] A. Korpi, J. Järnberg och A.-L. Pasanen, "138. Microbial volatile organic compounds (MVOCs)," Arbetslivsinstitutet "Arbete och Hälsa Nr 2006:13", 2006. [Online]. Available: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/4367/1/ah2006_13.pdf. [Använd 30 April 2014].
- [13] FuktCentrum, "ByggaF -metoden," [Online]. Available: http://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg_och_hjaelpmedel/fuktsaekert_byggande/byggaf_metoden/. [Använd 30 April 2014].
- [14] Folkhälsomyndigheten, "Folkhälsomyndighetens allmänna råd om fukt och mikroorganismer," FoHMFS 2014:14, 2014. [Online]. Available: <http://www.folkhalsomyndigheten.se/documents/publicerat-material/foreskrifter/fohmfs-2014-14.pdf>. [Använd 30 April 2014].
- [15] Boverket, "Boverkets byggregler, BBR, avsnitt 6:5 Fukt," 2012. [Online]. Available: http://www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/Bygg-och-konstruktionsregler/BBR_19/Avsnitt/6-Hygien-halsa-och-miljo.pdf. [Använd 30 April 2014].
- [16] Arbetsmiljöverket, "Mikrobiologiska arbetsmiljörisker - smitta, toxinpåverkan, överkänslighet," AFS 2012:7, 2012. [Online]. Available: http://www.av.se/dokument/afs/afs2012_07.pdf. [Använd 30 April 2014].
- [17] Social- och hälsovårdsministeriet, "Anvisning om boendehälsa," Social- och hälsovårdsministeriets handböcker 2003:2, Helsingfors, Finland, 2003. [Online]. Available: <http://pre20090115.stm.fi/pr1069333746321/passthru.pdf>. [Använd 16 April 2014].
- [18] Ekstrand-Tobin, A. Hälsopåverkan av åtgärder i fuktiga byggnader Dissertation No 859. Linköpings Universitet 2003.
- [19] Miljöbalken 2 kap 3§. Available: http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Lagar/svenskforfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808/#K2 [Använd 30 April 2014].
- [20] Hallenberg, N. & Gilert, E, 1986, Mögelpåväxt på trä. (Statens Provningsanstalt) Arbetsrapport SP-ET 1986:1, Borås.

8. SWESIAQ-modellen



SWESIAQ:s metod för inomhusmiljöutredningar

Det är vanligt med olika typer av hälsobesvär vid vistelse i en viss byggnad. Det råder en allmän osäkerhet om orsakerna till dessa hälsobesvär, hur man ska finna vad som är fel i husen och hur bristerna bör åtgärdas. Osäkerheten har skapat en marknad för mindre kunniga eller oseriösa konsulter som erbjuder mer eller mindre meningslösa mätningar och undersökningar av problembyggnaderna.

Fastighetsägaren är ansvarig för inomhusmiljön i fastigheten och är den som oftast beställer en inomhusmiljöutredning. Fastighetsägarens kunskaper om inomhusmiljöproblem blir ofta avgörande för vilken typ av utredning som beställs. Det är alltså viktigt att fastighetsägaren är så väl insatt i problemen att han/hon väljer en kompetent inomhusmiljöutredare.

SWESIAQ-modellen är en metod att genomföra en systematisk utredning av byggnadsrelaterade orsaker till ohälsa i inomhusmiljön. Metoden är avsedd att kunna användas generellt för alla typer av byggnader.

SWESIAQ-modellen har tre syften:

- att visa fastighetsägaren – vilka krav som bör ställas på en inomhusmiljöutredare
- att ge råd till inomhusmiljöutredare om hur en inomhusmiljöutredning bör utföras
- att informera brukaren om orsaker till inomhusmiljöproblem och hur man kan finna dessa

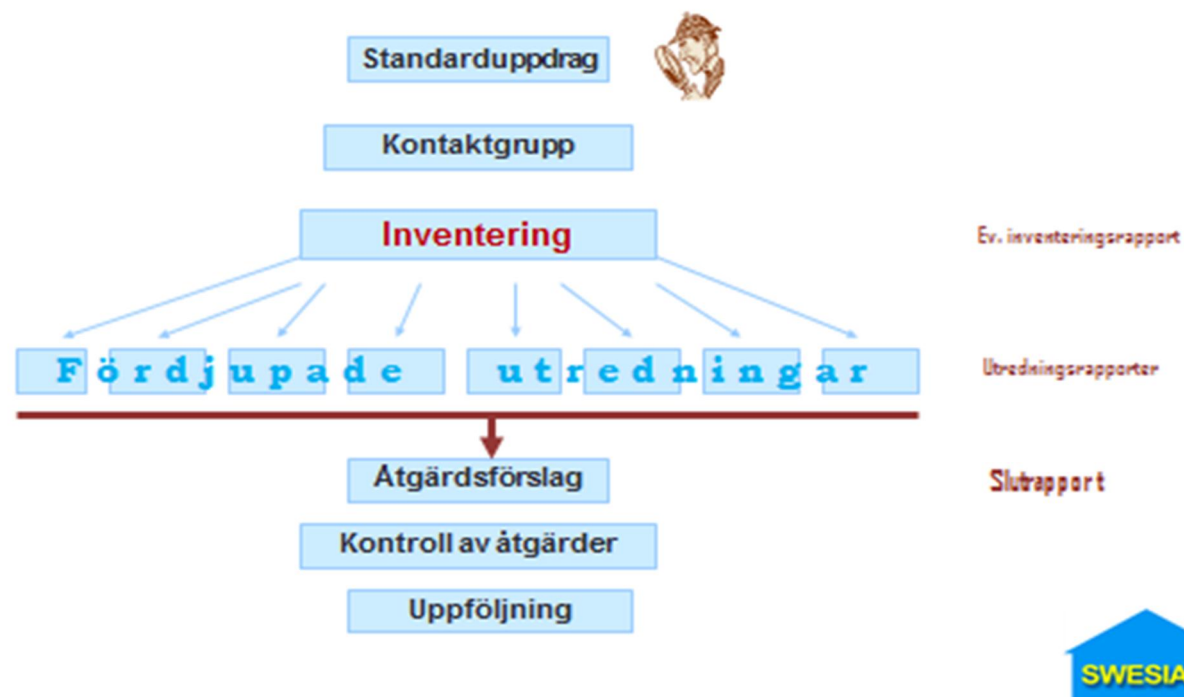
SWESIAQ-modellen kan sammanfattas i några viktiga punkter:

- En generell arbetsgång som följs oberoende av byggnadens storlek och komplexitet
- En inledande noggrann inventering av byggnad och brukarnas besvär.
- Prioritering och fördjupad utredning inom relevanta områden.
- Rapport enligt mall som garanterar att inget förbisetts och att utredningen uppfyller vissa minimikrav.

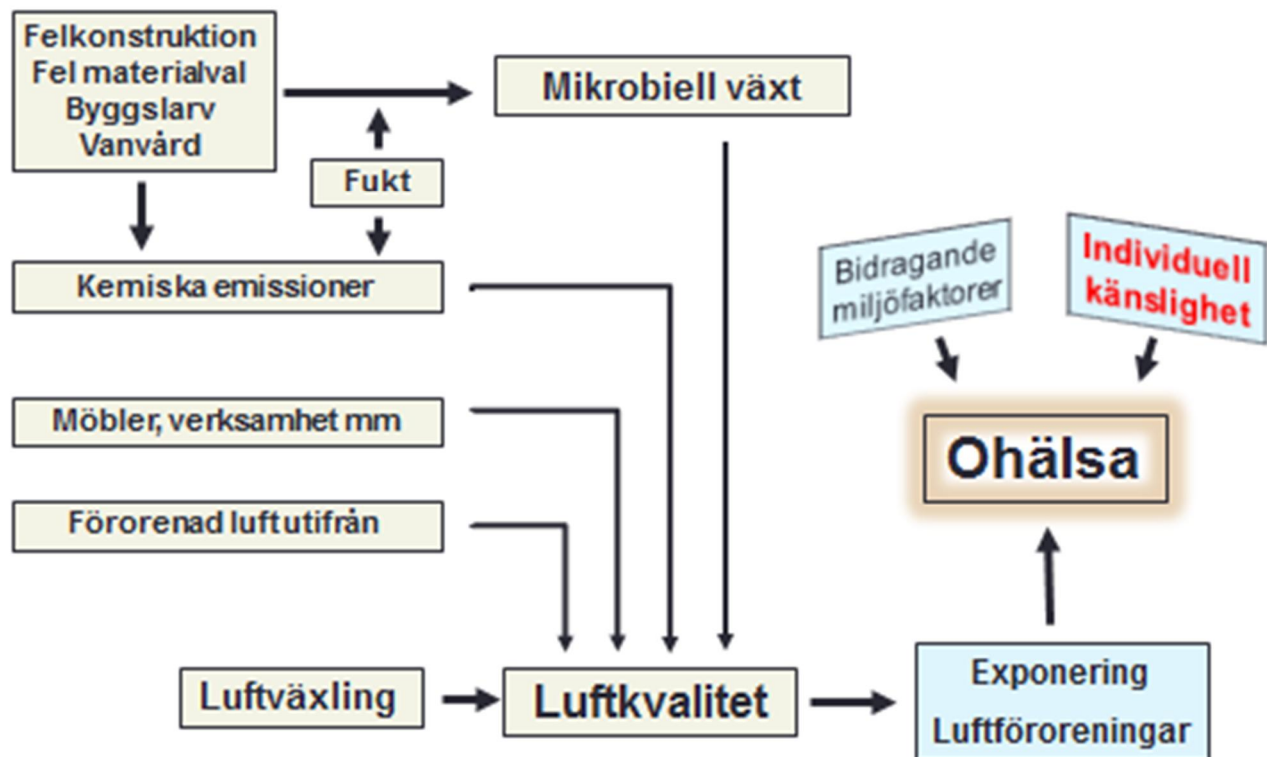
På nästa sida finns en schematisk bild av arbetsgången vid en inomhusmiljöutredning. Där finns också en översikt över de faktorer som kan ha betydelse för inomhusmiljöproblemen och som – åtminstone översiktligt – måste bedömas redan i början av utredningen, dvs. under det inventerande stadiet.

Ladda ner SWESIAQ-modellen från www.swesiaq.se !

Arbetsgång enligt SWESIAQ-modellen



Från byggnadsfel till ohälsa



9. Svenska mikrobiologiska laboratorier

De olika analysmetoder vi presenterat – mikroskopering, odling och molekylära metoder (DNA-analys) – kan saluföras under olika namn, t.ex. Skadekontroll, Sjukahusprovet, Vatten-skadeanalys, Innemiljöanalyser, ScreenAir osv. Som innemiljöutredare bör du kontrollera vilka analysmetoder som de olika namnen står för.

Enligt vad arbetsgruppen känner till finns det f.n. (november 2014) nio svenska laboratorier som utför mikrobiologiska analyser:

- ALS Life Sciences, <http://www.alsglobal.se/>, tfn 0920-28 99 00, 08-5277 5200
- anoZona, www.anozona.com, tfn 018-444 4341
- Botaniska Analysgruppen, www.botaniskanalys.se, tfn 31-786 2667
- Eurofins-Pegasus lab, <http://www.eurofins.se>, tfn 010-490 8250
- IVL - Svenska Miljöinstitutet, <http://www.ivl.se/>, tfn 08-598 56408
- PK Group, www.pkgroup.se, tfn 060-127240
- SP (Borås), <http://www.sp.se>, tfn 010-516 5778, 010-516 5145
- Tekomo, www.tekomo.se, tfn 040-421330
- WSP Jerbol, <http://www.wspgroup.com/sv/WSP-Sverige/>, tfn 010-7226411