LUND UNIVERSITY

Inomhusluft - egenskaper, påverkan på människor, metoder för förbättringar

Hammargren, Ulrika

2003

Link to publication

Citation for published version (APA):
Hammargren, U. (2003). *Inomhusluft - egenskaper, påverkan på människor, metoder för förbättringar*. [Licentiatavhandling, Avdelningen för Byggnadsmaterial]. Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
LUNDS UNIVERSITET

Avd Byggnadsmaterial

INOMHUSLUFT

Egenskaper, påverkan på människor, metoder för förbättringar

Ulrika Hammargren

Rapport TVBM-3105 Lund 2003

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
LUNDS UNIVERSITET

Avd Byggnadsmaterial

INOMHUSLUFT

Egenskaper, påverkan på människor, metoder för förbättringar

Ulrika Hammargren

Rapport TVBM-3105 Licentiatuppsats

ISRN: LUTVDG/TVBM--03/3105--SE (1-129)

ISSN: 0348-7911 TVBM

Lunds Tekniska Högskola
Byggnadsmaterial
Box 118

221 00 LUND

Tel: 046-2227415
Fax: 046-2224427
www.byggnadsmaterial.lth.se

FÖRORD

Detta arbete har utförts vid avdelning Byggnadsmaterial, LTH, i samarbete med Skanska Teknik AB. Projektet ingår i forskarskolan "Byggnaden och innemiljön" och har finansierats av Skanska Teknik AB, Skanska AB, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) och KK-stiftelsen vilka alla ska ha ett stort tack.

Jag vill framföra ett stort tack till alla kollegor och vänner vid avdelning Byggnadsmaterial och inom Skanska som har varit behjälpliga vid diskussioner och med stöd under arbetets gång. Jag vill särskilt tacka min handledare professor Göran Fagerlund och min bihandledare docent Lars Wadsö vid avdelning Byggnadsmaterial och min industrihandledare Helena Parker, Skanska Teknik AB.

SAMMANFATTNING

Målet med arbetet som presenteras i denna licentiatuppsats är att genomföra en analys av problemkomplexet inomhusluft och att med ledning av denna analys anvisa vägar att minska inneluftproblem i framtida byggande. Utifrån detta har tre delsyften formulerats för detta arbete:

- ✓ Analysera existerande inneluftproblem och i samband därmed beskriva vilka faktorer i inomhusluften som medför problem, vilka faktorer som troligen inte medför problem och vilka faktorer om vilka det råder osäkerhet om huruvida de medför problem eller ej.
- ✓ Kartlägga myndighetskrav och andra krav som har funnits och finns med avseende på inomhusluften.
- ✓ Utvärdera hjälpmedel som kan användas i samband med projektering och byggande för att tillförsäkra tillfredsställande inomhusluft.

Målgruppen för rapporten är alla som arbetar i byggprocessen. Av denna anledning har det varit viktigt att i denna rapport ta med helheten om inomhusluften. Såväl krav på inomhusluften, som viktiga problemskapande faktorer hos denna och olika lösningar som finns att tillgå idag diskuteras därför i rapporten.

En analys av vilka faktorer i inomhusluften som har negativ påverkan på människors välbefinnande och hälsa, och även vilka faktorer som kan anses ofarliga, beskrivs i kapitel 2 och 3. Analysen visar att de viktigaste faktorerna i inomhusluften som man vet påverkar upplevelsen av inomhusluften är temperatur och luftfuktighet. Andra påverkande faktorer med huvudsaklig källa inomhus är:

- ✓ Formaldehyd
- ✓ VOC
- ✓ Mikroorganismer
- ✓ Partiklar och fibrer
- ✓ Husdammskvalster

Samtliga dessa faktorer kan i olika utsträckning påverka hälsan hos brukarna av en byggnad. Normalt är emellertid halterna i inomhusluften av dessa ämnen så låga att det än så länge inte har kunnat visas att de påverkar hälsan. De gränsvärden som i dag anges för olika ämnen i luft är beroende av om de är satta utifrån ett hälsoperspektiv, utifrån ett försiktighetsperspektiv eller om de avser normalhalter.

Även utanför byggnaden finns det också olika faktorer som kan påverka hälsan om de förekommer i för höga halter. Oftast är dock halterna inte så höga att problem uppstår. De faktorer emanerande från utomhuskällor som oftare än andra skapar problem inomhus är olika typer av allergener och radon.

Aktiviteter i byggnaden påverkar naturligtvis också inomhusluften. Exempel på vad som tillförs till denna är miljötobaksrök, fukttillskott från olika fuktkällor och allergener från husdjur.

De som brukar byggnaden kan påverkas av luften på olika sätt och av olika anledningar. Påverkan kan vara av allergisk typ, men den kan också vara någon annan överkänslighetsreaktion.

För att människor skall må bra i en byggnad måste inomhusluften uppfylla vissa krav. I kapitel 4 beskrivs viktiga sådana krav. Krav ställs även på de byggnadsmaterial som skall användas. Oftast är dock sådana krav mycket allmänna. I de fall mer specifika krav ställs är dessa ofta relaterade till materialens fuktberoende egenskaper, t.ex. materialens kritiska fukttillstånd med avseende på olika nedbrytningsfenomen. I och med att man i ett flertal studier har påvisat att fuktiga byggnader är en av de viktigaste faktorerna som medför problem hos brukarna är denna fokusering på materialens fuktegenskaper riktig. Nuvarande krav är dock inte tillräckliga för att skapa byggnader utan fuktproblem.

En viktig kravställare är staten genom dess olika myndigheter. Något förenklat, ställer staten i dagsläget endast allmänna krav på att det skall vara bra inomhusluft utan att definiera vad som är bra. Enligt en studie som presenteras i kapitel 4 av olika författningar och regler som gällt under den senare hälften av 1900-talet har kraven varierat i detaljeringsgrad. Kraven på inomhusluften har aldrig varit specifika, men de krav som indirekt påverkar inomhusluften har periodvis varit mycket detaljerade. Kulmen på detaljreglering nåddes under 1970-talet. Därefter har kraven blivit allt mindre detaljreglerande och i stället uttryckts i icke-kvantifierade funktionskrav.

För att man skall kunna uppfylla de krav som ställs på inomhusluft och andra miljöfaktorer i samband med utformning och byggande av bostäder och kontor finns olika

metoder och hjälpmedel, vilka beskrivs i kapitel 5. Huvudsyftet med dessa metoder är oftast inte att kontrollera eller påverka inomhusluften i positiv riktning. Det är dock vanligt att detta är ett delsyfte. De metoder som utvärderats i denna studie är EcoEffect, P-märkning, Miljöstatus för byggnader, Designöverväganden enligt WHO, Fuktdimensionering, Stockholmsenkäten, Örebroenkäten, dansk och norsk inneklimatmärkning och Astma- och Allergiförbundets rekommenderade produkter. Av dessa metoder bedöms P-märkning av innemiljö, produktmärkning med Astma och allergiförbundets symbol samt dansk och norsk inneklimatmärkning kunna ge störst positiv påverkan på inneluften.

För att studera vilken påverkan kraven i byggprocessen har på byggnaden och framförallt på den inomhusluft som erhålls i byggnaderna har fallstudier genomförts. Dessa beskrivs i kapitel 6. Fallstudierna, som främst består av intervjuer riktade till ägare och förvaltare, avser fyra olika byggnader och byggnadsbestånd och har genomförts som en pilotstudie för att värdera användbarheten av sådana studier. De slutsatser som kan dras av denna begränsade fallstudie är bland annat att det inte i något av fallen har genomförts systematiskt arbete för att skapa bra inomhusluft i byggnaderna. Trots detta blir det bra inomhusluft i vissa byggnader. De genomförda fallstudierna har inte heller kunnat visa på några klara skillnader i byggteknik, materialval eller andra faktorer som skulle medföra bra eller dålig inomhusluft.

Trots att den begränsade fallstudien inte visade på klara samband finns det naturligtvis faktorer i samband med projektering och byggande som är av avgörande betydelse för inneluftkvaliteten i nya byggnader. De olika aktörer i byggprocessen vars åtgärder medför påverkan på inomhusluften är myndigheter, byggherre, konsulter/specialister, ventilationsutrustnings-leverantören, entreprenören, ägaren/förvaltaren. Olika aktörer påverkar byggnaden och dess inomhusluft på olika sätt. Gemensamt för samtliga aktörer är dock att de viktigaste faktorerna att ta hänsyn till är följande:

- ✓ Fuktfrågor
- ✓ Ventilation
- ✓ Emissioner, både primära och sekundära
- ✓ Kunskap om materials egenskaper.

Åtgärder som olika aktörer skulle kunna vidta för att säkerställa att nya byggnader får godtagbar inneluftkvalitet presenteras i kapitel 7.

SUMMARY

The aim of the study presented in this report is to analyse the problem complex of indoor air and, on the basis of this analysis, to indicate ways to reduce problems with indoor air in future buildings. On this basis, three subsidiary aims have been formulated for this study:

- ✓ To analyse existing problems with indoor air; what features of indoor air are certainly known to cause problems, and what factors in indoor air may possibly lead to problems?
- ✓ To chart the standards required by Swedish authorities and other standards in Sweden which exist and have existed regarding indoor air.
- ✓ To evaluate aids used in Sweden to obtain good or better indoor air.

The target group for this report is people working in the building process. For this reason, it has been important to take a holistic view of indoor air in this report, for example, requirements for indoor air, problems with various factors in indoor air, and the solutions and aids available today.

An analysis is conducted of the factors in the indoor air that have a negative effect on people's well-being and health, as well as the factors that can be considered harmless. The limit values normally used for different factors are analysed. These limit values differ depending on whether they have been set on the basis of health considerations, for reasons of caution, or if they are based on normal levels.

If people are to feel well in a building, the indoor air must fulfil certain demands. The report describes these demands. There are also standards concerning the building materials to be used. Mostly, however, these are highly general in character. In cases where there are more specific requirements, these are often related to the moisture properties of the materials. Since several studies have shown that damp buildings are one of the factors often leading to problems in the users, the focus on moisture properties is

right in principle. The current standards, however, are not sufficient to create buildings completely without problems of damp.

Standards are also set by the authorities. To simplify somewhat, Swedish authorities today require that there should be good indoor air, without defining what is meant by this. According to a study of various Swedish statutes and rules which applied during the second half of the twentieth century, the standards have varied in their degree of detail. The detailed regulation culminated in the 1970s. Since then there has been a gradual development towards more and more unquantified functional standards.

There are various methods to satisfy the requirements of indoor air and other environmental factors in buildings, and to be able to make certain decisions concerning the design of buildings and the choice of materials. The report describes these methods. Their main aim, however, is mostly not to control or affect indoor air in a positive direction, although it is normal that this is a partial goal. Depending on how these methods are designed, they can nevertheless be used to influence indoor air in a positive direction.

To study what effect the demands in the building process have on the building, and above all on the indoor air perceived in buildings, some case studies have been conducted. These were carried out in four different buildings and stocks of buildings in order to develop a method for interview studies. One of the conclusions that can be drawn from this limited case study is that in no case has systematic work been done to create good indoor air in the buildings. The case studies have not been able to show any clear differences in buildings systems or choice of materials which could lead to good or bad indoor air.

The various players in the building process who can influence the indoor air in a building are the authorities, the client, consultants/specialists, manufacturers of building materials, suppliers of ventilation equipment, contractors, owners/administrators. What they all have in common is that the most important factors for them to consider are the following:

- ✓ Moisture
- ✓ Ventilation
- ✓ Emissions from building materials, both primary and secondary
- ✓ Knowledge of materials

The report includes viewpoints about how these different players through different measures can influence indoor air in new buildings.

INNEHÅLL

1. Introduktion 1

1.1. Inomhusluften 1

1.2. Syfte 2

1.3. Avgränsningar 2

1.4. Metod 3

2. Inomhusluft 5

2.1. Introduktion 5

2.2. Temperatur och luftfuktighet 5

2.3. Föroreningar i inomhusluften, tillförda från byggnaden och inomhusaktiviteter 10

2.3.1. Introduktion 10

2.3.2. Formaldehyd, HCHO 11

2.3.3. Lättflyktiga organiska ämnen, VOC 12

2.3.4. Mikroorganismer 15

2.3.5. Partiklar och fibrer 17

2.3.6. Husdammskvalster 20

2.3.7. Koldioxid, CO_2 21

2.4. Föroreningar i inomhusluften, tillförda från utomhuskällor 22

2.4.1. Introduktion 22

2..4.2. Radon 22

2.4.3. Ozon, O_3 23

2.4.4. Svaveldioxid, SO_2 24

2.4.5. Kvävedioxid, NO_2 25
2.4.6. Bly, Pb 26
2.4.7. Kolmonoxid, CO 26
2.4.8. Allergener från utomhusluften 26
2.5. Summering och slutsatser 27
3. Människorna i byggnaden 29
3.1. Introduktion 29
3.2. Upplevelse av inomhusluften 29
3.3. Överkänslighet 31
3.3.1 Introduktion 31
3.3.2. Allergi 32
3.3.3. Annan överkänslighet 34
3.3.4. Astma 34
3.3.5. Överkänslighet mot elektriska och magnetiska fält 36
3.3.6. Begreppet sjuka hus-sjukan 37
3.4. Aktiviteter och brukande 38
3.4.1. Miljötobaksrök 38
3.4.2. Fukttillskott 39
3.4.2.1. Avdunstning från brukare *39*
3.4.2.2. Dusch *39*
3.4.2.3. Tvätt och disk *39*
3.4.2.4. Städning *40*
3.4.2.5. Växter inomhus *40*
3.4.3. Husdjur 40
3.4.4. Möbler och inredning 40
3.5. Summering och slutsatser 40
4. Krav på inomhusluften 43
4.1. Introduktion 43
4.2. Brukarnas krav 44
4.3. Krav uppkomna genom massmedias aktivitet 45

4.4. Regelverkets syn på inomhusluft 45

4.4.1 Introduktion 45

4.4.1.1. Regelverket till och med 1950 46

4.4.2. Regelverkets utveckling från 1947 till idag 48

4.4.2.1. Introduktion 48

4.4.2.2. SFS 1947:385 Byggnadslagen 48

4.4.2.3. Byggnadsstadgan 1947:390 48

4.4.2.4. Byggnadsstyrelsens anvisningar till 1947 års byggnadsstadga, BABS 1950 49

4.4.2.5. SFS 1959:612 Byggnadsstadgan 50

4.4.2.6. Byggnadsstyrelsens anvisningar till byggnadsstadgan, BABS 1960 50

4.4.2.7. Svensk Byggnorm 67 (SBN 67) 51

4.4.2.8. Svensk Byggnorm 1975 (SBN 1975) 53

4.4.2.9. Svensk Byggnorm 1980 (SBN 1980) 54

4.4.2.10. Plan- och Bygglag SFS 1987:10 (PBL) 55

4.4.2.11. Plan- och byggförordningen, SFS 1987:383 (PBF) 55

4.4.2.12. Nybyggnadsregler, BFS 1988:18 (NR) 55

4.4.2.13. Förordning (1991:1273) om funktionskontroll av ventilationssystem 56

4.4.2.14. Boverkets byggregler (BBR), BFS 1993:57 56

4.4.2.15. Lag om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk mm., (BVL), SFS 1994:847 57

4.4.2.16. Förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, mm., BVF, SFS 1994:1215 58

4.5. Framtida krav 58

4.6. Synpunkter på krav som idag finns med avseende på inomhusluft 60

5. Metoder för bedömning av byggnader och byggnadskomponenter med avseende på inomhusluft 63

5.1. Introduktion 63

5.2. Metoder för bedömning av hela byggnader 64

5.2.1. Introduktion 64

5.2.2. EcoEffect 64

5.2.3. P-märkning av innemiljö i befintliga flerbostadshus 66

5.2.4. Miljöstatusbedömning för byggnader 68
5.2.5. Designövervägande enligt WHO 71
5.2.6. Fuktdimensionering 73
5.3. Enkäter 76
5.3.1. Introduktion 76
5.3.2. Stockholmsenkäten 76
5.3.3. Örebroenkäten 78
5.4. Märkning av produkter 80
5.4.1. Introduktion 80
5.4.2. Dansk och norsk inneklimatmärkning 82
5.4.3. Astma- och Allergiförbundets rekommenderade produkter 84
5.5. Summering och slutsatser 85
6. Fallstudier av byggnader ur inomhusluftsynpunkt 87
6.1. Syfte 87
6.2. Val av byggnader och byggnadsbestånd 88
6.3. Beskrivning av de studerade byggnaderna 90
6.3.1. Introduktion 90
6.3.2. Byggnad A, problembyggnad 91
6.3.2.1. Informationskällor och typ av byggnad 91
6.3.2.2. Krav och utformning av byggnaden 91
6.3.2.3. Problem med byggnaden och hur det åtgärdats 91
6.3.2.4. Hyresgästernas möjlighet till anpassning och påverkan 92
6.3.2.5. Sammanfattning Byggnad A 92
6.3.3. Byggnad B, bra byggnad 92
6.3.3.1. Informationskällor och typ av byggnad 92
6.3.3.2. Krav och utformning av byggnaden 93
6.3.3.3. Eventuella problem med byggnaden och hur det åtgärdats 94
6.3.3.4. Hyresgästernas möjlighet till anpassning och påverkan 94
6.3.3.5. Sammanfattning Byggnad B 94
6.3.4. Byggnad C, nybyggnation av kontorshus 95
6.3.4.1. Informationskällor och typ av byggnad 95

6.3.4.2. Krav och utformning av byggnaden 95
6.3.4.3. Eventuella problem med byggnaden och hur det åtgärdats 96
6.3.4.4. Hyresgästernas möjlighet till anpassning och påverkan 96
6.3.4.5. Sammanfattning Byggnad C 97
6.3.5. Miljonprogrammet 97
6.3.5.1. Informationskällor och typ av byggnader 97
6.3.5.2. Krav och utformning av byggnader 98
6.3.5.3. Eventuella problem med byggnaderna och hur det åtgärdats 99
6.3.5.4. Hyresgästernas möjlighet till anpassning och påverkan 99
6.4. Utvärdering av fallstudierna 99
7. Olika aktörers möjlighet att påverka byggnaders inomhusluft 101
7.1. Introduktion 101
7.2. Myndigheternas roll 102
7.3. Byggherrens roll 105
7.4 "Egnahembyggherrens" roll 106
7.5. Konsultens/Specialistens roll 106
7.6. Byggmaterialtillverkarens roll 108
7.7. Ventilationsleverantörens roll 110
7.8. Entreprenörens roll 111
7.9. Ägaren/Förvaltarens roll 112
7.10. Brukarens roll 113
7.11. Sammanfattning 114
Referenser 123
Bilaga 1
Bilaga 2

1 INTRODUKTION

1.1. Inomhusluften

Vi vistas normalt den största delen av vår tid inomhus. Vanligtvis är arbetstiden ca 8 h för den vuxna befolkningen, varav de flesta arbetar inomhus, och man äter och sover ca 10 h. Även större delen av övrig tid spenderas ofta på inomhusaktiviteter. De flesta svenskar är inomhus mer än 90% av sin tid. Under dagarna och under vår livstid rör vi oss genom olika innemiljöer, där det i en och samma byggnad kan finnas flera olika mikromiljöer. I dessa olika miljöer varierar koncentrationen av föroreningar hela tiden. Miljöerna är olika på många sätt och även med fullständig kunskap om koncentrationerna av alla föroreningar i varje mikromiljö är det idag inte möjligt att förutsäga exakt hur en människa skulle reagera. Upptaget av föroreningar kan påverkas mycket av vilken ventilationsgrad det är, om luften kommer in genom näsan eller munnen, luftvägarnas storlek, tidigare sjukdomshistoria och även av arvsanlag (WHO 2000).

Det är av stort intresse att förstå hur inneluftföroreningar påverkar vår hälsa och för byggbranschen att veta hur man skall bygga för att i största möjliga utsträckning minska de negativa hälsoeffekterna. Genom att analysera vad inomhusluften innehåller, hur människor kan påverkas, vilka krav som ställs, vilka verktyg som finns och se hur dessa faktorer används kan en analys göras av hur inomhusluftfrågor i byggnader bör hanteras vid planering och byggnation. Denna uppsats är ett försök till analys av vad som kan göras för att skapa bra inomhusluft i byggnader.

På 1960-talet kom lagstiftning syftande till att reglera utsläpp från fabriker; den yttre miljön började uppmärksammas. På olika sätt började myndigheter och allmänhet ta ansvar för den yttre miljön. Ansvar behöver tas även för inomhusluften, både av brukare, fastighetsägare och myndigheter. Arbete i denna riktning har påbörjats men det är ännu i sin linda.

Inomhusluften och dess koppling till hälsoeffekter har efter hand studerats i större omfattning och fått mer uppmärksamhet, särskilt under 1990-talet och detta har fortsatt även under början av 2000-talet. Inom olika områden bedrivs idag mycket forskning om inomhusluft. Det finns än så länge många obesvarade frågor samtidigt som det också finns mycket kunskap om vad som är bra och vad som är mindre bra med avseende på inomhusluften. Denna kunskap används dock inte alltid då byggnader byggs, troligtvis på grund av att man inom olika delar av byggprocessen inte alltid är medveten om hur olika faktorer påverkar varandra. Detta medför att man riskerar att bygga byggnader som visar sig få dålig inomhusluft.

1.2. Syfte

Syftet med arbetet som presenteras i denna licentiatuppsats är att analysera problemkomplexet inomhusluft och att med ledning av denna analys anvisa vägar för att minska inneluftproblem i framtida byggande. Utifrån detta huvudsyfte har följande tre delsyften formulerats:

- √ Att analysera existerande inneluftproblem; vilka faktorer i inomhusluften som kan medföra problem
- √ Att kartlägga tidigare och nuvarande krav på inomhusluft.
- √ Att utvärdera hjälpmedel som kan användas för att man skall få bra inomhusluft.

Målgruppen för resultaten är alla som arbetar i byggprocessen. Av denna anledning är det viktigt att få med helheten, det vill säga krav på inomhusluften, olika problem i samband med inomhusluften och lösningar som finns att tillgå idag.

1.3. Avgränsningar

Denna studie handlar om inomhusluften i icke industriella byggnader under svenska förhållanden vad gäller temperatur, variationer i inomhus- och utomhusklimat, krav på ytmaterial, ventilation etc. Ventilation behandlas dock bara ur aspekten luftutbyte och dess effekter. Olika ventilationssystem och placering av ventilationsdon tas inte med i denna studie.

Det är inomhusluften vid nybyggnation som har varit inriktningen i denna uppsats, inte åtgärder för att skapa bra inomhusluft i befintliga byggnader.

Påverkan från yttre miljö som kan medföra extrema föroreningsgrader i inomhusluften studeras inte.

1.4. Metod

De olika metoder som använts är främst en litteraturstudie och intervjuer. Litteraturstudien omfattar artiklar och böcker som beskriver aktuell frågeställning och som tagits fram genom sökning i databaser.

Dessutom har lagstiftning och statliga författningar, som vid olika tidpunkter reglerat frågor som rör inneluft, studerats och analyserats.

Intervjuerna har genomförts främst som telefonintervjuer, men även intervjuer vid platsbesök i byggnaderna har gjorts. Som en förberedelse för intervjustudien, och för att strukturera denna, togs ett frågeformulär fram. I och med att studien utfördes som en kvalitativ studie ställdes dock inte alltid frågorna i samma ordning och inte heller ordagrant, utan det viktiga var att få svar på frågeställningen i relation till den aktuella byggnaden.

2 INOMHUSLUFT

2.1. Introduktion

Detta kapitel beskriver de olika komponenter som finns i inomhusluft. För de olika komponenterna beskrivs källor, eventuella problem, normala halter och eventuella föreslagna gränsvärden.

Innehållet i luften beskrivs i detta kapitel med utgångspunkt från en byggnad. De olika komponenterna har delats upp i vad som huvudsakligen tillförs från byggnaden och aktiviteter i denna och vad som huvudsakligen tillförs utifrån med hjälp av ventilationen. De komponenter som har tagits med är de som WHO anger som luftföroreningar inomhus samt ämnen som diskuterats mycket i debatten om inomhusluft (WHO 2000). Ämnen som tillförs på grund av aktiviteter i byggnaden diskuteras även översiktligt i kapitel 3.

Luft är huvudsakligen en blandning av olika gaser. Torr luft innehåller 78,1 vol-% kväve, 20,9 vol-% syre, 0,9 vol-% argon, 0,04 vol-% koldioxid samt små mängder av andra gaser. Luften är dock aldrig helt torr utan innehåller även vattenånga i varierande mängder, se kapitel 2.2.

2.2. Temperatur och luftfuktighet

Byggnader kan ha en mängd olika funktioner. En funktion som de flesta byggnader skall uppfylla är att hålla en tillfredsställande inomhustemperatur. Temperaturen är medtagen här då den påverkar upplevelsen av luften samt den påverkan den har på den relativ fuktighet det blir i byggnaden.

Beroende på vilken temperatur luften har kan den innehålla olika mängd vattenånga. Det maximala fuktinnehållet, mättnadsånghalten, är temperaturberoende och ökar med ökande temperatur. Förhållandet mellan relativ fuktighet och ånghalt kan ses i Ekvation (1).

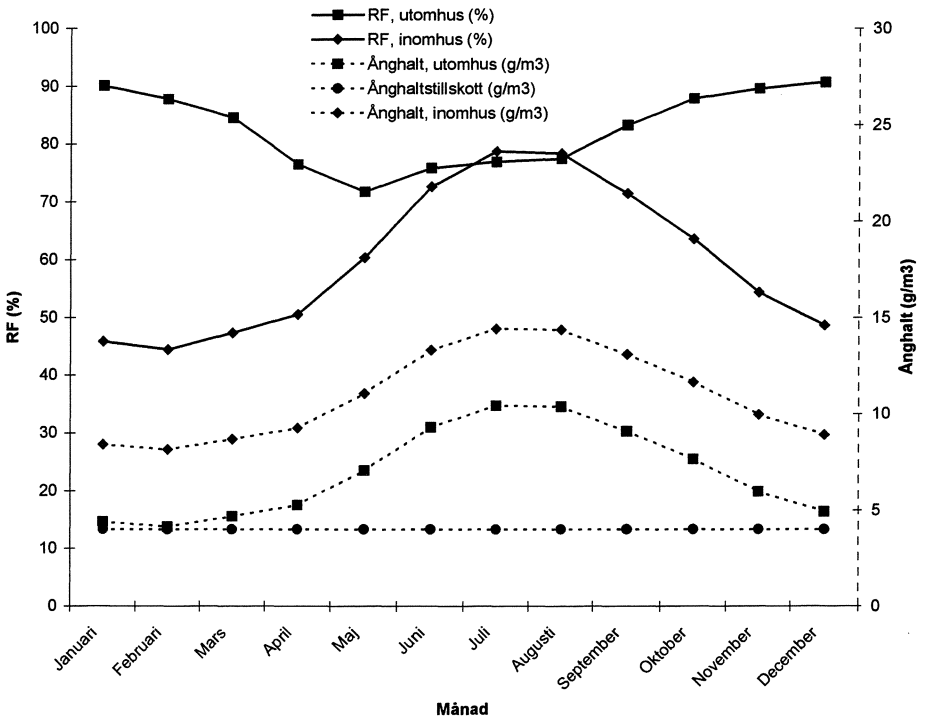
$$\phi = \frac{v}{v_s} \tag{1}$$

Där

ϕ = relativ fuktighet (RF)

v_s= mättnadsånghalt (kg/m^3)

v= aktuell ånghalt (kg/m^3)



Figur 1 Exempel på hur relativ fuktighet och ånghalt varierar inomhus och utomhus under ett år i Malmö. Klimatdata hämtade från (Harderup 1999).

En följd av detta blir naturligtvis att då utomhusluft värms upp sjunker den relativa fuktigheten i denna luft, vilket fallet är på vintern då luft tas in utifrån till innemiljön. På sommaren är inte temperaturskillnaderna mellan inomhusluften och utomhusluften stora vilket medför att den relative fuktigheten inomhus och utomhus inte skiljer sig åt i lika stor omfattning.

Som visas i Figur 1 är det mycket torrare inomhus under den kalla säsongen än vad det är inomhus under sommaren. Under sommaren är ånghalten mycket hög utomhus vilket medför att ånghalten blir hög även inomhus. Den viktigaste variabeln för ånghalten inomhus är alltså vilken ånghalt det är utomhus. Utomhus varierar som synes den relativa fuktigheten och temperaturen under året och dygnet. Eftersom vi människor är utvecklade för ett varierande utomhusklimat medför variationerna troligtvis inget problem. Dessa naturliga variationer gör dock att det troligtvis är svårt att ange något optimalt värde för inomhusluftens relativa fuktighet.

Förutom av utomhusluftens fuktighet påverkas inomhusluftens fuktighet även av den fukt som tillförs i byggnaden på grund av olika aktiviteter. Exempel på fukttillförande aktiviteter är matlagning, tvätt och dusch, förutom att varje person som vistas i byggnaden även avger fukt. Enligt Korsgaard (1998) kan man räkna med att varje brukare i ett hushåll producerar ca 3000 g fukt i bostaden per dygn. Fukt transporteras ut med hjälp av ventilationen och ett jämviktsläge uppstår. Den inre fuktnivåns jämviktsläge, utryckt i ånghalt, blir på grund av fuktproduktionen, högre än ånghalten hos uteluften. Om man antar att en bostad för fyra personer har en area på 100 m^2, 2,5 m i takhöjd (250 m^3) och en ventilation med 0,5 omsättningar per timme ger fuktproduktionen inomhus enligt ovan ett ånghaltstillskott på 4 g/m^3 vilket är detsamma som finns angivet i bland annat Boverket (1989). I Tolstoy (1993) finns redovisat undersökningar där fukttillskottet har mätts i en stor mängd byggnader. Man fann då att fukttillskottet för småhus varierade mellan 2 och 5 g/m^3 (medel 3,6 g/m^3). Fukttillskottet i flerbostadshus var något lägre, 1,5-4 g/m^3 (medel 2,9 g/m^3). Att vid beräkningar räkna med 4 g/m^3 är jämfört med detta något i överkant, men ger en viss säkerhetsmarginal.

Enligt en större undersökning genomförd i olika sorters byggnader har det visat sig även finnas tydliga skillnader enligt följande (Norlén 1993):

- √ Relativa fuktigheten är oftast högre i enfamiljshus än i hyreshus
- √ Relativa fuktigheten är högre i byggnader med självdrag än i byggnader med mekanisk ventilation.

Inom de intervall som det är vanligt att den relativa luftfuktigheten varierar i byggnader kan inte människor känna skillnad på olika nivåer, förutom vid mycket låga nivåer, se nedan. Det kan dock finnas andra faktorer i luften som medför att de upplever luften som torr trots att den inte är det. Dessa samband är dock inte helt klarlagda.

Indirekta problem som för hög relativa fuktighet kan medföra är till exempel att kvalsterkolonier har bättre förutsättningar att överleva, se kapitel 2.3.6. Kvalsterkolonier

överlever inte om den relativa fuktigheten är lägre än 45% under två månader. Under den kalla årstiden finns det även risk för kondens på fönster, och i extrema fall även på väggar, om luftfuktigheten är för hög i inomhusluften (Norlén 1993). Sådan kondens är inte direkt skadlig för människor men kan ge skador på byggnader, mögel etc., vilket i sin tur kan ge hälsoeffekter. Som framgår av Figur 1 är den relativa fuktigheten under vintern så låg som 45% under endast ett par månader. Figuren är dock enbart ett typdiagram, baserat på klimatdata från Malmö där ånghalten är högre utomhus under vintern än orter i Sverige som ligger längre norrut. Det är ändå tydligt att det är svårt att få ner den relativa fuktigheten tillräckligt under vintermånaderna för att till exempel undvika problem med kvalster.

Som motvikt till detta skall dock nämnas att vid låg luftfuktighet, vid relativa fuktighet runt 30%, kan den torra luften orsaka hals-, näs- och hudbesvär. Detta gäller särskilt för människor som har allergi eller annan överkänslighet. Vid för låg relativ fuktighet, eller då luften bara upplevs som torr, åtgärdas detta ibland med befuktning av luften. Detta kan dock vålla problem. Tillväxt av bland annat legionellabakterier, som kan ge legionärsjuka, kan ske i luftbefuktningsaggregat. Legionärsjuka är en sorts lunginflammation som tidigare medförde hög dödlighet särskilt hos äldre människor. Numera finns bättre behandlingsmetoder för legionärsjukan vilket gör att dödligheten har minskat betydligt i de fall man upptäcker sjukdomen i tid. Befuktning under vintern leder även till ökad risk för fuktproblem, till exempel kondens på fönster och på insidan av ytterväggar och även inuti dem.

Enligt Norlén (1993) gäller följande för självrapporterade besvär av torr luft:

- √ Kvinnor är mer besvärade av torr luft än män.
- √ Människor mellan 35 och 54 år och/eller de som har självrapporterad allergi är mer besvärade än andra.
- √ Det är vanligast med obehag i yngre byggnader.
- √ Små byggnader med färre än 10 vuxna boende har den lägsta andelen av besvärade människor. Högst andel besvärade är det i hyreshus med fler än 51 vuxna boende.
- √ Det är vanligare i norra Sverige än i mellersta och södra Sverige att uppleva obehag på grund av torr luft.

I många studier har förekomsten av hälsoproblem i samband med "fuktiga byggnader" undersökts. En systematisk genomgång av artiklar som skrivits om "fuktiga byggnader" och hälsoproblem visar på sådana samband (Bornehag et al. 2001). Vad som definieras

som "fuktiga byggnader" är dock mycket varierande. Exempel är byggnader med platt tak, med platta på mark, med kondens på fönster och med hög luftfuktighet.

De rekommendationer som finns för den relativa fuktigheten i byggnader, baseras på uppvärmningssäsongen. Det vanligaste kriteriet för den högsta nivån baseras på kvalsterkoloniers överlevnad. En högsta nivå som bland annat bekräftats av (Korsgaard 1998) är 45% relativ fuktighet. Den relativa fuktigheten kan i de norra delarna av Sverige bli så låg som 20% under vintern och så höga som 70% under sommaren (Norlén 1993). Socialstyrelsen anser att det är en sanitär olägenhet i en lägenhet om det finns mer än 7 g vatten per kg luft kontinuerligt under minst en månad under uppvärmningssäsongen, vilket är ca 45% relativ fuktighet vid 20 °C (Norlén 1993). På grund av de problem som kan uppstå med slemhinnorna bör inte den relativa fuktigheten understiga 30%.

Den upplevda luftkvaliteten beror till stor del på den relativa fuktigheten men även på temperaturen i inomhusluften (Fanger 2000). Enligt Fanger (2000) och Fang (1999) kan inverkan på upplevd luftkvalitet från dessa båda faktorer vägas samman i luftens entalpi (energiinnehåll) förutsatt att övriga faktorer i inomhusluften är desamma. Detta innebär teoretiskt att om luftfuktigheten sänks, utan några övriga förändringar, upplevs luften som bättre. Om luften upplevs som för kall och temperaturen skall höjas krävs av samma anledning att luftfuktigheten samtidigt sänks för att luftkvaliteten skall upplevas som lika bra. Kall och torr luft upplevs som frisk och ren när den kommer i kontakt med slemhinnorna som är varma och fuktiga. Ju större skillnad det är mellan temperatur och fuktighet i luften och på slemhinnan desto friskare upplevs luften (Fanger 2000).

Människors upplevelse av temperatur och det termiska klimatet beror både på inomhusluftens temperatur och på temperaturen på de omgivande ytorna. Aktiviteter, kläder, luftrörelser (drag) och temperaturdifferenser i rummet påverkar också upplevelsen. Värmeavgivningen genom andning är endast 10% av hela värmeavgivningen från kroppen (Fanger 2000). Detta innebär att inandad lufts temperatur endast har en liten inverkan på den temperatur som personen upplever. Detta kan dock jämföras med beskrivningen som gavs tidigare i detta kapitel angående inverkan av luftens energiinnehåll. Där angavs att desto större skillnad det är mellan den omgivande luftens temperatur och luftfuktighet och slemhinnorna, desto friskare upplevs luften. Upplevelsen av frisk luft och upplevelse av vilken temperatur det är i luften är dock av olika karaktär och resultatet behöver inte innebära någon motsättning. Olika personer har olika uppfattning om vilken temperatur som är den optimala. Av denna anledning är det viktigt att temperaturen kan ställas in separat för olika delar av en byggnad för att upplevelsen av luftkvaliteten skall bli optimal.

Enligt en stor undersökning som gjordes i början på 1990-talet, ELIB-undersökningen, (Norlén 1993) visade det sig att i 22% av enfamiljshusen och i 6% av hyreshusen var temperaturen lägre än 20 °C och i 33% av hyreshusen var temperaturen högre än 23 °C. Medeltemperaturen var 20,9 °C i enfamiljshus, och 22,2 °C i hyreshus. Temperaturen var alltså högre i hyreshus än i enfamiljshus. Detta beror troligtvis på att i enfamiljshusen syns en direkt koppling mellan temperaturnivå och kostnad. Medeltemperaturen verkar ha ökat med ca 0,5 °C från början av 1980-talet till början av 1990-talet (Norlén 1993).

På grund av människors olika upplevelse av temperatur ställs krav på den operativa temperaturen och inte bara den absoluta temperaturen. Enligt "Socialstyrelsen allmänna råd", 1988, skall den operativa temperaturen vara mellan 20 till 24 °C (Socialstyrelsen 1988). Den operativa temperaturen skall inte understiga 18 °C och skillnaden mellan olika punkter i olika riktningar skall inte vara större än 5 °C. Den operativa temperaturen anges som medelvärde av luftens temperatur och omgivande ytors strålningstemperatur. Den operativa temperaturen tar till viss del hänsyn till hur temperaturen upplevs, men inte fullt ut. Den absoluta temperaturen är den temperatur som mäts upp utan att ta hänsyn till strålning från omgivningen, och är därmed den som är enklast att mäta.

Sammanfattningsvis kan sägas att det måste vara möjligt att reglera temperaturen i olika delar av byggnaden. Med den byggteknik som används i dag är detta inte något problem så länge man bygger traditionellt. Erfarenhetsmässigt kan sägas att i de fall byggnaderna har ovanligt stora glasytor eller andra konstruktionsdelar som kan medföra kalla ytor och/eller kallras kan det dock bli problem. I kontorshus är det vanligt med stora glasväggar som ofta medför värmeproblem på sommaren.

2.3. Föroreningar i inomhusluften, tillförda från byggnaden och inomhusaktiviteter

2.3.1. Introduktion

Innehållet av olika ämnen i den luft som finns i en byggnad härrör från olika källor. Naturligtvis beror huvuddelen av luftens innehåll på den luft som finns utanför byggnaden, vilket presenteras i kapitel 2.4. De ämnen och komponenter som huvudsakligen har inomhuskällor beskrivs i detta delkapitel. De olika ämnena och komponenterna som beskrivs visas i Tabell 1.

Tabell 1 Ämnen och komponenter i inomhusluften vars källa huvudsakligen finns i byggnaden.

Ämne, komponent	Vanlig källa/beror på
Formaldehyd	Byggnadsmaterial, inredning
VOC	Byggnadsmaterial, kemikalier
Mikroorganismer	Tillväxt på grund av fukt
Partiklar och fibrer	Byggnadsmaterial
Husdammskvalster	Luftfuktighet och aktivitet
Koldioxid	Människor som andas i byggnaden

2.3.2. Formaldehyd, HCHO

De vanligaste källorna till formaldehyd inomhus är emissioner från spånskivor, plywood, ureaformaldehydskumisolering, mattor och möbler (Garrett 1999). Emissioner kan även förekomma från vissa limtyper, trägolv och syrahärdande lacker. Då problemen med formaldehydemissioner upptäcktes var det framförallt spånskivor som uppmärksammades som ett problem. På grund av den lagstiftning som finns i Sverige sedan 1989 (Kemikalieinspektionen 1989; Kemikalieinspektionen 1998) har exponeringen från skivmaterial minskat. Enligt föreskriften får inte emissioner från träbaserade skivor överstiga 0,13 mg/m^3 vid provning enligt SS 270236. Tidigare har det funnits allmänna råd från Socialstyrelsen i hälsoskyddslagen (Socialstyrelsen 1989) om vilka värden som skall understigas i lägenheter, men dessa gäller inte längre. Det värde som skulle understigas var 0,2 ppm, vilket motsvarar ca 260 µg/m^3. I de fall värdena överstegs beskrevs det som en sanitär olägenhet.

På grund av både lag- och konsumentkrav har industrin arbetat aktivt för att sänka formaldehydemissionerna från sina produkter. Detta har medfört att risken för förhöjda emissioner i byggnader är liten i de fall material av god kvalitet används.

Den huvudsakliga akuta effekten av formaldehyd är luktförnimmelse och irritation av ögon, näsa och hals. Obehag, rinnande ögon, nysningar, hostningar, illamående, andnöd har också observerats vid mycket höga halter, betydligt högre halter än vad som uppmätts i vanliga byggnader. Formaldehyd kan orsaka allergisk sensibilisering genom hudkontakt och är irriterande i de koncentrationer det i extremfall går att finna i byggnader med förhöjda halter. Formaldehyd är en av de få substanser i inomhusluften där sambandet mellan dos och respons är relativt välkänt. Lukttröskeln för formaldehyd ligger vid ca 1 µg/m^{3}och irritationströskeln vid 150 µg/m^3 (Jensen 1996). Den halt som angavs i de allmänna råden från Socialstyrelsen översteg alltså irritationströskeln. De riktlinjer som getts ut av WHO är ett maxvärde som inte skall överstiga 100 µg/m^3 under 30 minuter. Känsliga personer kan dock reagera vid så låga halter som 13 µg/m^3 (Kemikalieinspektionen 2000; WHO 2000; Norlén 1993). De låga halter som formaldehyd vanligtvis förekommer i byggnader idag är varken irriterande, eller farlig på något annat sätt.

Formaldehydhalten i utomhusluft är ca 6 µg/m^3 (Garrett 1999). Vid egna mätningar, genomförda 1998 av Ulrika Hammargren, i ca 30 kontorsbyggnader visade det sig att formaldehydhalten vanligen var i storleksordningen 10 µg/m^3. Enligt de undersökningar som (Norlén 1993) gjort visade det sig att det var vanligt att nivåerna i enfamiljshus var högre än i flerfamiljshus. I cirka 41% av enfamiljshusen och i 5% av flerfamiljshusen översteg halten 13 µg/m^3. Medelhalten i flerfamiljshus var 14 µg/m^3 och i flerfamiljshus var den bara 7 µg/m^3. Under 1970-talet och i början av 1980-talet uppmättes ofta mycket högre halter än man mäter idag. Oftast berodde detta på den tidens spånskivor innehöll mycket högre halter av fri emitterbar formaldehyd än de spånskivor som finns idag (Norlén 1993).

De gränsvärden som finns för inomhusluft är hygieniska gränsvärden som i arbetsmiljö är 600 $\mu g/m^3$ (Arbetarskyddsstyrelsen 2000). I bostäder bör det inte vara mer än 1/20 av detta värde, 30 $\mu g/m^3$. Som angivits tidigare i detta kapitel gäller för skivmaterial 13 mg/m^3, vilket är betydligt högre. Dessa siffror är dock inte direkt jämförbara på grund av att för skivmaterial är det egentligen avgivningen av formaldehyd från en yta som mäts och i rummet är det koncentrationer i rumsluften som mäts.

2.3.3. Lättflyktiga organiska ämnen, VOC

Man brukar dela upp organiska ämnen i inomhusluften efter vilken kokpunkt de har. Anledningen till denna uppdelning är inte påverkan på människan, utan analysmetodernas utformning. De olika grupperna är:

- √ VVOC (Very Volatile Organic Compounds, kokpunkt <0-100 °C),
- √ VOC (Volatile Organic Compounds kokpunkt 50-250 °C),
- √ SVOC (Semivolatile Organic Compound, kokpunkt 250-390 °C) och
- √ POM (Particle Organic Matter, kokpunkt över 390 °C) (Godish 1995).

Ibland talas det även om

- √ MVOC (microbial volatile organic compounds), vilket är de VOC som har mikrobiologiskt ursprung, se kapitel 2.3.4.

TVOC är en summering av alla VOC, oftast angivna som toluenekvivalent. Ibland kan VOC dock ha räknats om till någon annan ekvivalent på grund av förutsättningarna i det aktuella laboratoriet. Bland annat på grund av att olika sorters ekvivalenter används kan det vara svårt att jämföra TVOC-värden från olika mätningar. Det är vanligast att man mäter såväl VOC som TVOC i byggnader.

Det finns många källor till VOC. Man brukar dela upp VOC-emissioner i primära och sekundära emissioner. Primära emissioner är de ämnen som redan finns i materialen och som avgasas. De sekundära emissionerna är sådana VOC som bildas vid reaktioner i material eller som har adsorberats på de materials ytor som finns i byggnaden och sedan avges. VOC-adsorption kan innebära att VOC-halten i ett rum först sänks (adsorption) för att sedan öka (desorption) (Bramming Jörgensen 2000; Doyun Won 2001).

Variationer av den relativa fuktigheten verkar inte påverka adsorptionen av VOC generellt sett. Vid vissa kombinationer av material och specifika VOC kan dock den relativa

fuktigheten påverka adsorptionen. För gipsskivor, både målade och utan någon ytbeläggning, har det visat sig att den relativa fuktigheten i luften påverkar upptaget av vissa ämnen. Den stora osäkerhet som finns vid mätningar av VOC i inomhusluften i byggnader gör att variationer förorsakade av den relativa fuktigheten inte kunnat visas spela så stor roll (Doyun Won 2001).

Det är troligt att de primära emissionernas avgivning påverkas av temperatur och relativ fuktighet. De sekundära emissionerna är ofta förorsakade av fukt, som katalyserar materialens nedbrytning. Nedbrytningshastigheten ökar även med ökad temperatur (WHO 2000).

Den debatt som funnits om eventuella problem med VOC från material, se till exempel Andersson (1997), har lett till att de primära ytemissionerna generellt sett har blivit lägre för produkter på den svenska marknaden. De materialgrupper där de primära emissionerna har varit problem är främst plastmattor, färger och limmer. För de flesta produkter inom dessa produktgrupper har emissionsnivåerna blivit lägre efter hand.

De VOC-källor som fortfarande finns är bland annat trä som emitterar en del olika VOC. Detta är dock svårt att påverka (Molhave 2000). Andra vanliga källor är de olika kemikalier som används i en byggnad för bland annat städning. Kemikalierna har enligt van Winkle (2001) visat sig ha en stor inverkan på vilka VOC som kan påvisas i en bostad. Framförallt i de hushåll där doftblock eller liknade används var detta samband starkt. Även husdamm sägs vara en reservoar för ett stort antal VOC och SVOC, ca 80 stycken olika (Korpi 1997).

Hälsoeffekter som rapporterats för VOC är allt ifrån sensorisk irritation till olika toxiska effekter. De koncentrationer där identifierade hälsoeffekter förekommer för dessa ämnen är dock mycket högre än de koncentrationer som brukar uppmätas i inomhusluft (WHO 2000). Man har hittills inte kunnat visa något entydigt samband mellan ohälsa och höga TVOC- eller VOC-värden i byggnader (Andersson 1997). Förhöjda värden kan dock tyda på att någon form av nedbrytning sker och därmed kan man misstänka att det finns problem i byggnaden. Det är till exempel vanligt att använda 2-etylhexanol som indikator för nedbrytning av lim under mattor (Sjöberg 1998).

ELIB-undersökningen gav ett medelvärde för TVOC på 470 $\mu g/m^3$ i enfamiljshus och 310 $\mu g/m^3$ i flerfamiljshus. Man fann även att byggnader byggda 1975 och tidigare hade något högre TVOC-värde (Norlén 1993). Trots att det inte finns några bevisade samband mellan VOC och ohälsa har olika försök gjorts för att utforma inomhusluftgränsvärden för VOC. Ett av de mer intressanta har utformats av Seifert (1990). I detta system har gränsvärden satts för olika kemiska grupper enligt Tabell 2. Inget enskilt ämne får överstiga 50 % av den totala koncentrationen i respektive klass, eller 10% av det totala värdet. Nivåerna beräknas enligt följande:

De identifierade ämnena förs till följande grupper: alkaner, aromater, terpener, halogenkolväten, estrar, karbonylföreningar (förutom formaldehyd) och "andra".

- √ I varje grupp rankas föroreningarna i förhållande till mätt koncentration.
- √ Koncentrationen för de tio första av varje grupp summeras.

Med denna rekommendation får totalvärdet inomhus inte överstiga 300 $\mu g/m^3$. För varje grupp gäller att koncentrationer enligt Tabell 2 inte skall överskridas.

Tabell 2 Gränsvärden enligt Seifert (1990) för TVOC/VOC

Grupp	Maximal koncentration ($\mu g/m^3$)
Alkaner	100
Aromater	50
Terpener	30
Halogenkolväten	30
Estrar	20
Karbonylföreningar	20
Andra	50

Enligt de svenska regleringar som finns för VOC får varje enskilt VOC inte överstiga 1/20 av det gränsvärde som gäller för inkommande luft (Arbetarskyddsstyrelsen 1993). WHO föreslog 1989 ett gränsvärde på 600 $\mu g/m^3$ för TVOC (Norlén 1993).

Som man kan se av ovanstående varierar rekommendationerna och de är dessutom ibland lägre än de värden som är vanligt att det är i byggnader idag. Eftersom de nivåer där hälsoeffekter har kunnat påvisas av exponering för olika VOC är betydligt högre än de nivåer som vanligtvis finns i byggnader är det inte troligt att det är höga TVOC-halter som skapar problem med luften inomhus. Ett flertal studier har genomförts där en av hypoteserna varit att kunna påvisa sjuka-hussymptom med hjälp av TVOC eller några specificerade VOC.
I NordVOC (Andersson 1997) presenteras en sammanställning av en stor mängd artiklar som tar upp denna frågeställning. Slutsatsen är att det än så länge inte går att finna något samband mellan hälsoproblem och förhöjda TVOC- eller VOC-halter. Förhöjda nivåer av TVOC eller enskilda VOC är dock troligtvis en indikation på att det är något problem med byggnaden, vilket i vissa fall kan medföra hälsoproblem.

2.3.4. Mikroorganismer

Mikroorganismer är organismer som är osynliga för blotta ögat. Till dessa räknas bland annat bakterier, encelliga alger, jästsvampar, mikroskopiskt små svampar och protozoer. Luftburna partiklar med biologiskt ursprung kallas för bioaerosoler. De bioaerosoler som främst är aktuella i byggnader är bakterier, svampsporer, pollen, alger och hudflagor (Nevalainen 1989).

De vanligaste källorna till de mikroorganismer som finns i byggnader är:

- √ Utomhusluften
- √ Byggnaden
- √ Brukarna av byggnaden

Det finns en mängd olika typer av svampar. De som är av störst intresse i samband med inomhusluftfrågor är mögelsvamparna. Att mögelsvampar diskuteras mycket i inomhusluftsammanhang beror på att de kan producera mykotoxiner, ämnen som kan vara giftiga för människor. Dessa svampar växer ytligt på trä, papper och andra material. Vanliga mögelsvampar i byggnader är olika *Aspergillus*- och *Penicillum*-arter. *Stachybotrys chartarum* är en relativt vanlig mögelart framförallt i fuktiga byggnader. Denna art, som producerar mykotoxiner som är mycket immunnedbrytande, växer främst på gipsskivor och plywood (Gravesen 1994). Den har varit mycket debatterad i USA och upplevs ibland av allmänheten som mycket farlig.

Mögel kan orsaka allergisk astma, allergisk näshinneinflammation hos barn och ungdomar och återkommande anfall av andnöd (se även kapitel 3) (WHO 2000). Olika mögelarter kan troligtvis orsaka olika former av besvär, men kunskapen om detta är i dagsläget bristfällig.

I byggnader kan även actinomyceter (ibland kallade strålsvampar) finnas. Dessa har likheter med både svampar och bakterier. Tillväxten sker med hyfer som påminner om svampar men de brukar räknas till bakterierna på grund av den ringa storleken, cellbyggnaden, förökningssättet mm. En vanlig släkt av actinomyceter i byggnader är *Streptomyces*.

Luftburna bakterier och virus kan orsaka problem genom att orsaka infektioner. I kontorsbyggnader kan det vara ett problem att människor arbetar nära varandra. Ventilationen kan i viss mån utföras så att man förebygger dessa problem, men det är inte vanligt.

Microbial volatile organic compounds (MVOC) är olika VOC (lättflyktiga organiska ämnen, se kapitel 2.3.3) som avges vid mikroorganismers metabolism. Vilka MVOC som produceras och i vilka mängder beror på både vilken sorts svamp det är och vilket

underlag den växer på (Korpi 1997). Vissa av de MVOC som produceras medför dålig lukt. Till exempel producerar *Streptomyces* ämnen som är starkt jordluktande (Sunesson 1997). Produktion av 2-etyl-1-hexanol är en annan karakteristisk MVOC som kommer från äldre *Aspergillus versicolor* kulturer under förutsättning att det finns viss brist på näring. I en studie som Pasanen (1997) gjort visade det sig att 2-etyl-1-hexanol är den enda MVOC som ökar efter hand då *A. versicolor* växer på husdamm. Detta ämne som ofta används som indikator på att något är fel med en golvkonstruktion (Sjöberg 1998) kan således också visa på att det finns svamptillväxt i byggnaden. Ökningen som Pasanen (1997) har kunnat påvisa är dock liten och mätningen har gjorts i laboratorium vilket medför att det är svårt att veta i vilken utsträckning de uppmätta halterna kan jämföras med de nivåer som det är vanligt att man finner i byggnader.

Mögelsvampar har små krav på näring och kan växa även vid så låga relativa fuktigheter som 75% (Korpi 1997). Det är vanligt att de olika svamparna koloniserar i en bestämd ordning. Detta medför att det vid provtagning går att mycket grovt urskilja om det är ny kolonisering eller en något äldre. Vanliga primära kolonisatörer är *Penicillum* och *Aspergillus* som verkar kunna föröka sig snabbt även på ytor med lite näring, till exempel dammigt stål (Korpi 1997). *Aspergillus* kan ses som en indikatormikroorganism för fukt och hälsoproblem i byggnader. Den är dels den primära kolonisatören på fuktiga ytor och dessutom är det vanligt med klagomål om mögellukt och slemhinneirritationer i samband med denna svamp (Pasanen 1997).

Husdamm innehåller en mycket högre andel organisk material än damm uppsamlat utomhus och är därför ett bra substrat för mikroorganismer. I två finska studier fann man 82% organiskt material i dammpartiklar i inomhusluften (Korpi 1997) respektive 18% (Pasanen 1992) i utomhusluften. Vanligtvis avspeglar sig de mängder och sorter som finns i partiklar i luften också i vad som finns i dammet i huset (Korpi 1997).

Osäkerhet om när olika sorters mikroorganismer kan växa är stor, men det finns vissa tumregler som kan användas. Alla mikroorganismer kräver fukt, men olika arter kräver olika mängder. En vanlig myt är att om den relativa fuktigheten understiger 70% i inomhusluften kan inte mögel växa i en byggnad. De flesta mögelangrepp återfinns dock på kalla ytor, i badrum samt inne i konstruktioner, platser där den relativa fuktigheten på grund av lägre temperatur kan vara betydligt högre än medelvärdet i inomhusluften.

Det intervall för den relativa fuktigheten då mögel kan växa är främst mellan 65-99%. Tillväxten beror även i stor utsträckning på temperaturen (Gravesen 1994). Bakterier kräver oftast betydligt högre fuktnivåer än mögel. När det finns problem med bakterier i en byggnad återfinns de oftast i vattenreservoarer, till exempel i luftfuktare.

Det finns många sätt att mäta mikroorganismer i inomhusluften. Det som mäts är vanligen mängden koloniformande enheter i ett luftprov (cfu = coloni forming units). Detta är dock en tveksam metod ur inomhusluftsynpunkt eftersom de flesta sporer, bakterier och liknande i inomhusluften är döda och alltså inte upptäcks vid en odling. Trots detta kan de döda sporerna och bakterierna bära på mykotoxiner och andra ohälsosamma ämnen (Saraf 1999). Samband mellan hälsobesvär och denna typ av mätvärden är inte heller entydiga. Vissa undersökningar har visat samband mellan uppmätta faktorer som indikerar förhöjd halt mikroorganismer och hälsoproblem vilket bland annat har undersökts av (Garrett

1998; Ross 2000). Det finns dock inga säkra gränser eller helt bekräftade samband, vilket gör att osäkerheten är stor. Det har också visats att det oftast inte är någon signifikant skillnad mellan hur mycket bioaerosoler (mikroorganismer som svävar i luften) det finns i byggnader med mögelproblem och hur mycket det finns i byggnader utan mögelproblem. På grund av detta kan man inte använda luftprover på sporer för att ta reda på om en byggnad är skadad eller inte.

En alternativ metod för att upptäcka kraftig tillväxt av mikroorganismer är att ta prov på och analysera MVOC. Flertalet MVOC är tillräckligt små för att diffundera genom flera typer av byggmaterial och är representerade inomhus även om tillväxten sker inne i väggarna eller golven. VOC som vanligtvis produceras av mikroorganismer kan användas som indikatorer på mikrobiologisk tillväxt om de finns i tillräckligt höga koncentrationer och är karakteristiska för tillväxten (Philips 1999). Att använda detta sätt att mäta i fält är dock troligtvis mycket svårt på grund av de låga halterna av olika MVOC och på grund av att VOC från andra källor kan inverka på mätningen. Ett annat sätt att komma fram till om det förekommer tillväxt inne i en konstruktion är att ta ut materialprov och studera det i mikroskop.

Sammanfattningsvis kan man säga att man vet en hel del om hur olika svampar växer och till viss del vilka kriterier som gäller för att de skall växa optimalt. Det finns betydligt mindre kunskap om exakt vilka problem de medför och även hur man skall mäta i en byggnad för att veta om det finns mögeltillväxt som medför problem med inomhusluften i byggnaden.

2.3.5. Partiklar och fibrer

Partiklar och fibrer finns i inomhusluften, både som fritt svävande och även i sedimenterat damm som vid rörelser i närheten kan virvla upp och bli luftburet kortare tid. Partiklarna kan bestå av hudflagor, sand, förbränningsprodukter, pollen, svampsporer, bakterier men kan också vara resultatet av kemiska reaktioner av gaser som skapar partiklar (Korpi 1997).

Partiklar kan vara sfäriska (till exempel dimma, sprayer), kantiga (till exempel de som genereras vid stenbrytning och förädling av metaller) eller avlånga (fibrer till exempel asbest, mineralull) (WHO 2000; Niboer 1999). Storleken på partiklar kan mätas på olika sätt. Det vanligaste är att man mäter den aerodynamiska diametern d_{ae}. Den aerodynamiska diametern är diametern av en sfärisk partikel med homogen densitet som har samma fallhastighet i luft som den aktuella partikeln. Den grova partikelfraktionen är den som har en aerodynamisk diameter som överstiger 10 μm, brukar förenklat skrivas PM_{10}, mellanfraktionen som är mellan 10 μm och 2,5 μm, brukar förenklat skrivas $PM_{2,5-10}$. De partiklar som är mindre än 2,5 μm brukar förenklat skrivas $PM_{2,5}$. Förutom genom storleken går det även att karakterisera partiklar på andra sätt, bland annat antal och vikt. Det är dock inte klarlagt vilka samband som finns mellan olika mätresultat och upplevelsen av inomhusluften. Det är oftast många andra faktorer som påverkar det resultat som framkommer vid dessa mätningar, till exempel fuktighet, temperatur och ventilationsgrad (Samuelson et al. 1999).

Var partiklarna initialt deponeras i luftvägarna beror på partikelstorlek. De grova partiklarna deponeras i de övre luftvägarna och de finare transporteras ner till de nedre luftvägarna. Uppdelningen kan göras lite mer exakt genom följande uppdelning (Niboer 1999; WHO 2000).

1. Den inandningsbara fraktionen, $d_{ae} \leq 100$ µm, är fraktionen av de totala luftburna partiklar som kommer in i kroppen genom näsan och/eller munnen vid andning. Den är relevant för hälsoaspekter i alla delar av de övre andningsvägarna, som till exempel rinnande näsa och näscancer.
2. Bröstfraktionen, ca 50% av d_{ae} = 10 µm och ca 1% av d_{ae} = 28 µm, är den fraktion som penetrerar ner till lungorna och påverkar astma, bronkit och lungcancer.
3. Den andningsbara fraktionen, ca 50% av d_{ae} = 4µm och ca 1% av d_{ae} = 10 µm, utgör den del som penetrerar till alveola regionerna i lungorna och är väsentlig för utvecklingen av vissa kroniska sjukdomar.

Även vilken form en partikel har påverkar hur den beter sig i luften och hur den påverkar kroppen efter att den deponerats i luftvägarna (WHO 2000; Niboer 1999). För fibrer, det vill säga långa partiklar, är det viktigt att definiera både längd och diameter, då detta kan påverka hur långt ner de kommer i andningsvägarna (Nevalainen 1989). Andningsbara fibrer är partiklar med en längd på minst 5 µm, en diameter av maximalt 3 µm och ett längd-breddförhållande på minst 5-1. Den kritiska dimensionen för att en konstgjord mineralisk fiber skall vara cancerogen är att längden skall vara > 5 µm och diametern skall vara < 3 µm, längd-bredd förhållande > 3-1 (Thriene 1996). Asbestfibrer, som är korta, kommer långt ner i lungorna och kan dessutom inte transporteras upp igen. Hälsoeffekter beror även på de adsorberade ämnen som finns på partikeln. I byggnader från 1950-1970talen där man använt PCB i till exempel fogmassor kan PCB adsorberas på partiklar och därmed bli inandningsbart.

Grova partiklar består oftast av jord och mineraliska askor som mekaniskt har spridit sig till luften. Det biologiska material (bioaerosoler) som finns i luften är ofta i den grova fraktionen (Niboer 1999). En del partiklar lägger sig på golvet som husdamm. Dessa partiklar är en komplex blandning av olika storlek 0,001-1 mm i diameter, och inkluderar fibrer, hudflagor, hår, färgflagor, sand, förbränningsprodukter, döda insekter, alger, pollen, svampsporer och bakterier mm (Korpi 1997).

När torra partiklar kommer in i våra fuktiga andningsvägar växer de genom att vatten kondenserar på deras yta, hygroskopisk tillväxt. Detta medför att de deponeras högre upp i andningsvägarna (WHO 2000). Detta är en viktig aspekt då det medför att partiklarna kan ändra storlek efter hand som de andas in i luftvägarna.

En del källor anger att $PM_{2.5}$ är en bättre förklarande variabel för hälsoeffekter än PM_{10}. Den kunskap som finns idag medför inte att man kan säga någon nivå där man är säker på att det inte finns några effekter (WHO 2000). Enligt ett förslag som Environmental

Protection Agency (2001) i USA håller på att bearbeta är det PM_{10}-fraktionen, $PM_{10-2,5}$-fraktionen och $PM_{2,5}$-fraktionen som är de intressanta fraktionerna att studera. Enligt detta förslag är det storlek, kemisk sammansättning, källa, utseende och hur människor utsätts för partiklarna som är de viktiga faktorerna för vilka eventuell hälsoeffekt som kan uppstå.

De problem som kan uppstå av olika partiklar är bland annat att asbest och vissa andra mineralfibrer kan öka frekvensen av lungcancer (WHO 2000). Mineralull som är ett av de vanligaste värmeisoleringsmaterialen i Sverige är numera klassat som icke cancerframkallande. Keramisk fiber är ett av de material som efterträdde asbesten i de användningsområden där hög värmebeständighet krävs. IARC klassificerar keramiska fibrer som möjligt cancerogena för människor (Grupp 2B). IARC är "The International Agency for Research on Cancer" och är en del av Världshälsoorganisationen, WHO.

Mängden partiklar inomhus beror huvudsakligen på mängden partiklar utomhus. Städfrekvens och aktiviteter i byggnaden påverkar också till viss del. Vid intaget av utomhusluft finns oftast filter som renar luften i de fall mekanisk ventilation är installerad i byggnaden. Det finns filter med olika finhet för att skilja ut partiklar med olika storlek. Filtren byts oftast då tryckfallet över dem blir för stort. Bytet sker alltså normalt inte med avseende på luftkvalitet, utan med avseende på energiåtgången för ventilationsaggregatet.

Förekomst av glasfibrer har mätts i några få studier och det har visat sig finnas i medeltal 340 (max 2400) fibrer/m^3 i omgivande luft och 570 (max 5600) fibrer /m^3 i inomhusluft (WHO 2000). Mängden partiklar varierar dock mycket, men förhållandet mellan olika storlekar är mer konstant. Niboer (1999) visar att $PM_{2,5}$ är runt 45-65% av koncentrationen av PM_{10}. Vid mätning som utförts i en byggnad där man haft problem med mineralull i inomhusluften och sedan tätat för att minska mängden visade det sig att ingen mineralull kunde detekteras i inomhusluften efter åtgärd. Detta visar på att det går att bygga så att partiklar från isoleringen inte kommer in i byggnaden. I de fall mineralullspartiklar kommer in i inomhusluften har oftast ett byggfel begåtts.

I Tabell 3 anges de krav som finns för fibrer i arbetsmiljö. I utomhusluft skall halterna av PM_{10} (efter 2004) understiga 50 µg/m^3 under ett dygn. Det finns inga andra krav med avseende på fibrer för inomhusluft. Det finns inte heller några krav med avseende på andra partiklar som är relevanta för inomhusluft. Det finns inga WHO-rekommendationer angående partiklar eftersom det anses att det inte finns tillräcklig kunskap om partiklars hälsoeffekter.

Tabell 3 Maximalt tillåtna koncentration av fibrer i arbetsmiljö (Arbetarskyddsstyrelsen 2000)

	Naturliga kristaller förutom asbest	Syntetiska och organiska
I byggnad där fibrer tillverkas	0,5 fibrer/ml	1 fiber /ml
I övrig arbetsmiljöluft	0,025 fiber/ml	0,05 fiber/ml

2.3.6. Husdammskvalster

Husdammskvalster (*Dermatophagoides* spp) utgör 70% av de kvalster som finns i bostäder. De återfinns oftast i utrymmen som används mycket och där det därför finns mycket hudflagor, husdamskvalstrens huvudsakliga föda (Arlian 1998). De problem som husdammskvalster kan orsaka är allergisk astma, allergisk slemhinneinflammation hos barn och ungdomar och återkommande anfall av andningsproblem (WHO 2000). Det har visat sig i ett flertal studier att sambandet mellan kvalsterallergen och astma är starkt (Gross 2000).

En person producerar 0,5-1,0 g hudflagor per dag. Flera tusen kvalster kan leva i flera månader på 0,25 g hudflagor. Det har visat sig att mängden hudflagor inte är den begränsande faktorn för tillväxt av kvalster. Detta visade sig i en parallell studie mellan bostäder med psoriasispatienter och bostäder med personer utan psoriasis (Korsgaard 1998).

I en dansk undersökning var medelkoncentrationen 61 kvalster per 5 g damm i en bostad (Korsgaard 1998). Det har också visats att madrasser innehåller koncentrationer av husdammskvalster som är 100-tals gånger högre än golvdamm i samma bostad. Observationer visar också att koncentrationen i damm under sängen är högre än i golvdamm 1 m ifrån sängen eller i damm från vardagsrummet i samma bostad. Damm från golv med mattor har högre koncentration av kvalster än damm från golv utan mattor. Detta beror troligtvis på att det bildas skyddande mikromiljöer i mattan och därmed finns bättre levnadsförutsättningar för kvalstren där (Korsgaard 1998). En dammsugning för bort 35% av det totala antalet kvalster i en matta, för ett hårt golv är denna siffra 80% (Korsgaard 1998).

Husdammskvalster sprids från byggnad till byggnad genom förorening av kläder. I vissa studier har det visats att populationer av kvalster på under 100 st per g damm inte kan överleva i bostäder. Dessa låga halter representerar troligtvis bakgrundshalter som beror på att besökare eller de boende vid besök hos andra har fört med sig kvalstren på kläder (Korsgaard 1998).

För att kvalster skall förekomma i större, och därmed problematiska, mängder krävs det förutom näring att lufttemperatur och luftfuktighet har gynnsam nivå. Temperaturen i bostäder är normalt mellan 17-23 °C, vilket ligger inom det område som husdammskvalster föredrar (Norlén 1993; Korsgaard 1998). De studier som har genomförts visar därför oftast inga samband mellan temperatur och kvalstermängd i bostäder.

Olika studier visar på lite olika samband, men det finns inga direkta motsägelser. Det finns ett flertal studier som visar på att den relativa fuktigheten påverkar förekomsten av kvalster. Enligt Korsgaard (1998) kommer en bostad att ha lågt antal kvalster under hela året om den absoluta fuktigheten hålls under 7 g/kg (ca 45% relativ fuktighet vid 20-23 °C) under den torrare kalla säsongen, oavsett hur fuktigt det är under sommarhalvåret. Vid denna låga fuktighet kan kvalster inte föröka sig. Detta kan jämföras med laboratoriestudier av kvalster som visar att de inte överlever vid en relativ fuktighet som understiger 55% under mer än sex veckor (Arlian 1998). Inomhusluftens fuktighetsnivå

verkar därför vara den avgörande faktorn för tillväxt av kvalster (Korsgaard 1998; Gross 2000). Andra undersökningar har visat på att ventilationen är viktig för kvalsterförekomsten. Ökningen av husdammskvalster sker exponentiell med minskande ventilation (Hirsch 2000). Andra studier bekräftar principen för dessa samband, se till exempel (Emenius 1998; Hart 1998; Korsgaard 1998). Vid ökad ventilation vintertid minskar den relativa fuktigheten se kapitel 2.2, vilket visar på att de olika studierna bekräftar varandra.

Det finns inga gränsvärden för vilken mängd kvalster i byggnader som bör understigas. De medelkoncentrationer av kvalster som uppmäts i damm är oftast så låga att de inte kan överleva (Korsgaard 1998). Av denna anledning är det troligt att det inte är medelkoncentrationen som är intressant, utan om det finns en tillräckligt stor population för att den skall överleva, förutom att det naturligtvis måste finnas näring och rätt klimat.

2.3.7. Koldioxid, CO_2

Koldioxid är en relativt oreaktiv gas vars huvudsakliga källa är den naturliga halten i den omgivande luften och människors utandningsluft. Vilken mängd som avges vid utandning beror på personens storlek, fysiska aktivitet och konsumtion av syre (Apte 2000). I ett kontor kan koldioxidproduktionen vara 5,2 ml/s per person (Persily 1997). Ibland används koldioxidkoncentrationen som indikator och begränsande faktor för inomhusluftkvaliteten (WHO 2000).

Koldioxid är inte ett ämne som orsakar hälsoskador vid de nivåer som vanligtvis förekommer inomhus. Samtidigt som koldioxid emitteras vid andning avges dock även kroppslukter från de människor som vistas i rummet, oftast i ungefär samma proportioner (Persily 1997). Seppänen (1999) har gjort en jämförande studie av ett flertal artiklar om koldioxid och eventuella hälsoproblem. Den tyder på att det trots allt finnas någon form av samband, om än inte direkt, mellan förhöjd koldioxidhalt och förekomst av sjuka-hussymptom. Detta har bland andra även Apte (2000) visat. Det framträder dock inte något klart gränsvärde för koldioxid-halt som ger sjuka-hussymptom.

I byggnader kan koncentrationen av koldioxid vara mycket högre än utomhuskoncentrationen om det finns koldioxidkällor såsom cigaretter och öppna flammor (till exempel gasspis och/eller uppvärmning med förbränning till exempel oljepanna) (WHO 2000). En annan anledning till höga halter är naturligtvis om för många människor visats i byggnaden i förhållande till ventilationens kapacitet. Koncentrationen av koldioxid i kontorsbyggnader har visat sig variera mellan 350 och 2500 ppm (Seppänen 1999). Utomhuskoncentrationen är vanligtvis ca 350 ppm. De högsta värdena som Seppänen (1999) hittade är dock extrema och förekommer inte i många byggnader, det är betydligt vanligare med låga värden. Bland annat i Persily (1997) har visats att medelnivån av koldioxid inomhus är 350 ppm men kan variera mellan 300-500 ppm beroende på tid på dygnet, årstid, väderförhållanden och byggnadens lokalisering.. De lägsta värdena är de som naturligt förekommer i utomhusluften och kan alltså inte bli lägre, så länge man använder konventionella ventilationssystem. Det är vanligt med

Det hygieniska gränsvärdet för koldioxid i arbetsmiljö är 5000 ppm, korttidsgränsvärdet är maximalt 10 000 ppm. Värdena skall användas i rum där koldioxid produceras eller hanteras och är ett värde för det absolut högsta koncentrationen i luften och skall alltså inte användas som maxvärden i de fall då det är människor som är den huvudsakliga källan. I dessa fall skall värdet understiga 1000 ppm (Arbetarskyddsstyrelsen 1993). De hygieniska gränsvärdena är inte tänkta att användas för kvaliteten på inkommande luft. I den inkommande luften skall koncentrationerna inte överstiga 1/10 av de hygieniska gränsvärdena alltså 500 ppm. I utomhusluften är det, som angivits tidigare, ca 350 ppm koldioxid, men värdet kan variera. Detta innebär att det vissa tider kan finnas risk för att rekommenderade värden överstigs (Arbetarskyddsstyrelsen 2000).

I och med att huvudsakliga källan till förhöjda halter av koldioxid är att de människor, som vistas i byggnaden, andas, är det svårt att med hjälp av själva byggnaden påverka koldioxidproduktionen. Byggnaden skall dock utformas utifrån hur många personer som skall vistas i den genom att man tillser att det finns tillräcklig luftvolym i byggnaden och att tillräcklig ventilation finns installerad. Genom att öka takhöjden över det normala kan man öka luftvolymen och därmed späda ut koldioxidtillskottet från dem som vistas i lokalen. Även genom ventilationsinstallationer kan koldioxidhalten påverkas genom att luften byts ut efter hand och koncentrationerna kan därmed hållas nere. Vid dimensionering av ventilationssystem för en byggnad är antalet personer som skall vistas i byggnaden en av de viktigaste förutsättningarna.

2.4. Föroreningar i inomhusluften, tillförda från utomhuskällor

2.4.1. Introduktion

Allting som finns i utomhusluften, som inte filtreras bort, kommer också att finnas i inomhusluften. Av denna anledning är det av intresse att veta vilka ämnen som finns i utomhusluften, vilka koncentrationer de har och om det finns risk för att koncentrationerna kan bli förhöjda i inomhusluften. I vissa fall går det också att utforma byggnaden för att minska risken för inomhusexponering av ämnen i utomhusluften.

2.4.2. Radon

Radon är ett radioaktivt grundämne. I byggnader mäts radonförekomsten med hjälp av spårfilm, vilket ger värden i Bq/m^3. Källorna i svenska byggnader är byggmaterial och markradon. Byggmaterial som man vet avger radon är alunskifferbaserad blå lättbetong som tillverkades 1929-1974. Detta material avger mer radon än andra byggmaterial på grund av att det är tillverkat av radioaktiv alunskiffer.

I nybyggda hus är den enda källan markradon. Markradon kan komma in i byggnaden genom grundläggningen via sprickor eller andra otätheter. I sällsynta fall då en byggnad har egen brunn kan vattnet föra med sig markradon. Detta problem är dock relativt ovanligt.

I och med att radon är en gas kan den sprida sig till inomhusluften i en byggnad. När en radonatom sönderfaller bildas andra icke gasformiga atomer (ofta kallade radondöttrar) som adsorberas på ytan av partiklar. Vid inandning förs sedan radondöttrarna ner i lungorna och kan avge sin strålning. Detta medför att risken för lungcancer är förhöjd då man utsätts för radon under en längre tid. Analyser i Sverige visar att risken vid exponering för både rökning och radon, är större än summan av de båda riskfaktorerna tillsammans (Lagarde 1997). Det finns en diskussion angående hur sannolikt det är att radonförekomst i byggnader medför ökad risk för cancer i lungor och luftvägar. En relativt nyligen genomförd studie bekräftar tidigare resultat att risken för cancer är något förhöjd (Darby 2001). Det verkar därför troligt att radon även fortsättningsvis anses medföra förhöjd risk för att drabbas av cancer. Eventuellt justeras riskens storlek så småningom när mer kunskap kommer fram.

Det är vanligt att man inomhus uppmäter mellan 20 och 200 Bq/m^3 (Boverket 1999; WHO 2000). Vilken sorts grundläggning som använts påverkar radonhalten inomhus kraftigt; byggnader med krypgrund har oftast 30% lägre halt av radon än byggnader med betongplatta på mark eller med källare. I flerbostadshus är det vanligt att radonhalterna är 30% högre i markplanet än på övriga våningar (Norlén 1993).

Beroende på varifrån radonet kommer och byggnadens utformning finns olika alternativ för att minska halterna av radon. Om radonet kommer från byggnadsmaterialen kan detta material antingen bytas ut eller avskärmas så att risken minskar för att radonet kommer ut i inomhusluften. Inflödet av markradon kan minskas genom att täta sprickor i grunden där den radonhaltiga luften sugs in. Man kan även minska tryckskillnaden över plattan, till exempel genom att skapa ett undertryck under huset. Andra faktorer som ibland påstås påverka radonhalten är naturlig ventilation, luftkonditionering eller avfuktning. Dessa faktorer har dock inte visat sig påverka radonhalten enligt Lee (2000). Det finns heller inget visat samband mellan koldioxidnivå, temperatur och relativ fuktighet i inomhusluften och radonnivåerna i inomhusluften (Lee 2000).

Radonhalten i en byggnad kan variera kraftigt både under året och under dygnet. Variationerna beror bland annat på temperatur och vindförhållanden utomhus, hur byggnaden används, om dörrar eller fönster är öppna eller stängda, vilken partikelhalt och aerosolkoncentration det är. Med anledning av detta är det viktigt att mäta under en lång period för att få ett årsmedelvärde för byggnaden (Lagarde 1997).

Enligt BBR är gränsvärdet för inomhusluft 200 Bq/m^3 i bostäder inomhus. För att man skall få bidrag för sanering av bostäder med förhöjda halter radon i Sverige krävs det att man genomför mätning under 3 månaders tid under uppvärmningssäsongen för att det skall räknas som årsmedelvärde för byggnaden (Norlén 1993; Lagarde 1997).

2.4.3. Ozon, O_3

Ozon är en relativt vattenolöslig starkt oxiderande gas. Det är också en gas som är en drivande faktor för olika reaktioner som sker i inomhusluften (Weschler 2000).

Halten av ozon i inomhusluften beror på olika faktorer:

- √ koncentration av ozon utomhus,
- √ luftutbyteshastighet i byggnaden,
- √ emissioner inomhus
- √ reaktioner mellan ozon och andra ämnen.

De källor som kan finnas inomhus är i Sverige främst laserskrivare och kopiatorer (Weschler 2000). En annan källa är luftrenare som skall rena luften med hjälp av ozon. De är än så länge inte så vanliga i Sverige, men finns att tillgå på marknaden. I USA är de dock relativt vanliga. Ozon reagerar dock för långsamt med de flesta föroreningar som ozonluftrenare sägs ta bort. Detta medför att reaktionerna i stället sker i rummet varvid fria radikaler bildas (Weschler 2000). Den tidigare åsikten att ozon snabbt oskadliggörs inomhus genom reaktioner med ytor (WHO 2000) är troligtvis ej korrekt.

Ozon är irriterande för bland annat luftvägarna. Ozon reagerar i luften med omättade kolväten, till exempel terpener från trä och städkemikalier, och bildar en mängd reaktiva och/eller irriterande föreningar, till exempel aldehyder. Det har visats att exponering för ozon och terpener leder till betydligt större luftvägsirritation hos möss än exponering för ozon eller terpen separat (Wolkoff 2000).

Utomhushalten av ozon är vanligen 20-200 $\mu g/m^3$ (Weschler 2000). Ozonkoncentrationen är generellt sett mycket lägre inomhus än utomhus, om det inte finns källor inomhus (WHO 2000). Bakgrundskoncentrationen av ozon i opåverkade och relativt oförorenade delar av världen är oftast runt 40-70 $\mu g/m^3$ som ett entimmas medelvärde. I städer och i vindriktningen från städer kan maximala timmedelvärdet vara så högt som 300-400 $\mu g/m^3$ (WHO 2000).

Rekommendationer för ozon utomhus är max 120 $\mu g/m^3$ max 8 timmar per dag enligt WHO (WHO 2000). Enligt EU är tröskelvärdet för ozon med avseende på hälsa 110 $\mu g/m^3$ per 8 h och 200 $\mu g/m^3$ per 1 h.

2.4.4. Svaveldioxid, SO_2

Svaveldioxid är en färglös vattenlöslig gas med från lukt som är irriterande och anses vara en av de mest betydande luftföroreningarna enligt (WHO 2000). Källorna till gasen finns framförallt utomhus. Undantaget är eld för uppvärmning eller matlagning inne i en byggnad. Till exempel är den vanligaste inomhuskällan för svenska förhållanden emissionerna från gasspis. För att förbränningen ska medföra svaveldioxidföroreningar

krävs det naturligtvis att bränslet innehåller svavel. Svavelhalterna kan variera kraftigt mellan olika bränslen.

Påverkan på människor av svaveldioxid är mycket varierande beroende på om personen har astma, om personen är atopisk eller om den inte är något av detta, se kapitel 3. Känsliga personer kan reagera upp till 10 gånger starkare än friska personer (WHO 2000).

Utomhusvärden överstiger sällan 50 $\mu g/m^3$, men i vissa asiatiska städer är koncentrationerna mycket högre. Ända upp till 100-350 $\mu g/m^3$ är inte ovanligt. Nära huvudgator kan ibland uppmätas värden ända upp till 875 $\mu g/m^3$ (WHO 2000). Svaveldioxid är en kemiskt reaktiv gas som reagerar med ytorna inomhus och därmed är koncentrationerna lägre inomhus än utomhus (WHO 2000).

Rekommendationer för maximal koncentration av svaveldioxid är 125 $\mu g/m^3$ för ett dygn och 50 $\mu g/m^3$ som ett årsmedelvärde utomhus (WHO 2000). På landsbygden i Sverige gäller enligt (Naturvårdsverket 2001) att det i genomsnitt inte får vara mer än 20 $\mu g/m^3$ i utomhusluften.

2.4.5. Kvävedioxid, NO_2

Kvävedioxid har av WHO klassats som en betydande förorening. Den största källan är trafiken (WHO 2000). Inomhusnivåerna påverkas framförallt av om det finns gasspis eller annan förbränning med öppen låga (WHO 2000). Det finns till exempel olika sorters punktuppvärmning för uterum och stora hallar som börjar användas mer och mer och som kan ge risk för förhöjda halter. Till skillnad från vad som gäller för svaveldioxid bildas alltid kvävedioxid vid förbränning, eftersom luften innehåller kväve.

Kvävedioxid är en relativt vattenolöslig gas. Långtidseffekter av höga koncentrationer är reversibla och irreversibla skador i lungorna, men även skador hos andra organ som till exempel i mjälte och lever (Kemikalieinspektionen 2000; WHO 2000). I en undersökning genomförd i Australien (Ponsonby 2001) fann man indikationer på samband mellan kvävedioxidexponering i hemmet och astma.

Det naturliga bakgrundsvärdet för kvävedioxid är 1-9 $\mu g/m^3$. Man har vid undersökningar funnit att vanliga värden inomhus i Europa är 20-70 $\mu g/m^3$. Variationerna ansågs bero främst på om det fanns någon kvävedioxidkälla i rummet eller inte. Den vanligaste källan var gasspis och gasuppvärmning (WHO 2000). Vid mätningar i Sverige har det visats att kvävedioxidhalten ligger på samma nivåer.

WHO har föreslagit en entimmes riktlinje på max 200 $\mu g/m^3$ och ett årligt värde på max 40 $\mu g/m^3$. Man anser inte att det egentligen finns fakta för att ange ett välunderbyggt årligt värde, men har ändå gett rekommendationen ovan. Entimmesvärdet baseras på data över hur människor reagerar och anses av WHO därmed vara väl underbyggt (WHO 2000). Den svenska miljökvalitetsnormen (Naturvårdsverket 2001) anger att en-timmesvärdet inte får överstiga 90 $\mu g/m^3$, dygnsvärdet ej får överstiga 60 $\mu g/m^3$ och årsmedelvärdet får ej överstiga 40 $\mu g/m^3$ år 2006. Detta är mål som skall uppnås i Sverige och inte ett krav som måste vara uppfyllt i dagsläget.

2.4.6. Bly, Pb

Den vanligaste källan för bly är motorbränsle. I Sverige är bly i bränsle numera förbjudet och därför är bly i inneluft ett relativt litet problem. Bly inandas som fina partiklar och deponeras i lungorna. Blyupptaget i blodet beror på depositionsmönstret i lungorna och löslighet (som beror på kemisk form och partikelstorlek). Därmed är det egentligen inte det totala blyinnehållet som är intressant utan den del som är biotillgänglig. Bly kan också upptas genom indirekta transportvägar, som till exempel genom mat efter att bly deponerats på marken eller på vegetationen.

Omgivande lufts blynivåer i städer där blyad bensin inte längre används har visat sig vara lägre än 0,1 $\mu g/m^3$. I städer där blyad bensin fortfarande används har nivåerna visat sig variera mellan 0,3 och 1 $\mu g/m^3$ (WHO 2000). Vid mätningar i Stockholm har man visat på ett medelvärde på ca 17 $*10^{-3}$ $\mu g/m^3$ i utomhusluften.

De riktlinjer som finns är att det årliga medelvärdet inte skall överstiga 0,5 $\mu g/m^3$. Det gäller både i Sverige och enligt WHO (WHO 2000; Naturvårdsverket 2001).

2.4.7. Kolmonoxid, CO

Kolmonoxid är en mycket giftig gas utan lukt. Kolmonoxid utövar sin giftiga effekt genom att binda till hemoglobinet i de röda blodkropparna så att dessa inte längre kan transportera syre i kroppen.

Naturliga bakgrundskoncentrationer av kolmonoxid är mellan 0,01-0,23 mg/m^3. Medelkoncentrationer i städer under åtta timmar är oftast lägre än 20 mg/m^3. Entimmas toppvärde ligger oftast lägre än 60 mg/m^3 (Kemikalieinspektionen, 2000; WHO 2000).

Riktlinjer för kolmonoxid är enligt WHO max 100 mg/m^3 under 15 minuter, max 60 mg/m^3 under 30 minuter, max 30 mg/m^3 under en timme och max 10 mg/m^3 under 8 timmar. Dessa värden uppmäts ofta vid vägkanter i industriländer (till exempel Sverige). Enligt Arbetarskyddsstyrelsen (2000) är nivågränsvärdet 40 mg/m^3 och korttidsvärdet är 120 mg/m^3. Detta innebär att inomhus får värdena vara max 1/20 av maxvärdena, alltså 2 mg/m^3 respektive 6 mg/m^3. Dessa värden ligger till och med under de värden som kan uppmätas utomhus i städer. Problem med höga kolmonoxidhalter kan uppstå i de fall garage finns i anslutning till eller i byggnaden. I garage sker ca hälften av trafikarbete med kalla katalysatorer och då fungerar de inte, vilket medför att kolmonoxidhalterna blir relativt höga. Katalysatorer på bilar har i övrigt medfört att kolmonoxidutsläppen från trafiken minskat kraftigt.

2.4.8. Allergener från utomhusluften

På samma sätt som allergiker har problem utomhus med olika allergener kan naturligtvis problem uppstå även inomhus. De viktigaste källorna till allergenförekomst inomhus är husdammskvalster, husdjur och mögel (Warner 2000). Husdammskvalster och framförallt mögel kan delvis förebyggas genom byggnadens utformning och byggnation. Det har

beskrivits i kapitel 2.3.6 respektive kapitel 2.3.4. Förekomst av husdjur och därav producerade allergen i byggnaden är naturligtvis något som brukarna själva reglerar.

Det finns olika vägar för allergener att transporteras in i en byggnad. Brukarna för till exempel med sig allergen in i byggnaden via kläder, skor och hår. Den del av allergenförekomsten som kan påverkas genom byggnadens utformning sker främst genom ventilationen. Detta sker genom lämplig placering av uteluftsintaget och genom filterval. Ett annat sätt att reglera mängden allergen i byggnaden är att installera luftrenare. Det har visat sig att elektrostatiska luftrenare med en reningskapacitet på ca 600 m^3/h kan relativt effektivt sänka pollenhalten inomhus. Vid test av en sådan renare visade det sig att pollenkoncentrationen bara blev 2% jämfört med ett likadant rum utan luftrenare (Holmquist 1999).

Vilka problem allergener kan medföra för allergiker beskrivs i kapitel 3. I de fall ventilationsfilter finns tas en del allergener bort, men en del kan passera genom filtren. Proteinet i björk- och gräspollen kan avges till omgivande luft som en antigenpartikel med diametrar ända ner till 0,1 μm. Detta kan förklara att allergenhalter i inomhusluften ibland fortsätter att vara höga inomhus även om de har gått ner utomhus. Dessa antigenpartiklar är mycket potenta allergener. Hur mycket dessa partiklar sprider sig beror på olika meterologiska förutsättningar.

För allergener finns det inga generella gränsvärden. För ickeallergiker är allergen i inomhusluften oftast inte något problem.

2.5. Summering och slutsatser

Inomhusluften består av ett flertal olika komponenter. Komponenter som kan påverkas av byggnadens utformning och som det är vanligt att man tar hänsyn till vid byggnation är temperatur, luftfuktighet, koldioxid och radon.

De komponenter som påverkas av byggnadens utformning men som mindre ofta tas systematisk hänsyn till är formaldehyd, VOC, mikroorganismer, partiklar och fibrer, husdammskvalster, ozon, och kolmonoxid. Av de sistnämnda är det främst VOC och mikroorganismer där det råder osäkerhet om i vilken omfattning och vid vilka koncentrationer problem kan uppstå. Det finns dock osäkerhet även när det gäller effekter av de övriga komponenterna. Mycket stor osäkerhet finns också när det gäller samtidig exponering av flera faktorer.

Ett flertal av de komponenter som beskrivits i detta kapitel påverkas av fukt. Både fukt i luften och fukt i olika byggnadsdelar påverkar. Som beskrivits i bland annat kapitel 2.2 kan även upplevelsen av luften påverkas av dess fuktinnehåll. Mängd och typ av framför allt mikroorganismer och VOC kan påverkas av fukt i byggnadens konstruktion. Denna fuktpåverkan på förekomst av föroreningar i luft kan vara den bakomliggande orsaken till att man ofta kan visa på mycket starka samband mellan fukt i byggnader och ohälsa. I Bornehag (2001) studerades en stor mängd artiklar där sambandet mellan fukt i byggnader och ohälsa diskuteras. Slutsatsen är att nästan oavsett hur begreppet "fuktig byggnad" definierats finns det ett samband mellan fuktiga byggnader och ohälsa. För att minimera

mängden föroreningar av mikroorganismer och VOC är det därför viktigt att byggnaden eller byggmaterialen inte är fuktig i något skede, varken under byggnationen eller under brukandefasen.

3 MÄNNISKORNA I BYGGNADEN

3.1. Introduktion

När inomhusluftproblem diskuteras bör människan hela tiden vara i centrum. Det är människorna som mår dåligt av brister i inomhusluften i en byggnad. Det finns dock en stor mängd andra faktorer än inomhusluften som kan göra att människor mår dåligt i en byggnad. Upplevelsen av luften beror dels på vilket innehåll luften har, vilket beskrivs i kapitel 2, men även på andra, subjektiva eller objektiva, faktorer som kan bero på byggnaden, eller andra faktorer, till exempel psykosociala faktorer. Vad som gör det hela än mer komplext är att alla människor är fysiskt och psykiskt olika vilket medför att upplevelsen av byggnaden blir olika. I en byggnad kan vissa personer uppleva problem med inomhusluften, medan andra är nöjda. Detta kan bero på att de förstnämnda är överkänsliga för någon förorening i luften.

I detta kapitel beskrivs generellt hur människor upplever luften och skillnader mellan olika grupper av människor och byggnader. För att även skapa en förståelse för att luften påverkas på andra sätt än av byggnaden finns en kortare sammanfattning av hur olika aktiviteter som kan förekomma i en byggnad kan påverka inomhusluften.

3.2. Upplevelse av inomhusluften

Det går att kvantitativt mäta ett stort antal faktorer i inomhusluft, men det går inte att garantera att människor upplever det som bra luft även om uppmätta faktorer ligger inom fastställda gränsvärden. Av denna anledning är brukarna av byggnaden själva bättre indikatorer på hur bra luften i en byggnad är.

En sammanställning över hur luftkvalitet upplevs av olika grupper av människor och i olika grupper av hus kan ses i följande punkter (Norlén 1993):

- ✓ Boende i flerfamiljshus anser i stor utsträckning att eventuella symptom beror på inneklimatet till skillnad från boende i enfamiljshus som oftast anser att eventuella symptom inte beror på inneklimatet.
- ✓ I hus byggda 1976-1988 är det vanligare med problem med inneklimatet än i andra byggnader. Minst problem är det i äldre byggnader, oftast bättre ju äldre byggnaderna är.
- ✓ Större flerfamiljshus har procentuellt sett mer problem som anses bero på huset, än vad mindre flerfamiljshus har.
- ✓ Kvinnor är oftare besvärade av torr luft än vad män är.
- ✓ Människor i åldern 35-54 år besväras mer av inneklimatet än människor i andra åldrar.
- ✓ Människor med egenrapporterad allergi är ofta besvärade av instängd luft, torr luft, obehaglig lukt, statisk elektricitet, miljötobaksrök, damm och smuts och rapporterar oftare symptom med avseende på slemhinnor och hud.

Upplevelsen av luftkvalitet är till viss del beroende av de lukter man känner. En lukt kan karakteriseras enligt hur irriterande den är, hur intensiv den är samt hur väl man accepterar den (Gustafsson 1998). Vissa lukter, till exempel från trä och matlagning, upplevs normalt som positiva, medan andra lukter, till exempel från en fuktig källare, oftast upplevs negativt. Det går inte att helt objektivt mäta lukt. Det går dock att med gaskromatograf kvantifiera många av de VOC som ger upphov till luktförnimmelser och sedan jämföra de nivåer man har i en lokal med värden på lukt och irritationströsklar, till exempel de som finns i VOCBASE (Jensen, Wolkoff 1996).

En koncentration betydligt över lukttröskeln bör kunna kännas av de flesta människor. Luktsinnets känslighet för olika ämnen är dock olika hos olika människor. Andra komplikationer då man försöker att mäta lukter är att kombinationer av ämnen kan upplevas på annorlunda sätt än enskilda ämnen.

Ett annat sätt att studera upplevd luftkvalitet är genom att mäta arbetsproduktivitet som funktion av luftkvaliteten. Arbetssituationen är då oftast ett simulerat kontorsarbete. I de fall då olika studier görs med avseende på luftkvalitet är ofta ventilationen med som en varierande faktor. I Wargocki (2000) visas att högre ventilation ger högre arbetsproduktivitet. Med de ventilationsnivåer som användes i studien, 3, 10 och 30 l/(s, person) kunde man även visa på att ju högre ventilationsnivån var desto mer ökade upplevelsen av att luften var frisk och desto mer minskade också upplevelsen av torr mun och hals.

Psykosociala faktorer kan också i stor utsträckning påverka upplevelsen av inomhusluften. Olika försök har gjorts för att ta fram modeller för hur människor upplever inomhusluften/miljön i förhållande till psykologiska faktorer. I en artikel av Berglund (1999) utvärderas en metod för att relatera psykologiska faktorer med sjuka hus-sjukan. Metoden är mycket komplex och inte heller färdigutvecklad. Enligt denna modell påverkar bland annat personlighetstyp, brist på kontroll av arbetssituation, daglig stress och andra arbetsrelaterade psykosociala faktorer upplevelsen av sjuka hussymptom.

3.3. Överkänslighet

3.3.1. Introduktion

Luft kan upplevas olika bland annat beroende på om en person är överkänslig eller inte. Överkänslighet är när en person har sjukligt ökad känslighet för sådana yttre faktorer, som inte framkallar obehag hos flertalet personer. Detta innefattar både allergi och annan överkänslighet. På grund av att astma är ett vanligt problem och på grund av att astma kan bero både på allergi och annan överkänslighet tas detta problemområde upp separat. Andra områden som ofta diskuteras, men som det finns olika förklaringar till är elöverkänslighet, se kapitel 0, och sjuka hus-sjukan, se kapitel 3.3.6. Skillnaden mellan olika former av överkänslighet beskrivs i de följande underkapitlen. Det som är gemensamt beskrivs i detta underkapitel.

Den allmänna kunskapen om olika former av överkänslighet har hämtats från Nationalencyklopedin (1989). Mer specifik information har hämtats från olika artiklar som finns angivna som referenser i texten.

Exempel på reaktioner som kan vara allergiska, är astma, hösnuva, eksem, nässelutslag och allergi mot vissa födoämnen. Exempel på överkänslighetsreaktioner, som i dagsläget inte har fått tillräcklig medicinsk förklaring, är irritation i ögon och hals, trötthet, huvudvärk, yrsel, hudirritation och inflammationskänslighet (Emenius 1997).

En del av de ämnen som finns i luften kan transporteras in i och upptas av kroppen. Detta brukar betecknas biotillgänglighet och utgör den fraktion av substansen som är tillgänglig för absorption av en organism och som når cirkulationen i kroppen. Detta gäller när man studerar en specifik exponering (genom munnen, inandning eller hudkontakt). Definitionen av biotillgänglighet inkluderar alltså inte någon respons (Niboer 1999). Beroende på hur kroppen exponeras för olika ämnen i luften reagerar kroppen på olika sätt (WHO 2000).

Följande termer är gemensamma för de sorters överkänslighet som påverkar slemhinnorna:

Hyperreaktivitet används främst om luftvägarnas slemhinnor (bronkiell hyperreaktivitet) och avser en allmänt ökad känslighet. Den ökade känsligheten kan bero på substanser i andningsluften, kyla, fuktighet, fysisk ansträngning etc. Hyperreaktivitet kan leda till uppkomst av besvär vid både allergisk och ickeallergisk astma.

Konjunktivit är en inflammation av ögats slemhinna. Detta är ett vanligt problem som orsakas av virus, bakterier, allergi eller mekanisk och/eller kemisk retning. Konjunktivit ger rodnad och irritation av ögat. Samma symptom kan också uppstå på grund av åldersförändringar. De flesta formerna av konjunktivit läker spontant, men vissa kan kräva behandling.

Ett organ som ofta påverkas vid överkänslighet är **lungorna**. Luftvägarna ner till lungorna ser ut som ett upp och nedvänt träd med **bronker** som grenar, som avslutas med små blåsor längst ut, **alveoler**. I bronkerna finns **flimmerhår**, som stoppar en del föroreningar från att komma ner i andningsvägarna. Partiklar som är ≥10 μm kommer oftast inte ner i lungorna utan stoppas på vägen (Müller 1998). De kan komma längre ner i luftvägarna om inte flimmerhåren fungerar som det är tänkt, till exempel efter en längre tids rökning. Starkt vattenlösliga ämnen kommer inte ner i de nedre luftvägarna eftersom de absorberas i de övre luftvägarna. De molekyler som kommer till de lägre luftvägarna är sådana som är hydratiserade eller som är adsorberade på andra komponenter som små partiklar eller aerosoler. Hur långt ner en förorening eller partikel kommer i luftvägarna beror generellt sett på löslighet av de reaktiva kemikalierna i vatten och på vilken diameter och vikt partikeln har (Müller 1998).

Det är i alveolerna, som gasutbytet mellan andningsluften och blodet sker. Lungornas huvuduppgift är att blodet skall ta upp syre från inandningsluften och avge koldioxid. På grund av sjukdomar, till exempel astma, kan alveolernas funktion försämras. I alveolerna finns "renhållningsceller", som tar hand om dammpartiklar som följt med inandningsluften. Dessa renhållningsceller är celler med stor förmåga att ta upp och inom sig bryta ned främmande material.

3.3.2. Allergi

Allergiska reaktioner har som sin grund **immunologiska reaktioner**, som medför obehagliga effekter då en individ kommer i kontakt med en viss substans (Jackson 2001). För att bli allergisk krävs alltså att man varit i kontakt med den aktuella substansen under en viss tid.

Allergiska åkommor kan delas in i två huvudgrupper, snabba och långsamma (fördröjda). Till de **snabba reaktionerna** räknas astma, hösnuva, nässelfeber och födoämnesallergi. Reaktionen kan vara lokal och medföra igensvullnad av ansikte, matstrupe och så vidare. I svåra fall kan reaktionerna bli mycket snabba och våldsamma och kan medföra blodtrycksfall, svår andnöd och till och med dödsfall. De **långsamma överkänslighetsreaktionerna** är olika former av kontakteksem. Eksem sprider sig på de ställen där huden varit i kontakt med det allergiframkallande ämnet. Denna sorts allergi leder normalt inte till svåra allmänsymptom.

För att kontrollera om en person är allergisk kan pricktest användas för vissa substanser. Det ämne som misstänks framkalla allergi droppas på huden. Efter en stund kontrolleras om det skett någon reaktion. Om en reaktion syns är personen allergisk mot det aktuella ämnet. Beroende på vilket ämne som testas går testerna till på lite olika sätt, men principen är som beskrivits ovan. Ett annat sätt att kontrollera om en person är allergisk är

genom att undersöka halten av äggviteämnen, **IgE**, i blodet. Ig är en förkortning av **immunoglobuliner**, en sorts äggviteämnen som används av immunförsvaret. IgE finns i mycket liten omfattning i kroppen. Hos dem som har allergier av den snabba sorten kan IgE produceras i ovanligt stora mängder vid allergiska reaktioner och stimulera frigörandet av histamin som ger svullnad.

Histamin är en signalsubstans, som har kraftigt stimulerande effekt på bland annat blodkärl, och luftrör samt på de saltsyraproducerande cellerna i magsäcken. Histamin frigörs både vid inflammatoriska och allergiska reaktioner. För att undvika effekten av histamin används **antihistamin** som läkemedel. Antihistaminer kan användas vid vissa allergiska sjukdomar, till exempel hösnuva och nässelfeber. De typiska symptomen vid hösnuva, allergisk konjunktivit och nässelfeber beror till största delen på att histamin vidgar blodkärl och ökar vätskepassagen från dessa ut i den omgivande vävnaden, vilket medför svullnad. I lungorna bidrar frisättning av histamin till luftrörssammandragningen, slembildningen, och slemhinnesvullnaden vid astma.

Allergen utgörs vanligtvis av äggviteämnen från växtriket, till exempel pollen, mögel, alger eller växtsaft. Även äggviteämnen från djurriket är vanliga allergen, till exempel hud, hår, fjäder, saliv, urin och avföring (speciellt från kvalster) eller insektsgifter (i Sverige särskilt från bi och geting). Födoämnesallergier kan medföra svullnad i framförallt mun och svalg med klåda, heshet och eventuellt sväljnings- och andningsbesvär. Även metaller, läkemedel, och andra kemiska ämnen kan utgöra allergen.

Ett sätt för allergen att ta sig in i kroppen är genom att fastna på partiklar som sedan andas in och förs ner i lungorna. Bland annat fäster allergen mycket bra på sotpartiklar som också har rätt storlek ($\leq 2{,}5$ μm) för att komma långt ner i luftvägarna (Ormstad 1998).

En person som är **atopisk** har en ärftlig benägenhet att bilda stora mängder IgE och därmed få allergiska reaktioner. Atopiska personer har en stark tendens att utveckla framförallt allergisk konjunktivit, hösnuva, allergisk astma och torrt kliande eksem.

Förekomsten av allergier ökar, framförallt i västvärlden (Jackson 2001; Warner 2000). Några kända faktorer som ökar risken för att utveckla allergi är, förutom exponering för allergen; rökande föräldrar, dålig kosthållning och exponering för infektioner. Det finns olika teorier om varför ökningen sker. Ingen av faktorerna, varken individuellt eller i kombination, kan dock direkt förklara den observerade ökningen. Inte heller enligt Diaz-Sanchez (2000) som gjort en genomgång av olika teorier finns det än så länge något entydigt svar på vad ökningen beror på. Det finns dock indikationer som tyder på att vissa förhållanden medför större risk för allergier. Till exempel har jämförande studier gjorts i gamla Öst- och Västtyskland. I samhällen med likartad befolkning och storlek har pricktester gjorts. Innan sammanslagningen mellan Öst- och Västtyskland var det mycket vanligare med allergier i Västtyskland, men efter sammanslagningen har denna skillnad minskat. Liknande jämförande undersökningar har också gjorts mellan Sverige och Estland. Allergiförekomsten har tidigare varit lägre i Estland. I båda länderna har det dock visat sig att allergiförekomsten är högre i tätorter där det förekommer mycket luftföroreningar från framförallt trafik. Man har då dragit slutsatsen att luftföroreningar från trafik påverkar förekomsten av allergier, men att samtidigt den skilda livsstilen

mellan västvärlden och öst-staterna tycks påverka förekomsten av allergi mer än luftföroreningarna (Diaz-Sanchez 2000).

I en artikel av Strannegård (2001) granskas vad som skrivits om olika anledningar till den ökande allergiförekomsten. Den mest troliga orsaken en förändring i den "mikrobiella last" som vi utsätts för. Genom att immunsystemet numera inte blir utsatt för samma last, som det under evolutionens gång har anpassats till, reagerar det på fel faktorer och människor får allergier. De teorier, som baseras på att ökningen av allergier beror på sämre inomhusluft, anses vara mycket tveksamma (Strannegård 2001). Bland annat det faktum att byggnaderna var mycket fuktigare med högre mängder allergen i början av 1900-talet, då allergierna inte var frekvent förekommande, motsäger hypotesen om försämrad inomhusluft. Dålig inomhusluft kan visserligen öka risken för allergier, men den bakomliggande orsaken till ökningen är troligen en annan.

3.3.3. Annan överkänslighet

Annan överkänslighet än allergi är sådan som inte kan verifieras med medicinska testmetoder, men som fortfarande accepteras som sjukdom (Emenius 1997). Vissa astma är allergisk, men annan astma beror på annan överkänslighet, se 3.3.4. Symptomen för den drabbade kan vara likartade som vid allergi, men sättet att behandla och att diagnostisera skiljer sig åt.

Det finns vissa sorters överkänslighet som är svårbedömda och som diskuteras mycket. Exempel på sådana är överkänslighet för elektromagnetiska fält (se delkapitel 0), multipel kemisk överkänslighet och "sjuka hus-sjukan" (se delkapitel 3.3.6). Symptomen för dessa överkänslighetsreaktioner är ofta mer omfattande med hudirritation, torra slemhinnor, allmänsymptom som värmekänsla, muskelsvaghet, trötthet och koncentrationssvårigheter.

3.3.4. Astma

Astma är inte ett entydigt begrepp på en sjukdom. Symptomen är upprepade anfall av andnöd orsakad av kramp, slemhinnesvullnad och ökad avsöndring av segt slem i luftrören. Det som skiljer olika typer av astma är bland annat hur allvarligt personen är drabbad och vilket ursprung problemet har. Astma kan antingen vara ickeallergisk eller allergisk. På grund av att det är en diagnos baserad på omfattning av symptom och inte på storlek eller mängd av något direkt mätbart blir det i vissa fall en bedömning av om den iakttagna reaktionen är astma eller inte. Astma är en vanlig sjukdom som förekommer i alla länder och hos alla människoraser och i alla åldrar. Hos barn är astma den vanligaste kroniska sjukdomen. Små barn får ofta astmasymptom i samband med luftvägsinfektioner men brukar växa ifrån detta. I Norden har 7-10% av alla barn och 2-3% av alla vuxna astma. Astma är mindre vanligt i utvecklingsländer än i utvecklade länder (WHO 2000). En anledning till detta kan möjligen vara att utbredningen av infektionssjukdomar i utvecklingsländer motverkar utvecklingen av allergisk astma (WHO 2000).

Symptom vid astma är pip och trånghetskänsla i bröstet, andnöd och hosta. Det är vanligt att anfallen kommer nattetid eller tidigt på morgonen, efter en ansträngning eller då ett retande ämne andats in. Det är vanligt att den som är drabbad av astma har sjukdomen

relativt lindrigt, med långa besvärsfria intervall. Det kan dock plötsligt utvecklas till ett livshotande tillstånd. I Sverige dör varje år ca 500 personer av astma.

Karakteristiskt för en astmatiker är ökad känslighet i luftrören, så kallad bronkiell hyperreaktivitet, som främst gäller olika sorters retande ämnen, till exempel tobaksrök, bilavgaser och starkt luktande ämnen. De som har astmaproblem som är relaterade till dessa faktorer har allergisk astma. Hos barn och unga är det denna form som är den vanligaste och den står för den kraftiga ökningen de senaste åren. De som har problem med att andra faktorer, som kall luft, dis och dimma, fysisk ansträngning och luftrörsinfektioner, kan medföra astmaanfall har ickeallergisk astma. Det är denna variant som 80% av de vuxna astmatikerna har.

En femfaldig ökning av astmafrekvensen hos barn till rökande föräldrar visar att det troligen finns ett samband mellan passiv rökning och astma. Diagnostisering av astma innebär att man påvisar att patienten har ett ofta anfallsvis försämrat luftflöde och att försämringen kan lindras genom tillförsel av luftrörsvidgande läkemedel (Stirling 2001).

I tabell 4 visas faktorer som kan påverka hur allvarligt astman visar sig. Enbart miljöfaktorerna påverkas av byggnaden. De ämnen som finns i byggnader som är allergitriggande är bland annat allergen från husdammskvalster, mögel, katt, hund, latex och säsongsbundna allergen som gräs och trädpollen. Andra ämnen som kan finnas i inomhusluft och som kan förvärra astmasymptom, men som inte är allergener, är föroreningar från gasspis, eldstad och miljötobaksrök (Stirling 2001).

Endotoxiner är giftiga ämnen som finns i cellväggen hos vissa bakterier och som har en feberframkallande verkan om de sprutas under huden eller i kärlsystemet. Även inandning av endotoxiner i små vattendroppar kan ge feber. Effekterna är mycket lika astmasymptom (Stirling 2001). Förekomsten av endotoxiner i byggnader är ett relativt outforskat område, men det är troligt att halterna är så låga att inga direkta effekter kan påvisas.

Det finns inget påvisat direkt samband mellan psykosociala faktorer och förekomst av astma. Psykosociala faktorer kan dock ha samband med hur allvarligt astman uppträder. Det är många faktorer såsom förnekande, panik, rädsla, depression, låg socioekonomisk klass, minoritetsställning, alkoholism och äktenskapsproblem som indirekt har kopplats till hur allvarligt astmaproblemen visar sig (Stirling 2001).

Tabell 4 Kliniska faktorer som påverkar astmans svårighet (Stirling 2001).

Faktor	Delfaktor
Miljö	Inandningsbara allergener, från till exempel husdammskvalster, mögel, pollen, hudflagor från djur, och andra sensibiliserare. Arbetsmiljö Irritanter, till exempel cigarettrök, produkter från öppen eld
Mediciner	β-blockerare Acetylsalicylsyra
Personen	Rinnande näsa Näsproblem Bihåleinflammation Influensavaccination Acetylsalicylsyraöverkänslighet Mag-tarmproblem Infektion i andningsvägarna

3.3.5. Överkänslighet mot elektriska och magnetiska fält

Det har sedan början av 1980-talet förekommit rapporter om människor som anser sig vara överkänsliga för elektriska och magnetiska fält. Det finns framförallt tre typer av förklaringsmodeller till elöverkänslighet (Hansson Mild 1998).

a) Rapporterade besvär antas direkt orsakas av elektriska och/eller magnetiska fält.

b) Inget orsakssamband finns mellan elektriska och/eller magnetiska fält och rapporterade besvär. De rapporterade besvären beror istället på betingning: eftersom personen förväntar sig att få besvär i "elektriska miljöer" upplever de också besvär.

c) Det finns ett multifaktoriellt samband mellan en mängd olika faktorer, varav elektriska och magnetiska fält är en faktor. Detta innebär att ett flertal av faktorerna sannolikt måste samverka för att det skall bli en reaktion.

Det är viktigt att inte negligera de problem som faktiskt upplevs. Några vanliga symptom vid elöverkänslighet är irritation i ansiktet, rodnad över kinder och panna, ögonbesvär, ökning av acne och eksem, yrsel, stickningar, trötthet, kraftlöshet, huvudvärk,

andningssvårigheter, svettningar, nedstämdhet, hjärtklappning och minnessvårigheter (Hansson Mild 1998). Ett flertal av de studier som genomförts med exponering av elektriska och magnetiska fält har inte kunnat visa något samband mellan exponering och besvär. Detta innebär att det troligen är förklaringsmodell 2 eller 3 enligt ovan som är riktig. I den svenska befolkningen är det i snitt 2% som har en symptombild som liknar den som patienter med elöverkänslighet har enligt en studie av Eriksson (2000). Besvären förekommer i störst utsträckning bland kvinnor i åldersgruppen 30-39 år, bland de som arbetar i kontorsmiljö och bland de med omfattande arbete vid bildskärm. Dessa siffror innebär alltså inte att 2% av befolkningen lider av elöverkänslighet, utan att 2% av befolkningen har liknande symptom som de som anges ha elöverkänslighet.

I Hansson Mild (1998) redovisas undersökningar av vilka magnetfält människor utsätts för. De visar på ett medelvärde understigande 0,2 μT. De visar också att lokförare och svetsare utsätts för högre värden. Elektriska fält från elinstallationer varierar betydligt mer än magnetfält och är mer svårförutsägbara. Några mätningar som är genomförda med samma metodik visar att det på kontor fanns fält med medianvärde på 20 V/m. De maximala värdena kunde dock uppgå till några hundratals V/m intill ojordade apparater. I hem där det nästan enbart finns ojordade elektriska apparater var det vanligt med värden runt 40 V/m, och intill olika apparater som fanns i hemmen uppgick fältstyrkan till hundratals V/m.

På grund av den osäkerhet som finns huruvida elöverkänslighet är ett reellt problem eller inte bör man av försiktighetsskäl vid byggnation se till att inte höga elektriska eller magnetiska fält förekommer i den färdiga byggnaden. Det är också denna försiktighetsstrategi som Statens strålskyddsinstitut anser att man bör ha:

> *"Om åtgärder, som generellt minskar exponeringen, kan vidtas till rimliga kostnader och konsekvenser i övrigt bör man sträva efter att reducera fält som avviker starkt från vad som kan anses normalt i den aktuella miljön. När det gäller nya elanläggningar och byggnader bör man redan vid planeringen sträva efter att utforma och placera dessa så att exponeringen begränsas"*

3.3.6. Begreppet sjuka hus-sjukan

I både massmedia och vetenskapliga artiklar nämns ofta sjuka hussjukan. Enligt WHO är Sick Building Syndrome (SBS, Sjuka hussjukan) förekomsten av specifika symptom med ospecifik orsak till symptomen. Dessa symptom upplevs ofta av människor när de arbetar eller bor i en särskild byggnad men försvinner när de lämnar byggnaden. Symptomen inkluderar irriterade slemhinnor, hud- och ögonirritation, bröstsmärtor, trötthet, huvudvärk, lätt illamående, apati, koncentrationssvårigheter, upplevelse av dålig lukt och influensaliknande symptom. SBS kan normalt inte kopplas till någon specifik förorening eller till defekter i ventilationssystemet (WHO 2000). Begreppet "sjuka hus" är dock ett otydligt begrepp då det ej är byggnaden som är sjuk, det är brukarna som blir sjuka på

grund av att det är något fel i byggnaden. De symptom som uppkommer behöver dock inte bero på byggnaden utan kan också bero på andra faktorer. Det finns en del studier som visar till exempel att kvinnor upplever mer påverkan av SBS än män som vistas i samma byggnader (Stenberg 1993). Om detta beror på att kvinnorna är känsligare för eventuella problem i byggnaden eller att de är känsligare för påverkan av andra faktorer framgår inte.

Det finns olika faktorer, som kan vara involverade i SBS enligt WHO (WHO 2000).

- √ Fysiska faktorer, inklusive temperatur, relativ fuktighet, ventilationsgrad, konstgjort ljus, ljud och vibrationer.
- √ Kemiska faktorer inkluderande miljötobaksrök, formaldehyd, VOC, bekämpningsmedel, luktande föreningar, CO, CO_2, NO_2 och O_3.
- √ Biologiska och psykiska faktorer.

SBS är alltså ett samlingsbegrepp för olika diffusa symptom, angivna ovan. I studier har man indikerat samband mellan SBS och vissa typer av byggnader. I många fall är dock de symptom som uppträder så varierande att SBS inte kan anses som en tillräcklig diagnos som skulle vara användbar för att definiera ett problem i en byggnad.

SBS kan jämföras med det betydligt tydligare definierade begreppet byggnadsrelaterad ohälsa vilket är ohälsa som är relaterat till exponering inomhus för biologiska och kemiska substanser (till exempel svampar, bakterier, endotoxiner, mykotoxiner, radon, koloxid, formaldehyd). Denna typ av ohälsa drabbar vissa människor vilka bor eller arbetar i en specifik byggnad och den upphör inte då man lämnar byggnaden. Ohälsan inbegriper bland annat luftvägssjukdomar, legionella, hjärt- och kärlsjukdomar och lungcancer (WHO 2000).

3.4. Aktiviteter och brukande

3.4.1. Miljötobaksrök

Miljötobaksrök är en viktig faktor för inomhusluftkvaliteten. Partiklarna och ångfasen av miljötobaksröken är komplexa blandningar av flera tusen kemikalier, inkluderat kända cancerogener som nitrosamin och bensen. Cigarettrök innehåller partiklar i regionen runt 0,3 μm (Philips 1999). Partiklarna bildas vid mycket hög temperatur och kyls sedan snabbt av. Detta medför att partiklarna snabbt blir större på grund av kondensation (Kavouras 2002). Koncentrationen av de kondenserade partiklarna mäts därför vanligen som PM_{10}, det vill säga samma som mängd partiklar >10 μm. Denna halt är oftast 2-3 gånger högre i byggnader med rökare än i byggnader utan rökare. Nikotin finns i ångfasen med koncentrationer upp till 10 $\mu g/m^3$ i byggnader med rökare.

För att mäta hur mycket miljötobaksrök (passiv rökning) ickerökare inandas kan olika substanser och olika mätmetoder användas. Respirabla svävande partiklar inkluderar miljötobaksrök. Ångfasdelen av miljötobaksröken kan mätas genom nikotin och 3-etenylpyridine (Schwartz och Zeger, 1990). Salivtester kan kontrolleras med avseende på kotinin (en nedbrytningsprodukt av nikotin i kroppen) (WHO 2000).

3.4.2. Fukttillskott

Vid användning av en byggnad är det som tidigare nämnts viktigt vilken relativ fuktighet det är i byggnaden. Denna beror främst på fukthalten utomhus, men också på vilket fukttillskott det är i byggnaden. Enligt (Nevander 1994) kommer fukttillskottet i första hand från avdunstning från människor, djur och växter samt från disk, tvätt, bad, rengöring, matlagning, och befuktning, se också kapitel 2.

Genom utformning av byggnaden, framförallt olika delar av installationerna, kan fukttillskottet från olika aktiviteter minimeras. På de platser där vatten förångas, till exempel vid dusch, torkning av tvätt eller disk mm, kan fukttillskottet till inomhusluften minskas om en frånluftsventil placeras i närheten.

3.4.2.1. Avdunstning från brukare

Personer som vistas i byggnaden tillför fukt till inomhusluften. Beroende på vilken temperatur det är i luften och personernas aktiviteter blir det olika fuktavgivning. Ungefär hälften av den fukt som tillförs av människorna kommer från utandningsluften och hälften kommer genom svettning. En vuxen person i vila avger ca 40-50 g/h i normal rumstemperatur (Nevander 1994). Vid både högre aktivitet respektive högre rumstemperatur ökar denna fuktavgivning.

3.4.2.2. Dusch

Duschning tillför fukt till inomhusluften. I de fall ventilationen forceras i duschrummet i samband med duschning kan dock den största delen av denna fukt föras ut från byggnaden innan den höjer den relativa fuktigheten i hela bostaden. Till exempel kan ventilationen i badrum placeras på så sätt att fukten som avges vid duschning kan sugas ut på effektivt sätt och även skapa undertryck i badrummet i förhållande till övriga rum.

3.4.2.3. Tvätt och disk

Vid torkning av tvätt och disk tillförs byggnaden fukt. Dessa tillskott sker oftast under korta tidsperioder och i specifika rum. Hur mycket fukt som tillförs vid torkning av tvätt beror naturligtvis främst på mängden tvätt och på hur mycket tvätten har centrifugerats innan den torkas.

3.4.2.4. Städning

I de fall våta städmetoder används (skurmaskiner, våtmoppning etc.) tillförs byggnaden fukt.

3.4.2.5. Växter inomhus

Det har rapporterats att växter kan uppta vissa föroreningar som finns i inomhusluft och att olika växter tar upp olika föroreningar (Wolverton 1996). De undersökningar som gjorts för att kvantifiera i vilken omfattning olika växter kan rena luften har främst fokuserat på formaldehyd och olika VOC (Wolverton 1996). Fredskalla och gullranka är två exempel på växter som upptar mer av ett flertal olika VOC jämfört med en del andra vanliga krukväxter. Genom att "överdimensionera" mängden växter kan reningen troligtvis bli tillräcklig. Beräkningar av hur mycket växter som krävs har inte gjorts. Man måste observera att det finns risk för att det börjar växa mögel i jorden och då kan man skapa ett nytt miljöproblem.

Växterna tillför fukt till inomhusluften med samma mängd som de vattnas. Om vattning sker med 2 l/dag till krukväxter i en byggnad avges också 2 l/dag från krukväxterna (Nevander 1994).

3.4.3. Husdjur

Husdjur kan medföra problem för vissa allergiker och ibland även för dem som är överkänsliga. Allergenen sprids lätt och sitter kvar under lång tid och är svåra att få bort helt. Detta är dock ett problem, som helt beror på brukarna av byggnaden, eftersom dessa avgör om man skall ta in husdjur i byggnaden eller inte. Om byggnaden ligger nära en gård med djur som kan medföra förhöjda halter av allergener, kan åtgärder göras med hjälp av ventilationen för att minska mängden allergen inomhus.

3.4.4. Möbler och inredning

Nya möbler och ny inredning kan avge emissioner, som oftast avklingar inom några månader eller i vissa fall år. På grund av att man ofta sätter in nya möbler i nya byggnader kan detta påverka emissionshalten i en ny byggnad. Det är vanligt att emissionsnivån i en ny byggnad är något högre än i fortvarighetstillståndet. När emissioner från alla möblerna adderas kan det bli mycket höga värden. Textila och porösa material i möbler har emellertid också förmåga att uppta emissioner, till exempel miljötobaksrök, vilka sedan avges under en längre tid.

3.5. Summering och slutsatser

Upplevelsen av inomhusluften är objektiv och subjektiv. Människors olika förutsättningar kan medföra att luftkvaliteten upplevs olika av olika människor. Det går att objektivt testa reaktioner på till exempel slemhinnor och hud hos människor. Dessa reaktioner kan bero

på inomhusluften. Den subjektiva upplevelsen, (och även kanske vissa objektiva upplevelser som det inte idag finns testmetoder för) av inomhusluften är svår att testa helt objektivt.

Allergier och annan överkänslighet ökar, främst i västvärlden. En stor del av ökningen utgörs av astma. Det som påverkas av inomhusluften är framförallt de snabba allergierna, de som vanligtvis påverkar slemhinnorna. Mindre väl medicinskt belagda sjukdomssyndrom är elöverkänslighet och den så kallade sjuka hussjukan. Det verkar inte troligt att ökningen av olika former av överkänslighet främst beror på senare års byggnader.

4 KRAV PÅ INOMHUSLUFTEN

4.1. Introduktion

I detta kapitel beskrivs de krav som finns och har funnits på inomhusluft i icke industriella byggnader i Sverige. En översiktlig litteraturstudie av hur inomhusluft har uppfattats och beaktats under 1900-talet presenteras. Den viktigaste källan har varit de olika byggregler som har gällt under 1900-talet, se figur 2. En diskussion görs av hur byggreglerna under olika perioder tog hänsyn till inomhusluften. Det är dock inte förrän under slutet av 1900-talet som några som helst krav ställdes på inomhusluften, förutom att man underförstod att den skall vara bra. Även krav i normer som har klara samband med fukt diskuteras. Anledningen till detta är de starka samband som finns mellan fukt i byggnader och hälsoproblem, se kapitel 2. Kraven som finns på byggnader är inte bara legala krav utan beror också av vad brukarna och byggherrarna vill ha och är villiga att betala för. En utvärdering av vilka krav som ställs i byggprocessen har gjorts i delkapitel 4.2. En annan del av de krav som ställs beror på vad som beskrivs i massmedia om byggnaders inomhusluft. Även av detta har en utvärdering genomförts se delkapitel 4.3.

Dagens krav på inneluft baseras på:

- √ kunskap, översiktligt beskrivet i kapitel 2 och 3
- √ brukarnas krav och åsikter
- √ massmedial påtryckning
- √ erfarenheter av tidigare krav i normer och byggregler

4.2. Brukarnas krav

De som beställer en byggnad som byggherrar eller som skall utnyttja byggnaden som hyresgäster ställer många krav på den byggnad som skall byggas eller som de planerar att hyra. I bilaga 1 finns en sammanfattning av exempel på krav som ställs på inomhusmiljö i olika delar av byggprocessen, framförallt luften. Följande krav är vanliga;

1) Generella krav, till exempel:
   a) Låga radonkoncentrationer inomhus.
   b) Material, konstruktioner, installationer och byggmetoder skall väljas så att hälsosamma byggnader blir resultatet
2) Krav på produkter som skall användas:
   a) Alla material skall väljas så att en hälsosam miljö skapas.
   b) Material skall ej emittera ämnen som är ohälsosamma eller farliga för de boende eller för den yttre miljön.
   c) Information skall finnas om vilken mängd och typ av emissioner olika produkter avger.
   d) Ämnen som inte får ingå i produkter listas. Kemikalieinspektionens OBS-lista och vissa specifika allergiframkallande ämnen tas ofta upp.
3) Krav med avseende på fukt:
   a) Kontroll av kritiska fuktkvoter skall ske
   b) Kunskap skall finnas om vilka kritiska fuktkvoter olika material har.

De som skall bruka en byggnad vill naturligtvis vistas i en miljö där deras hälsa inte påverkas negativt. Eftersom alla människor är olika och har olika toleransnivå för när luften påverkar dem negativt kan inte bra luftkvalitet anges som enda krav då en byggnad ska byggas. Det finns inte heller tillräckligt med kunskap för att kunna ange nivåer för alla olika ämnen som kan finnas i inomhusluften och som kan påverka hälsan negativt. Detta gör att det knappast är möjligt att utforma en byggnad så att man med säkerhet vet att alla som vistas i den upplever inneluften som "sund". Däremot kan man genom att använda lågemitterande beständiga material, undvika att bygga in fuktproblem och utforma ventilationsanläggningar på bra sätt minska risken att få dålig inomhusluft.

4.3. Krav uppkomna genom massmedias aktivitet

Utan att genomföra en grundlig undersökning omfattande ett stort antal personer är det svårt att veta vad människor anser om den inomhusluft de utsätts för. Tidningar har emellertid en granskande funktion och det som skrivs i tidningar kan därför till viss del ses som allmänhetens åsikter. Genom att göra datasökningar på vad som skrivits om "sjuka hus" och "sunda hus" kan en del samband ses.

En litteratursökning gjordes i databasen Byggdok på artiklar skrivna mellan 1997-2001. Det blev endast 180 träffar med sökorden "sjuka hus" och "sunda hus". Cirka en fjärdedel handlade om fukt eller problem som är mycket nära relaterade till fukt. Många artiklar beskriver samma byggnad i olika skeden av en utredning och ur olika perspektiv. Mindre än 10 % av artiklarna var från dagspressen, resterande var i huvudsak från facktidningar inom byggbranschen. Det skrivs mycket lite om sjuka och sunda hus i dagstidningar.

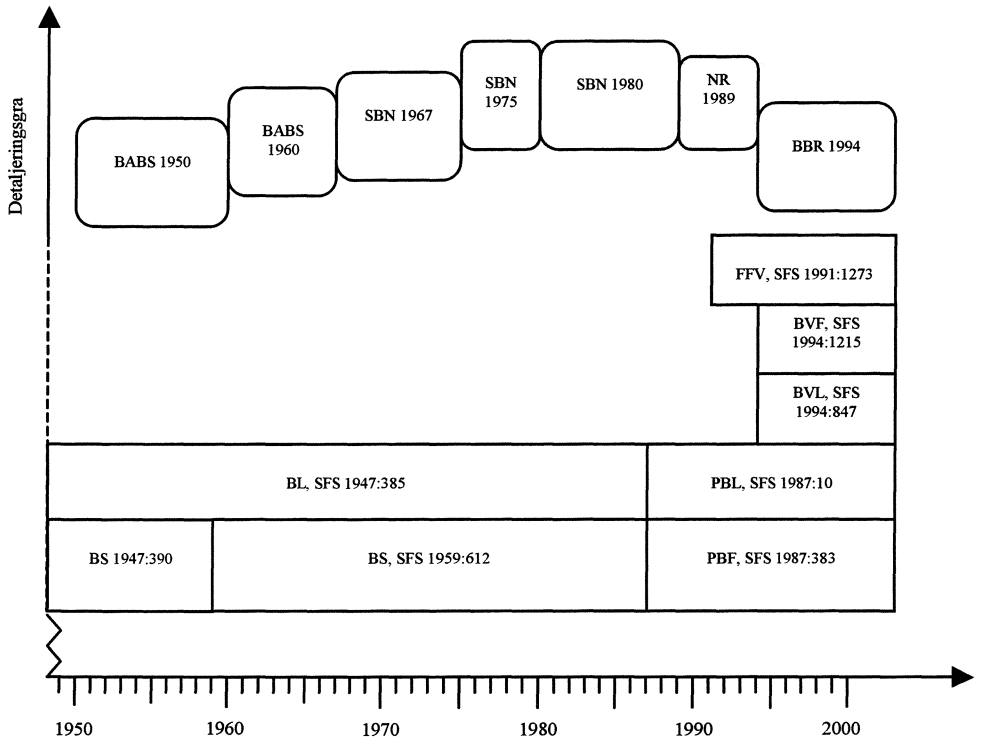
I artiklarna var det vanligt att man beskrev sjuka hus-sjukan som ett enda problem. Man skriver ofta att man ännu inte funnit orsaken till sjuka hus-problemet, men att man letar efter någon enstaka faktor att åtgärda för att lösa problemet. Troligtvis är det inte på detta enkla sätt, utan olika symptom hos brukarna beror på många olika problem hos byggnaden. De olika symptom som är vanliga "sjuka hus-symptom" beskrivs i kapitel 3.

Minst 60% av de artiklar som var skrivna om sjuka hus behandlade byggnader i Stockholmsområdet. Detta kan jämföras med att enbart 20% av Sveriges invånare bor i Stockholm.

4.4. Regelverkets syn på inomhusluft

4.4.1. Introduktion

I figur 2 finns en sammanställning av de lagar, föreskrifter och råd som har funnits under andra halvan av 1900-talet för nybyggnation och vilka påverkar byggnadens inomhusluft. En analys av hur denna sorts krav har utvecklats med tiden presenteras i detta delkapitel.



Figur 2 Lagar och författningar som beskrivs i kapitlet.

4.4.1.1. Regelverket till och med 1950

Medvetenheten om byggnaders betydelse för hälsan har som så mycket annat utvecklats efter hand. En mycket översiktlig resumé över några viktiga detaljer i denna utveckling beskrivs i detta kapitel.

I tredje Mosebok 14:37-45 finns det beskrivet hur man skall göra ren en byggnad som drabbats av spetälska. Om en byggnad har grönaktiga eller rödaktiga fläckar som är lägre än resten av ytan och de dessutom växer under en vecka, då var byggnaden smittad av spetälska. Första steget var att byta alla stenar som var smittade och ta bort allt murbruk och därefter slänga allt detta på en oren plats utanför staden. Det fanns alltså redan då viss medvetenhet om att det inte var bra med fläckar som växte (troligtvis mögel) på väggarna.

"Byggningsbalken" SFS 1736:0123.1 gavs ut 1736 (Kungl. Majestät 1736). I denna författning anges hur tomten skall bebyggas med mangård och ladugård. Det anges vad som skall finnas i mangården med förstuga, kammare, visthusbod och liknande. Man fick inte bygga på ett sätt så att det orsakade skada för de närliggande. Man fick till exempel inte bygga för nära grannens tomt. Det som däremot helt saknades var krav på hur inomhusluften skulle bli bra i byggnaderna. Inte heller några andra byggnadstekniska

detaljer angavs som krav. Denna författning var alltså mer en planeringslag än specifikt hur byggnaderna skulle utformas.

I slutet på 1800-talet, 1874, kom "Konglig Majestäts Byggnadsstadga för rikets städer" (Kungl. Majestät 1874). Precis som namnet antyder gällde den enbart för städerna. På landet ansågs det att regleringar inte behövde ske mer än det som skett enligt Byggningsbalken, enligt föregående stycke. I byggningsstadgan reglerade man främst stadsplaneringen, till exempel var hus fick placeras och hur nära tomtgräns man fick bygga. Även denna stadga behandlar främst planeringen av staden, inte byggnaders utformning. Därmed ges inte heller i denna några direktiv för hur byggnaden skall utformas för att skapa bra inomhusluft.

Den person som anses vara arbetsmiljölärans fader, Bernardino Ramazzini (1633-1714), skrev den första avhandlingen om yrkesmedicin, De Morbis Artificum Diatriba (Sjukdomar hos arbetare). Den gavs ut i sin första version 1700. I denna beskrivs olika hälsoproblem för 52 olika yrkesgrupper. Några hälsoproblem han tar upp är bl.a. relaterade till irriterande kemikalier, damm och metaller i luften. Max Josef von Pettenkofer (1818-1901) var den förste som mätte koldioxid inomhus som ett mått på luftkvaliteten. En annan viktig del i hans forskning var att studera hur kolera spreds. I Sverige var Elias Heyman (1829-1889) en av föregångarna inom "allmän hälsovårdslära". Han gav bland annat ut skriften "Om luften i våra bostäder" 1881.

I slutet av 1930-talet gjorde Ludvig Nordström, författare och radiojournalist, en resa genom en del av Sverige. Intervjuerna från denna resa kunde höras i radion och blev mycket uppmärksammade. Ludvig Nordström sammanfattade sina upplevelser i en bok, Lortsverige (Nordström 1938). Bostadsförhållandena under denna tid beskrivs som mycket varierande. Genomgående är dock att nya hus beskrivs som mycket bra ur många perspektiv, bl.a. att luften upplevs som frisk. Äldre hus som hade bl.a. fuktproblem uppmärksammades också och beskrevs som hälsoproblem. Denna slutsats kan jämföras med dagens situation där det visar sig att äldre hus oftare upplevs som hälsosamma, jämfört med yngre hus, se kapitel 6.

1954 gjordes en utredning som kallades God Bostad (Bostadsstyrelsen 1954). Den allmänna definitionen av vad en god bostad ansågs vara var:

> *"en bostad som är anpassad till våra behov och önskemål med avseende på rymlighet, planering, utrustning, materialbehandling, belysning, läge o.s.v."*

I de allmänna riktlinjerna anges alltså inte luften som något behov eller önskemål som ansågs viktigt. Inte heller i de mer detaljerade riktlinjerna läggs det någon vikt vid inomhusluften. Denna utredning ansåg framförallt låga hyreskostnader och väl utnyttjade ytor som de centrala frågorna för att skapa bra bostäder. Denna utredning verkar ha haft stor genomslagskraft i den följande utvecklingen av bostäder.

Medvetenheten och kunskapen om inomhusluftens och byggnadens betydelse för hälsan har ökat efter hand.

4.4.2. Regelverkets utveckling från 1947 till i dag

4.4.2.1. Introduktion

Sedan 1947 har utvecklingen av lagar, regler och normer för byggnader gradvis förändrats i stor utsträckning. I detta delkapitel redovisas de olika författningar och normer som har beaktat inomhusluften i byggnader som är byggda 1947 och framåt.

4.4.2.2. SFS 1947:385 Byggnadslagen

Byggnadslagen kom 1947, (Kungl. Majestät 1947). Enligt byggnadslagen skulle en generalplan:

> *"genom stadens försorg upprättas i den mån så erfordras till ledning för närmare planläggning beträffande stadens ordnande och bebyggande".*

Närmare reglering av bebyggelsen skulle ske genom stadsplan eller byggnadsplan. I denna fanns inga närmare regler eller anvisningar för hur byggnaden skulle utformas eller vilka krav som skulle uppfyllas med avseende på inomhusluften.

Denna lag avser alltså bara reglering och planering av mark. I lagtexten ansåg man alltså inte att det var viktigt att det sattes krav på inomhusluften. På grund av detta beskrivs inte denna lag mer ingående här

4.4.2.3. Byggnadsstadgan, 1947:390

Kunglig Majestäts Byggnadsstadga 1947:390 (enklare uttryckt Byggnadsstadgan 1947) tar inte konkret upp inomhusluften (Kungl. Majestät 1947). Krav i stadgan som påverkar inomhusluften gäller fuktfrågor och luftutbytesfrågor. De olika fuktfrågor som tas upp gäller framförallt att grundläggningen skall utföras på ett sätt så att fuktproblem minimeras. Bland annat anges följande:

> *"I boningsrum skall golvet läggas å sådan höjd över angränsande markens yta att skäliga anspråk på sundhet och trevnad tillgodoses, dock minst 30 centimeter."*

Även för golv i tvättstugor, bad och duschrum anges fuktkrav. Golven "skall utföras av för vatten ogenomträngligt ämne."

Faktorer som har mer direkt koppling till luften är luftutbyten. Bland annat krävs följande:

> *"...erforderlig anordning för införande av frisk luft och för avlägsnande av den förbrukade."*

En annan aspekt som tas upp är våningshöjden som skall vara minst 2,90 i flerbostadshus och minst 2,70 tvåbostadshus och mindre hus. I de fall bjälklagstjockleken översteg 32 centimeter skulle våningshöjden korrigeras för detta. Standarden för vad rumshöjden skulle vara var alltså högre än dagens standard.

Byggnadsstadgan från 1947, tar alltså upp mycket litet av sådana faktorer som påverkar inomhusluften.

4.4.2.4. Byggnadsstyrelsens anvisningar till 1947 års byggnadsstadga, BABS 1950

Till byggnadsstadgan fanns anvisningar, BABS 1950 (Byggnadsstyrelsens anvisningar till 1947 års byggnadsstadga) (Byggnadsstyrelsen 1950). De delar i BABS 1950 som ger anvisningar som i stor utsträckning påverkar inomhusluften är ett kapitel om "Ventilation" och ett kapitel om "Skydd mot fukt i bonings och arbetsrum". Kapitlet om ventilation beskriver i den inledande texten vad som är tänkt att uppnås med dessa anvisningar. Till exempel anges att:

> *"Den vägledande principen vid ventilationsanordningars utformning bör vara att föroreningar, såsom lukt, imma, damm, rök, gaser eller dylikt, skola uppfångas så nära alstringsstället som möjligt, så att de ej sprida sig till större del av det ventilerade utrymmet än nödvändigt, samt att den friska luften tillföres och fördelas på lämpligt sätt, så att den väl utnyttjas innan den bortföres."*

Resterande delar i ventilationskapitlet berör i princip endast hur ventilationskanaler skall vara utformade, storlek på ventiler, längd och placering av kanaler och liknande anvisningar.

I kapitlet om skydd mot fukt hänvisas till kapitel om ventilation och kapitel om värmeisolering. Det finns dock en anmärkning om att det är bra att undvika att fukt tillförs under byggnadsarbetet. Bland annat skall enligt dessa anvisningar oljemålning, tapetsering, påläggning av linoleummattor och liknade åtgärder inte göras i ett nybyggt

hus innan det torkat ut tillräckligt. Det finns dock ingen närmare precisering av vad tillräcklig uttorkning innebär.

Vid denna tid hade man alltså ungefär samma grundinställning som i dagsläget, men preciseringen av kraven var mycket bristfälliga. Målen var att föroreningar skulle uppfångas så nära källan som möjligt och spridning skall undvikas. Det fanns dock inga anvisningar om hur man skulle kunna kontrollera att det skedde i tillräcklig omfattning.

4.4.2.5. SFS 1959:612 Byggnadsstadgan

1959 utkom en ny byggnadsstadga: SFS 1959:612 Byggnadsstadga. Byggnadslagen som gällde 1960 var fortfarande SFS 1947:385 Byggnadslagen. I byggnadsstadgan från 1959 är faktorer som kan påverka inomhusluften betydligt mer allmänt hållna än i den föregående byggnadsstadgan från 1947. Ett stycke där det finns anknytning till inomhusluft är följande:

> *"Särskilt skall beaktas följande:*
>
> 1. *Byggnaden skall bereda erforderlig värme- och ljudisolering samt tillfredsställande skydd mot fukt.*
> 2. *Byggnaden skall kunna uppvärmas och ventileras på tillfredsställande sätt."*

Även rumshöjden anges. Den skall vara minst 2,50 meter. Förutom detta finns det inga paragrafer som syftar till att åstadkomma god inomhusluft. Denna byggnadsstadga är alltså mycket torftig i detta avseende (Kungl. Majestät 1959).

4.4.2.6. Byggnadsstyrelsens anvisningar till byggnadsstadgan, BABS 1960

I Byggnadsstyrelsens anvisningar till byggnadsstadgan (BABS 1960), som ersatte BABS 1950, finns delvis ingående instruktioner om hur byggnaden skall utformas för att uppfylla de krav som ställs. De kapitel som i större omfattning bedöms påverka inomhusluften är de som hanterar ventilation och skydd mot fukt.

För ventilationen finns, precis som i BABS 1950, allmänna krav om att olika föroreningar skall föras bort via utsug så nära källan som möjligt. Det finns också krav på att:

> *"Alla utrymmen i byggnad förses med ventilationsanordningar i sådan utsträckning att uppkomsten av mögel och röta förhindras."*

Beskrivningen av hur kanaler, olika ventilationsdon och olika sorters ventilation skall utformas har blivit mer omfattande än i föregångaren BABS 1950. Det finns dock inga specifika gränser på halter av föroreningar av olika typ som inte får överstigas.

I det kapitel som heter "Skydd mot fukt" anges bland annat som allmänt krav att:

"Byggnad anordnas så, att den bereder erforderligt skydd mot fukt."

För att kunna uppfylla detta hänvisas till de underkapitel som finns. Genomgående för dessa underkapitel är att man hänvisar till att "erforderligt skydd" och "erforderliga anordningar" skall finnas i byggnaden. Med dagens kunskap skulle det vara svårt att uppfylla dessa "erforderlighetskrav" eftersom de inte är kvantifierade och med den mindre kunskap som fanns 1960 var det troligtvis ännu svårare.

En intressant iakttagelse är att "Skydd mot fukt" beskrivs på 3 sidor och "Ventilation" beskrivs på 27 sidor. Detta beror troligtvis på att en medvetenhet om ventilation har funnits under lång tid och därmed har mer kunskap och krav vuxit fram inom detta område. Innan kunskap och medvetenhet finns är det ju naturligtvis svårt att ställa krav.

Under tiden som BABS 1960 användes beslutades om den byggnadspolitiska åtgärden miljonprogrammet. Detta program verkställdes 1964-1974. Målet var att man skulle bygga bort trångboddheten och bostadsbristen genom att bygga 100 000 lägenheter per år under tio års tid. Man skulle därmed producera cirka1 miljon nya bostäder på mycket kort tid.

4.4.2.7. Svensk Byggnorm 67 (SBN 67)

Under tiden Miljonprogrammet pågick fastställdes nya normer, Svensk Byggnorm 67, SBN 67, (Planverk 1967) som ersatte BABS 1960. I SBN 67 finns inga direkta krav på inneluften med avseende på föroreningar. Det anges dock att krav angående inomhusklimat är under utarbetande. De kapitel som i större omfattning bedöms påverka inomhusluften är de kapitel som hanterar fukt- och vattenisolering, ventilation och rumshöjd.

De krav som finns med avseende på ventilation beskrivs relativt ingående. I inledningen till ventilationsavsnittet står det följande:

"För säkerställande av godtagbar lufthygien förses byggnad för stadigvarande bruk med erforderliga ventilationsanordningar."

I denna norm har detaljeringen av hur ventilationen skall utformas blivit ännu mer detaljerad än i den föregående BABS 1960. Det finns bland annat angivet att koloxidhalten (CO) ej får överstiga 20 ppm som dygnsmedelvärde eller 60 ppm som

2-timmarsmedelvärde. Förutom detta är de olika normernas ventilationskapitel relativt lika.

I kapitlet om "Fukt- och vattenisolering" finns en portalparagraf om allmänna fordringar på byggnader:

> *"Byggnad utformas så, att den bereder erforderligt skydd mot fukt. Dess olika delar konstrueras så, att ett för byggnadens ändamål och användning lämpligt inomhusklimat kan uppnås. Dessutom utformas och utförs byggnadsdelarna så, att byggfukt kan avdunsta och så, att inbyggda material får lämplig fuktkvot med hänsyn till dess funktion och beständighet."*

Detta är med tanke på dagens erfarenheter vettiga krav.

Fuktavsnittet har i denna norm blivit betydligt mer omfattande och det anges i större utsträckning kvantitativa lösningar, inte bara att lösningen skall vara erforderligt bra.

En intressant tumregel som ges är hur en träkonstruktions vägg skall byggas upp.

> *"Därjämte bör den varma sidans ytskikt inte ha större ånggenomsläpplighet än 0,01 g/m^{2}h Hg och vara minst fem gånger tätare än den kalla sidans ytskikt för att kondensation inte skall ske av diffunderande vattenånga. "*

I dagens väggkonstruktioner uppbyggda med träreglar förekommer ibland fuktproblem som kan medföra problem med inomhusluften. Om denna tumregel hade använts hade troligtvis en del skador, och därmed problem, kunnat undvikas.

Temperaturkrav anges som att lämpligt rumsklimat skall uppnås. Ingen specifik nivå anges.

Det fanns också krav på hur arbetet skall utföras.

> *"Vid inbyggnad av material tillses att materialet har lämplig fuktkvot med hänsyn till förhållandena vid inbyggnadstillfället. Överstiger denna fuktkvot normalt uppkommande jämnviktsfuktkvot för ifrågavarande konstruktion, tillses att materialet ges erforderlig möjlighet att torka ut till jämnviktsfuktkvot. Uttorkningens förlopp rättas efter vad som är lämpligt för materialet ifråga. "*

Sammanfattningsvis kan man se att dessa råd till mycket stor del liknar de som finns i dagens normer, se 4.4.2.14. Det som skiljer är främst hur noggrant man anger hur ett problem skall lösas. I dagens normer finns det funktionskrav, i SBN 67 fanns det lösningar som ansågs medföra att byggnaden fick en god inomhusluft eller beständighet.

4.4.2.8. Svensk Byggnorm 1975 (SBN 1975)

Efter energikrisen i mitten av 1970-talet arbetades SBN 67 om till SBN 1975 (Svensk Byggnorm) (Planverk 1975). I denna norm blir anvisningarna än mer ingående, kvantitativa och specifika.

Allmänna krav på en byggnads luftkvalitet var enligt SBN 1975 bland annat:

> *"Luftkvaliteten skall i varje rum, med hänsyn tagen till avsedd användning, kunna hållas på en sådan nivå att sanitär olägenhet eller hälsofara inte uppstår."*

De delkapitel som reglerar faktorer som påverkar inomhusluft är:

- √ Fukt- och vattenisolering
- √ Värmeisolering och lufttäthet
- √ Termiskt inomhusklimat
- √ Luftkvalitet

I dessa delkapitel finns även en stor mängd underkapitel där det ges kvantitativa anvisningar.

Portalparagrafen med avseende på fukt ser ut enligt följande:

> *"Byggnadens olika delar utformas så, att de i tillfredsställande grad motstår förekommande fuktangrepp. De anordnas därjämte så, att byggfukt inom rimlig tid kan torka ut så mycket att byggnadsdelarna får lämplig fukthalt med hänsyn till funktion och beständighet."*

Det finns ett flertal underkapitel till fuktkapitlet. De som bedöms kunna påverka inomhusluften i större utsträckning är underkapitlen "Skydd av byggnadsdelar och lokaler" och "Arbetsutförande". Bland annat godtas byggnadstekniska lösningar som gett

1000-tals mögelhus med inomhusluftproblem. Till exempel angavs att vid platta på mark kunde ett överliggande luftat och värmeisolerande golv installeras.

Vid en jämförelse mellan SBN1975 och SBN 67 framgår att under respektive underkapitel anges ungefär samma krav, men att kraven i SBN 1975 är i något större utsträckning kvantifierade.

Kapitlet om luftkvalitet (egentligen Ventilation) ger nya krav i denna norm jämfört med de tidigare normerna. Det allmänna kravet är formulerat enligt nedan:

> *"Byggnad anordnas på sådant sätt samt förses med installationer för luftväxling och uppfångande av luftföroreningar med sådan kapacitet och sådant utförande att följande villkor uppfylls..."*

Villkoren innebär krav att föroreningar skall fångas upp nära källan. Det är alltså en annan infallsvinkel på vilken funktion ventilationen skall fylla i byggnaden som ges i denna norm. Kraven som finns är kvantitativa. Kraven på CO och CO_2 är desamma som tidigare; max 1/10 respektive 1/20 av det hygieniska gränsvärdet.

Temperaturkrav för inomhusluften finns angivet i en tabell och är olika för olika typer av lokaler. I bostadsrum krävs det att den riktade operativa temperaturen är minst 18°C.

Sammanfattningsvis kan man se att skillnaden mellan SBN 1975 och SBN 67 inte är stora, men att kraven är mer specifika och kvantitativa.

4.4.2.9. Svensk Byggnorm 1980 (SBN 1980)

Svensk byggnorm 1980 (SBN 1980), (Planverk 1980) efterträdde SBN 1975. Denna norm skiljer sig inte i någon större omfattning från SBN 1975 men vissa skillnader finns. Utvecklingen mot mer kvantitativa normer fortsätter. Det allmänna krav på en byggnads luftkvalitet är i princip ordagrant detsamma som i SBN 1975.

Ett kapitel som förändrats tämligen mycket sedan tidigare norm är det som behandlar "Allmänna hygieniska krav på byggnader". I de tidigare normerna var detta kapitel enbart mycket allmänt formulerat och anger att det skall vara möjligt att hålla rent och att undvika skadedjur. I SBN 1980 har detta krav utökats till att specificera att även formaldehyd, asbest och strålning skall undvikas. Det finns även kvantifierade värden för vad som får förekomma i inomhusluften. Det specifika kapitlet om luftkvalitet har inte förändrats i någon större omfattning.

Fuktskydd anses även i denna norm viktigt. De underkapitel, med avseende på fukt, som finns med i SBN 1980 och som påverkar inomhusluften är exakt desamma som i SBN 1975. En närmare jämförelse mellan de olika texterna visar dock på att man även börjar anlägga ett långsiktigt perspektiv på fuktproblematiken då man även anger beständighet och att mögel eller elak lukt ej skall uppstå.

Temperaturkrav för inomhusluften är exakt desamma som i SBN 1975.

Sammanfattningsvis kan sägas att SBN 1980 har många detaljregler och anger många kvantitativa värden på faktorer som påverkar inomhusluft. Den är dock tämligen lik SBN 1975.

4.4.2.10. Plan- och bygglag SFS 1987:10 (PBL)

Nu gällande Plan och bygglag, SFS 1987:10 (PBL) ersatte Byggnadslagen 1947 och Byggnadsstadgan 1959. Det finns krav på planering av marken på liknade sätt som det fanns i Byggnadslagen 1947. I PBL finns det dock inga direkta krav som kan påverka inomhusluften och det är inte heller syftet med den.

4.4.2.11. Plan- och byggförordningen, SFS 1987:383 (PBF)

Samtidigt som PBL infördes började även Plan- och byggförordningen, SFS 1987:383, (PBF) att gälla. I denna finns det inga krav på utformningen av byggnader med avseende på faktorer som kan påverka inomhusluften.

4.4.2.12. Nybyggnadsregler, BFS 1988:18 (NR)

Nybyggnadsregler BFS 1988:18 (Boverket 1989) (NR) började gälla 1989 och efterträdde SBN 1980. Utformningen av NR skiljer sig till viss del från de tidigare normerna. Generellt sett minskar detaljregleringen något, men det finns fortfarande många kvantitativa regleringar kvar.

De olika kapitel som reglerar faktorer som påverkar inomhusluften är:

- √ Rum
- √ Värme
- √ Luft
- √ Fukt

I luftkapitlet finns det regler som behandlar luftkvalitet. Det finns ett generellt råd angående luftföroreningar:

> *"Halterna av CO och CO_2 i tilluften, bör inte överstiga 1/10 av de nivågränsvärden som anges i arbetarskyddsstyrelsens kungörelse (AFS 1987:12) Hygieniska gränsvärden. Halten av andra föroreningar bör inte överstiga 1/20 av nivågränsvärdena enligt nämnda kungörelse."*

Kravet med avseende på radon finns kvar, men kravet med avseende på formaldehyd har placerats i en separat förordning. Förutom dessa krav finns på samma sätt som i tidigare normer en mängd specifika krav på utformning och funktion för ventilationssystem.

Allmänna krav på byggnaden ur fuktsynpunkt är:

> *"En byggnad skall placeras, utformas och utföras så att vatten- och fuktskador, mögel, elak lukt eller andra hygieniska olägenheter inte uppkommer."*

Det finns uppräknat ett flertal faktorer avseende fukt som det skall tas hänsyn till då en byggnad utformas. Bland annat skall påverkan av nederbörd, luftfukt, vatten i och på marken, byggfukt samt vatten från installationer beaktas vid utformningen av en byggnad. Även temperaturvariationer, lufttrycksskillnader, frost, isbildning och tö, mekaniska belastningar, kemisk och biologisk påverkan samt rörelser i byggnadens material och delar beaktas.

I de tidigare normerna har arbetsutförande angivits som separat del, men i NR finns ingen sådan separat del. Man tar för givet att det som anges skall uppfyllas.

De krav som finns på det termiska klimatet är att den riktade operativa temperaturen i vistelsezonen skall vara minst 18°C, och yttemperaturen skall vara mellan 16°C och 27°C. Här har man alltså gett kvantitativa riktlinjer för vad som skall uppnås i det termiska inneklimatet.

Sammanfattningsvis gäller att NR ger en del kvantitativa funktionskrav men även en hel del kvalitativa krav. Det verkar som om de som skrivit inte har kunnat bestämma sig för hur kraven skall anges. I texten är det en blandning av specifika krav (varierande om de är kvantitativa eller kvalitativa) och funktionskrav, som mycket sällan är kvantitativa.

4.4.2.13. Förordning (1991:1273) om funktionskontroll av ventilationssystem

I förordningen om funktionskontroll av ventilationssystem, SFS 1991:1273 (FFV) krävs att ventilationssystem med jämna mellanrum skall bli kontrollerade, genom så kallad OVK-besiktning (Obligatorisk Ventilations Kontroll). Beroende på vad byggnaden används till skall besiktning ske med olika intervall. För att en byggnad skall få en godkänd besiktning krävs det att byggnadens ventilationssystem uppfyller de krav som fanns då byggnaden uppfördes.

4.4.2.14. Boverkets byggregler (BBR), BFS 1993:57

Boverkets byggregler, (BBR), BFS 1993:57 (Boverket 1999), efterträdde NR. Generellt kan sägas om dessa regler att de är mycket funktionsinriktad. Krav med avseende på inomhusluft är i stort sett okvantifierade.

De allmänna krav som finns på en byggnad med avseende på hygien, hälsa och miljö är:

> *"Byggnader skall utformas så att luft-, ljus- och vattenkvalitet, fukt- och temperaturförhållanden samt hygienförhållanden blir tillfredsställande med hänsyn till allmänna hälsokrav."*

Luftkvalitetskraven har utökats med begränsningskrav på emissioner och mikroorganismer. Kraven är dock fortsatt enbart kvalitativa. Det anges enbart att material skall vara lågemitterande och att mikroorganismer ej får ge negativa hälsoeffekter. Det finns även krav på att god luftkvalitet skall erhållas i vistelsezonen och att föroreningar som medför negativa hälsoeffekter eller besvärande lukt inte får förekomma.

Kraven med avseende på ventilation är fortsatt relativt kvantitativa, men kortfattat formulerade. Råd avseende temperaturen i en byggnad ges. Det anges till exempel att ett tillfredsställande termisk klimat skall uppnås. Den riktade operativa temperaturen skall vara minst 18°C, temperaturdifferenserna max 5 K, yttemperaturen lägst 16°C och lufthastigheten skall understiga 0,15 m/s.

Byggherren har det fulla ansvaret för att huset uppfyller gällande bestämmelser. Byggherren skall också se till att tillsyn och kontroll utförs i tillräcklig omfattning. För de flesta byggnationer krävs tillstånd - Bygglov. Prövningen för detta gäller lokalisering och yttre utformning men husets tekniska egenskaper ingår inte.

Den metod som myndigheten idag använder sig av att kontrollera att lagar och förordningar uppfylls vid byggnation är att en kvalitetsansvarig definierad i PBL utses. Boverket har gett ut råd för hur de personer som skall kontrollera att lagstiftningen följs skall vara certifierade, (Boverket 1995). I och med övergången till funktionskrav på samma gång som ansvaret läggs över på byggherren blir det också högre krav på kunskap hos byggherren.

4.4.2.15. Lag om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, mm., (BVL), SFS 1994:847

Denna lag anger vilken kvalitet en byggprodukt eller ett byggnadsverk måste ha. Byggprodukter och byggnadsverk måste uppfylla generella kriterier under en ekonomiskt rimlig livslängd. De krav som påverkar inomhusluften är:

- √ Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö
- √ Säkerhet vid användning
- √ Lämplighet för avsett ändamål

Utöver dessa kvalitetskrav anges inget i denna lag som kan påverka inomhusluften. Trots att dessa regler finns är det tveksamt om alla byggprodukter uppfyller dem.

4.4.2.16. Förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, mm., BVF, SFS 1994:1215

I Förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, mm., (BVF), SFS 1994:1215 finns det angivet att:

> *"Byggnadsverk skall vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att det inte medför risk för brukarnas eller grannarnas hygien eller hälsa, särskilt inte som följd av*
>
> 1. *utsläpp av giftig gas,*
> 2. *förekomst av farliga partiklar eller gaser i luften,*
> 3. *farlig strålning,*
> 4. *förorening eller förgiftning av vatten eller mark,*
> 5. *bristfälligt omhändertagande av avloppsvatten, rök och fast eller flytande avfall, eller*
> 6. *förekomst av fukt i delar av byggnadsverket eller på ytor inom byggnadsverket."*

Dagens projekteringsmetodik som kan användas för att man skall uppfylla dessa krav är till viss del bristfällig. Det gör att det är svårt att veta hur man skall utforma byggnaden så att kraven med säkerhet blir uppfyllda.

4.5. Framtida krav

Det är naturligtvis svårt att sia om vilka framtida krav på inomhusluft som kommer att upprättas av myndigheter. En ledtråd till vilka krav som kommer att gälla kan dock vara de 15 miljökvalitetsmål som riksdagen beslutade om 1999. De 15 miljökvalitetsmålen har antagits för att man systematiskt skall kunna målstyra miljöområdet (Boverket 1999). Framförallt mål nummer 11 av dessa mål, "God bebyggd miljö", berör byggbranschen. Boverket har ett huvudansvar för detta miljökvalitetsmål och har delat upp det i 6 delmål. Delmål 5, som berör inomhusluften, är att:

> *"Boende- och fritidsmiljön utom- och inomhus, uppfyller höga krav på frihet från buller, tillgång till solljus och ren luft."*

Detta delmål är sedan i sin tur uppdelat i 3 delar varav två handlar om inomhusluften:

> *"Människor utsätts inte för höga radonhalter i inomhusluft och dricksvatten."*

och

> *"Hälsorisker i inomhusmiljön som har sin grund i byggnads- eller driftekniska förhållanden är åtgärdade år 2020."*

Boverket föreslår ett antal indikatorer som skall användas för att man skall kunna följa upp målen och delmålen. De indikatorer som handlar om inomhusluft syftar till kontroller av ventilation, luftkvalitet i tätorter, radon i inomhusmiljö, andel av befolkningen som uppger sig ha besvär på grund av inomhusluften samt antal lungcancerfall per år (Boverket 1999). Andelen personer som uppger sig ha besvär blir objektivt mätbart, men tolkningen av vilka besvär de har och vad det beror på blir med dagens kunskap en subjektiv bedömning. De flesta andra av dessa indikatorer går dock att mäta på ett relativt objektivt sätt.

WHO har gett ut riktlinjer för luftkvalitet där man anger olika riktvärden för hur luften bör vara inomhus och utomhus. 1987 gav WHO ut de första riktlinjerna för luftkvalitet i Europa. Man har sedan utvecklat detta dokument och år 2000 publicerat riktlinjer för luftkvalitet. Dessa riktlinjer är till största delen inriktade på utomhusluft, och de har ett globalt synsätt. Meningen med riktlinjerna är att ge hjälp åt regeringar att driva igenom standarder och att hjälpa miljö- och hälsoskyddsmyndigheter och yrkesutövare som försöker skydda allmänheten från effekter av farliga miljöföroreningar (WHO 2000).

Enligt WHO är inomhusföroreningar följande:

- √ Miljötobaksrök
- √ Biologiska partiklar (som till exempel pollen, kvalster, mögel, insekter, mikroorganismer, sällskapsdjursallergen etc.)
- √ Ickebiologiska partiklar (till exempel rök)
- √ Lättflyktiga organiska ämnen, VOC
- √ Kväveoxider, NO_x
- √ Bly
- √ Radon

- √ Koloxid, CO
- √ Asbest
- √ Olika syntetiska kemikalier
- √ Annat

Hälsoeffekter som beror på dålig kvalitet på inomhusluften är till exempel

- √ Allmän obehagskänsla
- √ Irritation av slemhinnor och hud
- √ Kronisk sjukdom
- √ Cancer i olika former

Viktiga faktorer som gör att kvaliteten på inomhusluften är olika i olika länder är framförallt uppvärmning av byggnaden och uppvärmningsteknik vid matlagning (elspis, gasspis, vedspis). Dessa faktorer påverkar typ och mängd av förbränningsprodukter i inomhusluften. Andra faktorer som skiljer är naturligtvis klimat, temperatur, luftfuktighet och även en del föroreningar med biologiskt ursprung som har olika tillväxtbetingelser i olika klimat.

Arbete pågår inom branschen för att ta fram funktionskrav för miljöanpassade byggnader. I dessa krav är det troligt att även inomhusluft kommer med som en delfaktor. Med tanke på att man strävar efter att ange krav som funktionskrav är det troligt att det blir så även för inomhusluft. I och med att arbetet inte är klart än är det dock svårt att veta exakt vad som kommer att finnas med i kraven.

Efter hand som mer kunskap framkommer om inomhusluft kommer fler kvantitativa krav troligtvis att ställas. I och med att krav ställs blir det också möjligt att sätta pris på vilken inomhusluft man är beredd att betala för.

Eftersom fukt är en av de viktigaste faktorerna som påverkar inomhusluftens kvalitet borde man i byggnadsregler även ställa krav på att man skall genomföra så kallad fuktdimensionering eller fuktriskbedömning i samband med utformning av byggnaden.

4.6. Synpunkter på krav som idag finns med avseende på inomhusluft

Efter hand som kunskapen om byggnader och deras funktion ökade blev också byggnormernas regler mer detaljerade. Oftast finns det dock flera sätt att lösa ett problem för att uppfylla en funktion och därmed har reglerna under senare år blivit mer

funktionsinriktade. Detta har gett en större valfrihet och möjlighet att finna nya vägar att lösa problem. På samma gång har det också skapat större krav på att byggherren själv har kunskap, eller anlitar personer med tillräcklig kunskap. Tyvärr är kunskapsnivån tämligen låg när det gäller frågor som rör byggnaders inneluftkvalitet. Den kunskap som finns är inte allmänt eller lätt tillgängligt.

5 METODER FÖR BEDÖMNING AV BYGGNADER OCH BYGGNADSKOMPONENTER MED AVSEENDE PÅ INOMHUSLUFT

5.1. Introduktion

Det används idag ett antal olika hjälpmedel för att ta hänsyn till olika egenskaper hos inre och yttre miljö. En del av dessa verktyg beaktar inneluftens kvalitet. I detta kapitel beskrivs och utvärderas de vanligaste hjälpmedlen översiktligt.

Hjälpmedlen kan delas upp i tre huvudgrupper:

(a) Hjälpmedel som möjliggör en bedömning eller certifiering av hela byggnaden.

(b) Hjälpmedel som utgår från hur brukarna upplever byggnaden

(c) Hjälpmedel som behandlar separata produkter.

Huvudsyftet med dessa hjälpmedel är inte att kontrollera eller påverka inomhusluften, men detta blir en bieffekt vilket beskrivs i detta kapitlen.

5.2. *Metoder för bedömning av hela byggnader*

5.2.1. Introduktion

I detta kapitel presenteras några av de hjälpmedel som finns för att bedöma byggnader ur miljösynpunkt. Inom konsultbranschen används många olika interna bedömningshjälpmedel som inte är väl kända, utanför företagen, eller som inte har enhetliga kriterier för bedömningen. I vissa hjälpmedel styr kundens önskemål vad som skall ingå. Av utrymmesskäl kan inte alla de hjälpmedel som idag används i Sverige beskrivas. För de system som presenteras beskrivs följande:

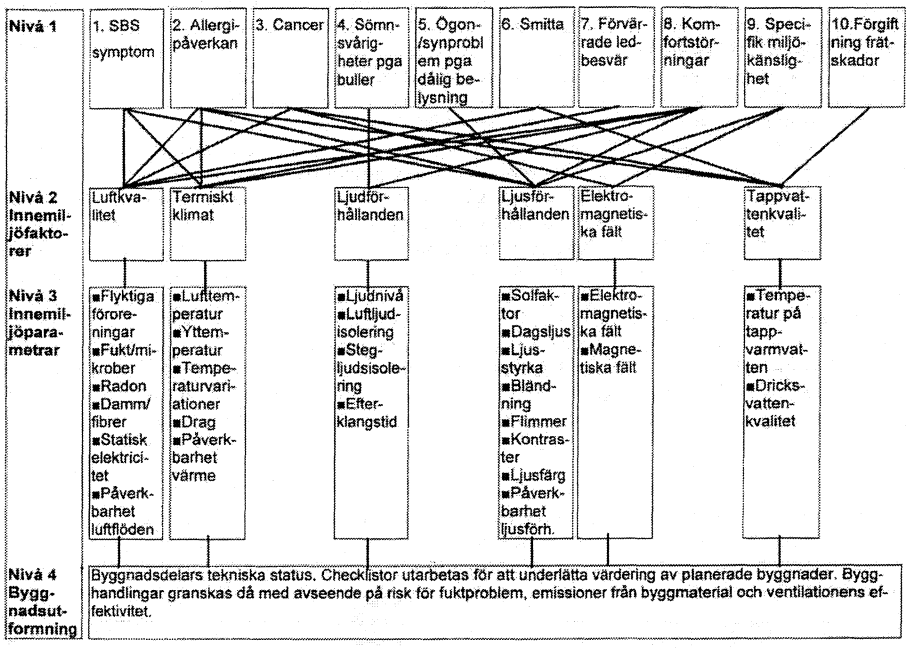
- √ Syftet med hjälpmedlet.
- √ Översiktligt hur hjälpmedlet fungerar.
- √ På vilket sätt hjälpmedlet hanterar innemiljö/inomhusluft.
- √ En översiktlig utvärdering av metoden.

5.2.2. EcoEffect

EcoEffect är ett hjälpmedel som tagits fram för att beräkna de miljöeffekter som förorsakas av en verksamhet i en fastighet under en antagen livscykeltid. Beräkningar görs med avseende på energianvändning, materialanvändning, innemiljö och utemiljö samt livscykelkostnader. Den värdering som görs baseras på livscykelanalyser och olika kriterier. Målet är att så långt det är möjligt kvantifiera den miljöpåverkan som en byggnad medför. Metodens utgångspunkt är tre så kallade skyddsobjekt;

1. människans hälsa,
2. biologisk mångfald och
3. tillgång till naturresurser.

För innemiljön tas bara hänsyn till skyddsobjektet människans hälsa. När det gäller befintliga fastigheter inventeras hälsofaktorn i huvudsak genom enkäter till brukare. För innemiljön är det enbart förhållanden innanför fastighetens gränser som värderas; man anlägger alltså inget totalt livscykelperspektiv.



Figur 2 Sambandsstruktur för innemiljö enligt EcoEffect (Glauman 1999)

I hjälpmedlet har det tagits fram en sambandsstruktur för innemiljö, med olika nivåer, se Figur 2. Nivå 1 definierar olika symptom som kan förekomma hos brukarna. Dessa kopplas till nivå 2 som utgörs av de olika innemiljöfaktorer som symptomen kan bero på. På nivå 3 redovisas sedan de olika innemiljöparametrar som de olika innemiljöfaktorerna beror på. På nivå 4 finns byggnadens tekniska status.

Inom varje område (Nivå 2 i Figur 2) är varje parameter (Nivå 3 i Figur 2) graderad från 0 till 3 med avseende på hälsan. Olika hälsoeffekter anges på nivå 1 i Figur 2.

0 = Ingen eller försumbar risk

1 = Liten risk för påverkan

2 = Måttlig risk för påverkan

3 = Stor risk för påverkan

Mätning av bl.a. elektriska och magnetiska fält samt radonförekomst ingår också i systemet. I Ecoeffect beaktas risken med att nedbrytningsprocesser kan pågå i en byggnad, framförallt fuktrelaterade processer, vilka efter hand kan medföra

innemiljöproblem. För att bedöma risken för nedbrytningsproblem genomförs besiktning av fastigheten och granskning av ritningar.

I de fall Ecoeffect skall användas för utformning av byggnader skall checklistor tas fram. Dessa är ännu inte publicerade. Checklistorna skall säkra att bygghandlingarna granskas med avseende på risk för fuktproblem, emissioner från byggmaterial och ventilationens effektivitet.

Alla beräknade värden på miljöeffekter blir negativa. I princip medför nämligen all mänsklig verksamhet en miljöbelastning, men belastningen är större eller mindre. För att kunna relatera till vad som är vanligt används referensbyggnader. På detta sätt får man fram att byggnaden är bättre eller sämre än referensbyggnaden (Glauman 1999).

Metoden publicerades 1999, men används för närvarande inte kommersiellt i någon stor omfattning. De som använder den är främst de forskare, från KTH, Byggd miljö, Gävle, som varit med och tagit fram metoden. Med metoden kan man kontrollera befintliga hus genom att utnyttja enkäter till brukarna och genom att göra ett fåtal mätningar. Enkäten utgör en efterkontroll av hur miljön upplevs och kan inte direkt användas i projekteringen av nya byggnader. Erfarenheter från enkätundersökning kan dock självklart användas vid framtida byggen, liksom även andra erfarenheter.

Sammanfattningsvis är Ecoeffect framtaget för att se på byggnaden ur ett livscykelperspektiv, ur miljösynpunkt. Innemiljödelen skiljer sig från de övriga delarna av metoden. I innemiljödelen finns inget livscykelperspektiv. EcoEffect verkar inte vara till stor hjälp vid nybyggnation för att skapa bra inomhusluft, men kan troligtvis i framtiden bli användbart för att bedöma äldre byggnader ur ett livscykelanayls-perspektiv. Det urval av symptom, innemiljöfaktorer och innemiljöparametrar som görs i metoden ger en relativt heltäckande bild av innemiljön i en byggnad.

5.2.3. P-märkning av innemiljö i befintliga flerbostadshus

P-märket är Sveriges Provnings- och Forskningsinstituts eget certifieringsmärke (Forskningsinstitut 1999). Certifiering innebär bestyrkande från en oberoende tredje part att en produkt uppfyller de krav som ställts i kriterierna för certifieringen. Det finns några olika P-märkningar för innemiljö som SP tagit fram. Systemet för befintliga flerbostadshus har valts som exempel eftersom det visar hur en större volym lägenheter hanteras. De regler som finns omfattar både befintliga flerbostadshus och nyproduktion (Forskningsinstitut 1999). De egenskaper och krav som hanteras är:

1. Termisk komfort
2. Luftkvalitet
3. Fukt
4. Buller
5. Tappvarmvattentemperatur

Undantag från kraven tillåts vad gäller buller och termisk komfort, under förutsättning att information till hyresgäster om undantagen är tydliga (Forskningsinstitut 1999). De som är certifierade kan få dispens från att genomföra OVK (obligatorisk ventilationskontroll) i sina byggnader.

Giltighetstiden för P-märkningen är fem år och ansökan om förlängning kan självklart göras. Fastighetsägaren ansöker om certifiering och skall då beskriva sitt innemiljösystem och verifiera de krav som finns angivna. Det skall dels finnas ett system för egenkontroll och dels för övervakande kontroll som SP utför (Forskningsinstitut 1999). Krav ställs även på organisationen, som förvaltar byggnadsbeståndet, framför allt med avseende på utbildning, krav på kommunikation och dokumentation samt dokumentstyrning.

Det som krävs för att fastigheten skall bli P-märkt är främst att följande krav är uppfyllda:

- √ Det finns en innemiljöpolicy som är dokumenterad av fastighetsägaren och gjord känd för alla inom företaget som är i kontakt med fastigheten.
- √ Rutiner skall finnas för att identifiera de miljöaspekter som kan vara aktuella, minst de 5 som finns angivna ovan; termisk komfort etc.
- √ Rutiner skall finnas för att identifiera och göra de lagar och krav angående innemiljöaspekter som kan vara aktuella kända. De skall vara kända för de inom företaget som arbetar med frågor som berör de olika lagkraven.
- √ Mål och riktvärden för innemiljön skall upprättas. Minst de fem tidigare angivna faktorerna måste vara med. Det finns inga krav på vilken nivå mål och riktvärdena skall ligga, men helheten skall uppfattas som bra av representant från SP.
- √ Hyresgästerna skall uppleva inomhusmiljön som sund samt att byggnaden omfattar övriga kravnivåer som finns angivna i (Samuelson 1998).
- √ En Grundlig Första Undersökning (GFU) utförs där husets innemiljöstatus kartläggs genom besiktning och mätning. Beroende på variationen i beståndet genomförs GFU på delar av beståndet med likartade byggnader med samma tekniska utförande och med likartade system för värme och ventilation.
- √ Konstruktionen skall besiktigas med avseende på inverkan på innemiljön.
- √ Tidplan för underhåll skall finnas.
- √ Rutiner för att upprätthålla innemiljön skall vara dokumenterade.

De enda kvantitativa krav på innemiljön som ingår i denna metod är att de krav som finns angivna i (Samuelson 1998) skall vara uppfyllda. Under tiden som certifieringen gäller krävs det även att kontroller kontinuerligt genomförs, både egenkontroller och att SP kontrollerar genom besök.

P-märkning är ett system där såväl byggnaden, som förvaltningen av byggnaden, kontrolleras för att minska risken för att det finns eller uppstår problem med inomhusmiljön. Det är ett mycket ingående system som egentligen kan likställas med ett kvalitetssystem, där den lägsta nivån på kvaliteten är bestämd. Det verkar troligt att bra inomhusluft uppnås i P-märkta flerbostadshus.

P-märkning för befintliga flerbostadshus är inte användbart vid nybyggnation. P-märkning kan dock även användas i samband med nyproduktion varvid samma krav som beskrivits ovan och Boverkets rekommendationer skall vara uppfyllda. P-märkningen vid nybyggnation är dock individuell, men det är troligt att även denna märkning medför stor säkerhet att det blir bra inomhusluft i byggnaden.

5.2.4. Miljöstatusbedömning för byggnader

Hjälpmedlet Miljöstatusbedömning för byggnader (MfB) har som syfte att beskriva en befintlig byggnads miljöstatus. I systemet finns fyra olika huvudgrupper vilka är uppdelade i områden som i sin tur är uppdelade i olika aspekter, se tabell 6 (MfB 2002).

Tabell 6 MfBs huvudgrupper med antalet aspekter inom respektive grupp

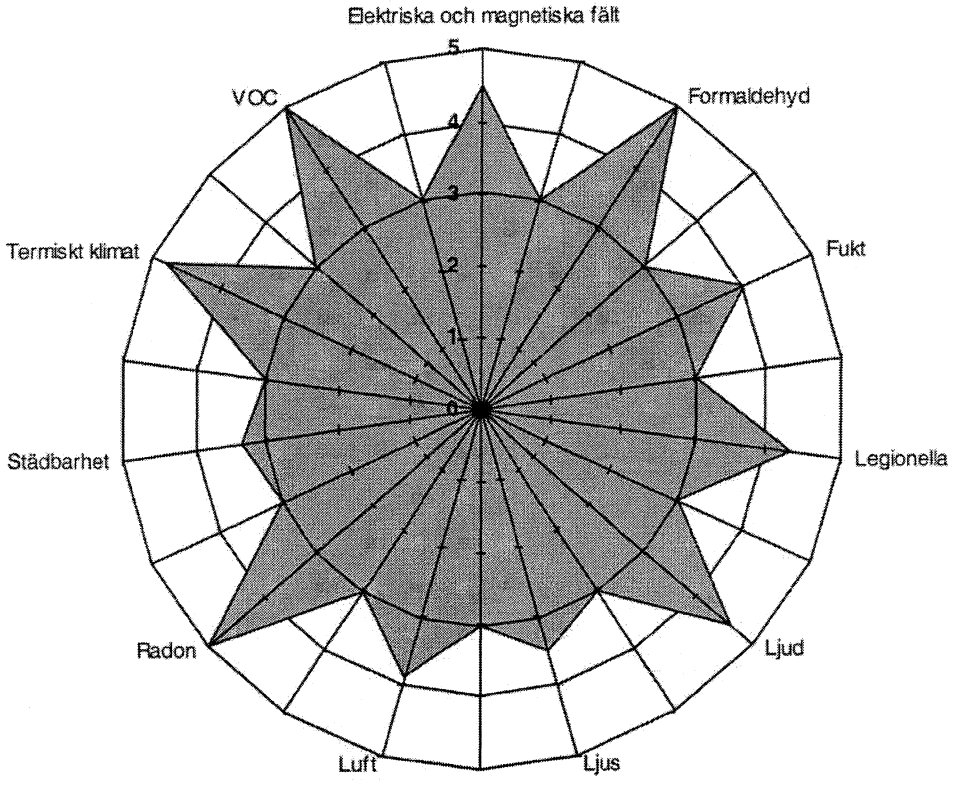
Huvudgrupp	Område	Antal aspekter
Innemiljö	11	46
Utemiljö	6	8
Energi	4	6
Naturresurser	6	29

I MfB tas hänsyn till följande områden med avseende på innemiljö:

- √ Elektriska och magnetiska fält
- √ Legionella
- √ Ljud
- √ Ljus
- √ Luft
- √ Fukt
- √ Radon
- √ Städbarhet
- √ Termiskt klimat
- √ TVOC/VOC
- √ Formaldehyd

Vid en inventering i byggnaden som genomförs av en person, godkänd av den ekonomiska föreningen som äger systemet, betygsätts de olika aspekterna med ett betyg, 1-5. För de olika aspekterna finns kriterier för vilket betyg som skall ges. De olika betygen är värderade enligt följande; 1 är dåligt miljöval, 3 normalt miljöval eller val enligt lagkrav, 5 genomgående bra miljöval. Betyg på de olika aspekterna förs in i en databas och redovisas för respektive område med en miljöros för respektive huvudgrupp. I figur 3 visas ett exempel på en miljöros för huvudgruppen innemiljö, där de olika områdena i denna huvudgrupp redovisas som en spets med ett medelbetyg. På detta sätt kan man se vilka områden som är bra och dåliga i den aktuella byggnaden, det vill säga byggnadens styrka och svagheter. Efter att inventeringen är genomförd skrivs en rapport. I denna presenteras i huvudsak följande:

- √ När inventeringen genomfördes och vilka personer som medverkade
- √ Beskrivning av byggnaden med avseende på materialval, bland annat stommaterial
- √ Åtgärdsförslag för att förbättra byggnaden
- √ Miljörosor för de olika huvudgrupperna
- √ Betyg och motivering för alla olika aspekter som studerats i byggnaden.



Figur 3 Exempel på miljöros för inomhusluft. (MfB 2002).

I systemet finns en enkät för att undersöka brukarnas upplevelse av innemiljön. Denna enkät är dock inte något krav för en fullständig miljöstatusbedömning av en byggnad. Enkäten är mycket kort, 1 sida, och frågar efter hur brukarna upplever byggnaden. Enkäten frågar inte efter symptom som brukarna kan ha i eller utanför byggnaden (MfB 2002).

Detta system att inventera en befintlig byggnads innemiljö är relativt heltäckande, men det ger trots allt en ganska grov bild av innemiljön. Den enkät som lämnas ut till brukarna av byggnaden kan troligtvis ge bättre indikationer och en mer nyanserad bild av om det finns något problem med inomhusluften. Resultatet från en Miljöstatusinventering ger dock bara anvisningar om tänkbara problem, inte någon ordentlig utredning om grunden till problemet.

Systemet är uppbyggt för att utvärdera befintliga byggnader och det är svårt att använda vid nybyggnation. De flesta av de olika aspekterna som skall betygsättas är svåra att bedöma genom att enbart studera ritningar och byggnadsbeskrivningar. Den kan dock

användas som checklista för att kontrollera att man tagit hänsyn till de viktigaste faktorerna vid projekteringen. Många av aspekterna är av upplevelsekaraktär och går därför inte att direkt använda då man projekterar och bygger.

Vid minst ett tillfälle har MfB använts inom Skanska vid projektering. Författaren medverkade därvid. Då en del av ritningarna och andra handlingar var färdiga genomfördes en miljöstatusbedömning av dessa. En stor del av betygssättningen skedde med kommentaren: "Under förutsättning att det som finns angivet i handlingarna betyder följande...". Resultatet blev på detta sätt något av den ideala byggnad som kunde uppnås med hjälp av de handlingar som fanns att tillgå. Kommentarerna kunde till viss del användas som förtydliganden till handlingarna, som därmed kunde förbättras. Det som upptäcktes vid detta projekt var att MfB inte ger höjt betyg för extremt bra åtgärder i byggnaden. Det aktuella projektet var tänkt som ett demonstrationsprojekt med avseende på framförallt yttre miljö. Av denna anledning installerades till exempel "gröna tak" för att minska dagvattenvolymen från taken. Denna åtgärd kunde inte medföra förhöjt betyg i bedömningen. Det genomfördes inga ovanliga åtgärder för att skapa extra bra inomhusluft i den aktuella byggnaden.

5.2.5. Designöverväganden enligt WHO

En del av de riktlinjer WHO gett ut avser att beskriva hur man genom designöverväganden i samband med utformning av byggnader skall uppnå bra inomhusluft. Kontroll och förbättring av inomhusluften kan, enligt WHO, uppnås genom att kombinera tre strategier (WHO 2000):

1. Rätt design och byggnation av huset.
2. Kontroll av föroreningar i inomhusluften.
3. Tillräcklig styrning av problem som är associerade med kvaliteten på inomhusluften.

Strategi 1: Design

I den första strategin, rätt design och byggnation av huset, anges sex olika huvudområden som det skall tas hänsyn till:

i. Val av plats för byggnaden
ii. Täthet hos byggnadsskalet
iii. Ventilation
iv. Kontroll av byggnaden med avseende på inomhusluften innan inflyttning,
v. Materialval
vi. Uppvärmning och eventuell förbränning (t.ex. gasspis)

Råden är mycket allmänt skrivna och avser i princip att man på bästa sätt skall ta hänsyn till de olika huvudområden som angetts ovan, val av plats etc. Vid dimensionering av ventilationen skall t.ex. hänsyn tas till vilka kvantifierade krav det finns på inomhusluften. Det medför bland annat att så lågemitterande material som möjligt skall användas. Materialen skall inte heller generera eller lagra damm. Innan huset börjar användas bör det testas med avseende på VOC och med avseende på att ventilationen fungerar som planerat.

Råden anger inte någon rekommendation om hur fukt i byggnaden skall beaktas. Vid val av plats anges dock att det bör vara en väldränerad plats för att undvika fuktproblem i byggnaden (WHO 2000).

Strategi 2: Kontroll

Den andra strategin, det vill säga att kontrollera föroreningar i inomhusluften, är uppdelat i tre områden; hantering av föroreningskällor, drift och skötsel av ventilationssystem samt luftrening. Området hantering av föroreningskällor är i sin tur uppdelat i undergrupper som behandlar hur man skall hantera olika källor;

- √ biologiska föroreningar
- √ VOC
- √ radon
- √ förbränningsgaser
- √ partiklar
- √ asbest
- √ miljötobaksrök

I denna del av riktlinjerna tas fuktfrågan upp. Det anges att biologiska föroreningar kan växa överallt där det finns tillräckligt med fukt. Tillräckligt med näring finns överallt på en byggnads ytor (WHO 2000). Olika sätt att minimera fukten anges vara att avfukta, ventilera samt att öka temperaturen på byggnadens ytor. VOC kan minskas genom noggrant val av produkter och material. Enligt riktlinjerna bör ventilationen ökas då nya material har installerats, både vid nybyggnation och renovering, för att minska exponeringen för VOC. Mängden luftburna partiklar bör minimeras. Detta kan göras genom att välja rätt material, städa i tillräcklig omfattning och vid rätt tidpunkter samt filtrera tilluften i ventilationen (WHO 2000).

Strategi 3: Styrning av problem

Den tredje strategin det vill säga att "styra problem" som är associerade till inomhusluften, hanterar hur klagomål skall tas om hand och hur

undersökningsprotokoll i samband med undersökning skall upprättas. Den inledande undersökningen, som görs efter det att ett klagomål från en brukare framkommit, kan oftast göras av någon som är anställd av ägaren till byggnaden. Undersökningen behöver alltså till att börja med inte genomföras av någon utomstående. I de fall man inte kan klargöra orsaken till problemet och därför inte kan åtgärda det, skall en utomstående expert inkallas.

Undersökningen genomförs i olika steg enligt nedan:

i. Börja med en översiktlig inspektion av byggnaden, med särskild tyngdpunkt på de utrymmen där problemen finns och de mekaniska system som betjänar de problematiska utrymmena.

ii. I de fall den översiktliga inspektionen inte ger något resultat genomförs mätningar av temperatur, relativ fuktighet och luftflöden.

iii. För loggbok över när symptomen uppträder för att få kunskap om vid vilka tidpunkter olika aktiviteter sker i byggnaden.

iv. Provtagning av misstänkta föroreningar.

I det läge ett problem identifieras skall det åtgärdas. Efter åtgärd skall åtgärden utvärderas för att se om det avhjälpte problemet.

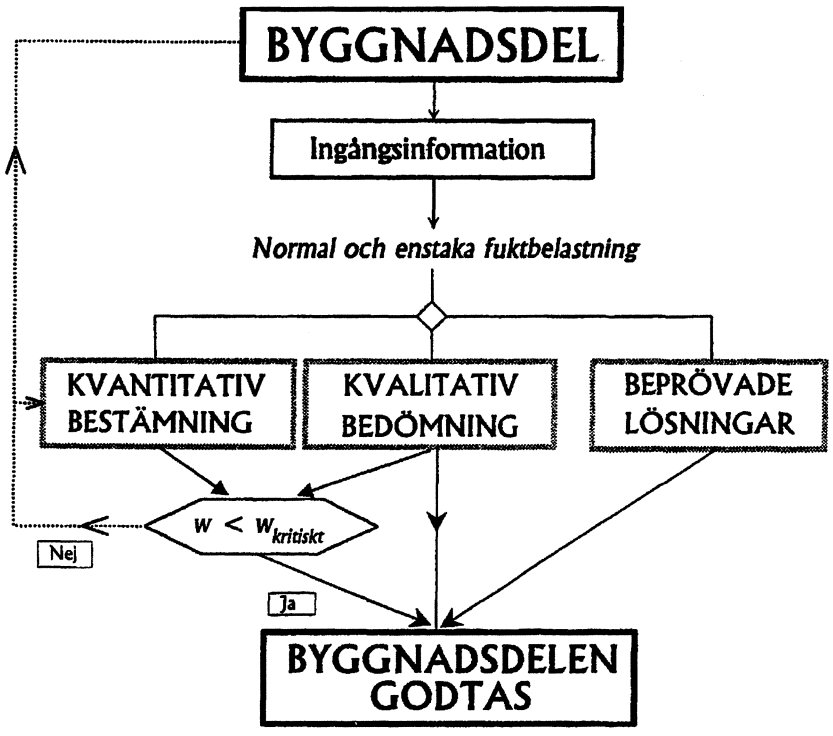
WHOs riktlinjer tar inte hänsyn till fukt i särskilt stor omfattning. Den som inte har kunskap om inneluftrelaterade fuktproblem får därför ingen hjälp av WHOs riktlinjer. De delar av riktlinjerna som behandlar VOC anger att dessa skall tas med i bedömningen vid materialval. Kunskap om VOC från olika material är dock bristfällig förutom vad gäller golvmattor och färger. Kombination av olika material kan dessutom medföra helt andra nivåer av VOC än för det enskilda materialet. Även detta är okänt och kan därför inte hanteras fullt ut.

Sammanfattningsvis kan sägas att WHOs riktlinjer är allmänt hållna och att de inte ger stor hjälp till den som inte är insatt i inomhusluftfrågor eller till kopplingen mellan inomhusluft och byggnadsutformning. För den som har kunskap för att tolka riktlinjerna på ett bra sätt är de så allmänt hållna att de inte tillför något som kunde ha beaktats ändå. Riktlinjerna kan dock användas som en mycket grov checklista på vilka faktorer man skall ta hänsyn till för att undvika inomhusluftproblem. I vilken omfattning och på vilket sätt hänsyn skall tas avgörs av var och en som använder riktlinjerna.

5.2.6. Fuktdimensionering

Fuktdimensionering är egentligen inte ett verktyg som är framtaget för att skapa bra inomhusluft, utan för att kunna kontrollera att en byggnad konstrueras och byggs på rätt sätt för att inte drabbas av negativ fuktpåverkan. Fukt i byggnader är ett av de vanligaste problemen som är associerade med dålig innemiljö (Bornehag 2001). En rätt utförd

fuktdimensionering är därför troligtvis ett bra hjälpmedel för att minska risken för innemiljöproblem.



Figur 4 Principiell metod för fuktdimensionering (Harderup 1998).

Här beskrivs det system för fuktdimensionering som presenteras i (Harderup 1998). Det är ett system som tar upp många aspekter på fukt och som presenteras i ett format som relativt enkelt kan användas i byggprocessen om rätt förutsättningar finns i form av ritningar och andra handlingar. Principen för fuktdimensionering visas i Figur 4. Som synes finns tre "nivåer" på fuktdimensionering:

i. beprövade lösningar
ii. kvalitativ bedömning
iii. kvantitativ bedömning

Det som beskrivs nedan är de kvalitativa bedömningarna. Kvantitativ bedömning kräver omfattande beräkningar av olika delar av konstruktionen för att inte kritiska fuktnivåer skall uppstå. Dessa beräkningar är mycket osäkra idag på grund av bristande kunskap om kritiska fuktnivåer och om fuktdata för material.

Systemet hanterar en byggnadsdel i taget. Varje byggnadsdel skall konstrueras så att fuktskador med stor sannolikhet undviks. Det är enbart bygghandlingarna som granskas. Detta innebär att det i fuktdimensioneringen inte sker någon granskning av den färdiga byggnaden eller av byggprocessen. Detta är en brist i fuktdimensioneringssystemet. Det finns naturligtvis inget i fuktdimensioneringssystemet som hindrar att kontroll sker på byggarbetsplatsen.

Den kvalitativa bedömningen (ii) består av ett antal checklistor med frågor (Harderup 1998). Frågorna skall besvaras med "Ja" eller "Nej". I de fall svaret är "Ja" är det troligen inga problem med avseende på fukt. I de fall man svarar "Nej" finns det risk för problem. En beräkning kan därför behöva utföras för att man skall försäkra sig om att problem inte finns. Då svaret är "Nej" skall alltid kommentar skrivas för att förklara vad problemet är. När dimensioneringen är klar är målet att svaret skall vara "Ja" på alla frågor.

Det finns olika paket av checklistor för; vägg, tak och golv samt ett separat paket där hela byggnaden granskas och sammanfattas översiktligt. Bland de checklistor som hanterar hela byggnaden finns det en som hanterar inneklimatet specifikt.

Inomhusklimatet delas in i följande områden (Harderup 1998):

1. Temperaturen
2. Relativ fuktighet
3. Fukttillskott
4. Typ av ventilation som finns i byggnaden.
5. Justering av ventilationsanläggningen
6. Luftkonditionering
7. Variation av luftflöden
8. Lufttrycksförhållanden i byggnaden
9. Täthetsprovning och luftläckage

Sammanfattningsvis kan sägas att de olika checklistorna är mycket ingående och går in på i princip allt som har med fukt att göra och behandlar såväl bruksfas som planerad byggprocess. För att man skall kunna göra en bra fuktdimensionering krävs det dock att alla bygghandlingar är klara och att man vid byggnation följer dem exakt.

Systemet är i princip heltäckande, men verkar vara svårt att hantera då ändringar sker efter hand under byggprocessen. I de fall handlingarna är klara och man sedan bygger utan förändringar är det dock ett system som kan fungera bra.

Det är som beskrivits ovan principiellt möjligt att genomföra en kvalitativ fuktdimensionering, men av olika anledningar genomförs inte alltid detta. Främsta anledningen är att kunskap saknas om sådana viktiga frågor som fuktrapportdata för material, miljödata och kritiska fuktnivåer för material. Dessutom saknas rutiner för att då konstruktioner konstrueras kontrollera vilka fuktnivåer som uppnås i konstruktionen och vilka fuktskadenivåer man eventuellt kan acceptera. Om man kunde utveckla säkra system för kvantitativ fuktdimensionering skulle många problem med dålig inomhusluft troligen kunna undvikas.

5.3. Enkäter

5.3.1. Introduktion

I detta kapitel beskrivs två olika former av enkäter som kan användas för att undersöka hur brukarna upplever innemiljön i en byggnad. Det beskrivs översiktligt hur enkäterna är utformade och hur utvärdering av enkäter sker.

5.3.2. Stockholmsenkäten

Stockholmsenkäten var från början framtagen på initiativ av Stockholms Stad 1991-1993 (Engvall 1999). Man gjorde då en relativt omfattande enkät omfattande många hushåll. Denna enkät har sedan utvecklats och förbättrats. Till en början innehöll enkäten ca 250 frågor. De frågor som gav mest information sammanställdes till nuvarande enkät som har drygt 30 frågor (Hult 1999; Engvall 2000). Enligt Engvall som satt samman enkäten finns det en förutfattad mening att frågeformulärens längd påverkar svarsfrekvensen; långt formulär ger låg svarsfrekvens. Erfarenhetsmässigt är det dock inte så enligt Engvall, utan det är utseendet, tydligheten, rytmen och känslan av att skapa engagemang som är viktigt. Korta formulär kan till och med skapa frustration om de frågor som brukarna upplever som viktiga inte finns med. Det anses mycket viktigt att svarsfrekvensen är hög i denna sorts undersökningar. Oftast är nämligen underlaget för undersökningen litet, och för att skapa så stor säkerhet som möjligt är det därför mycket viktigt att det är hög svarsfrekvens (Fyrhake 1998).

Förutom den hälsorelaterade delen av frågeformuläret, anges bland annat kön, ålder, eventuell allergi samt upplåtelseform av bostaden. Dessa faktorer har alla visat sig viktiga för att bedöma frekvensen av hälsobesvär i flerbostadshus. Även byggnadsår för huset efterfrågas. På detta sätt kan den information som tas fram neutraliseras mellan olika byggnader så att inte befolkningssammansättningen påverkar resultatet utan att det enbart är byggnadens påverkan på brukarna som visas (Engvall 2000). Genom detta förfarande anses man kunna identifiera vilka hus som är ”högriskhus”, ”riskhus” och ”icke riskhus”.

I "högriskhus" och "riskhus" anses det att man bör genomföra ytterligare undersökningar omfattande såväl både hus som brukare.

I enkäten ingår frågor om sju olika sjukahussymptom (Fyrhake 1998):

1. Irriterad och rinnande näsa
2. Irriterade eller svidande ögon
3. Heshet och torr hals
4. Hosta
5. Torr eller rodnad hud i ansiktet
6. Trötthet
7. Huvudvärk

Brukarna tillfrågas om de har besvär och i så fall om de uppträtt ofta eller vid enstaka tillfällen under de senaste tre månaderna. Brukare som haft besvär tillfrågas om de anser att dessa beror på innemiljön i hemmet (Hult 1999).

Detta är en enkät som är mycket omfattande, och som ger bra svarsfrekvens efter några påminnelser (Engvall 2000). I de fall en omfattande undersökning av byggnaden anses nödvändig verkar denna enkät vara tillräckligt omfattande och kunna användas för att till viss del särskilja problem som härstammar från byggnaden från de som härstammar från annan källa. Det är dock viktigt att man vid användning av enkäten är medveten om att kunskapen om sambandet mellan hur brukarna upplever en byggnad och eventuella problem med byggnaden är bristfällig och att enkäten därför inte är något helt säkert verktyg (Engvall 2000).

Sammanfattningsvis kan sägas att Stockholmsenkäten sorterar hus efter storleken på den risk som finns. Risken baseras inte bara på i vilken omfattning brukarna har problem utan även på bland annat kön, ålder, förekomst av allergi samt upplåtelseform av bostaden. Detta medför att denna enkät till viss del tar hänsyn till socioekonomiska faktorer. Detta medför att resultatet från enkäten är mer välunderbyggt än resultat från andra enkäter som ej tar med dessa faktorer. Enkäten är dock relativt omfattande och det krävs ett relativt omfattande arbete för att utvärdera den. Stockholmsenkäten är troligtvis bra för att ta fram statistik för stora områden. För att undersöka hur brukare upplever innemiljön i enstaka hus kan troligtvis enklare former av enkäter användas med tillräckligt bra resultat. Stockholmsenkäten utvärderar inte orsaken till byggnadsrelaterade problem. Slutsatsen av enkäten är bara att problemen med rätt stor sannolikhet beror på byggnaden. För att komma fram till om en specifik byggnad medför problem ger därför troligen även enklare enkäter ett lika bra resultat som Stockholmsenkäten.

5.3.3. Örebroenkäten

Örebroenkäten är framtagen av Yrkes- och Miljömedicinska kliniken i Örebro (Andersson 1990). Syftet med enkäten är att ta reda på om problem som brukarna upplever beror på byggnaden. Denna enkät har använts i stor omfattning i Sverige. Det finns olika enkäter för bostäder (för barn och för vuxna), arbetsplatser, låg- och mellanstadieskola, (där föräldrarna fyller i barnens upplevelser och symptom), skola (alla stadier) och daghem (besvaras av förälder). Enkäten tar upp främst två olika huvudområden: innemiljö och symptom (Andersson 1993). Kontroll av astma, allergi, ålder, kön och rökvanor görs oftast också. Enkätfrågor som rör sjukdomssymptom är:

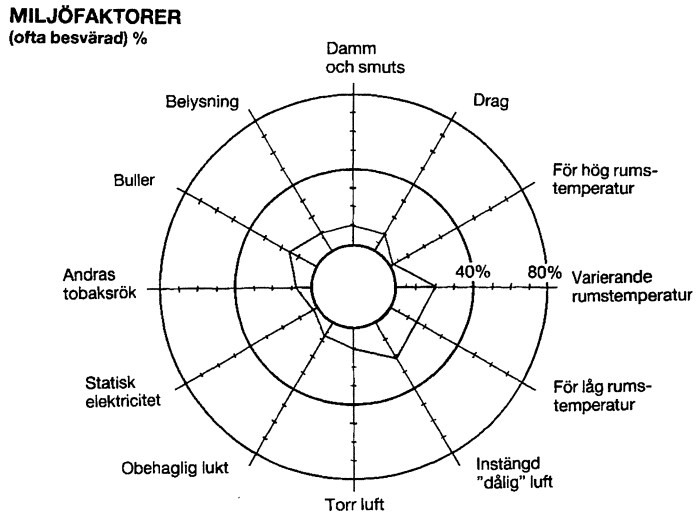
- √ Trötthet
- √ Tung i huvudet
- √ Huvudvärk
- √ Illamående/yrsel
- √ Koncentrationssvårigheter
- √ Klåda, sveda, irritation i ögonen
- √ Irriterad, täppt eller rinnande näsa
- √ Heshet, halstorrhet
- √ Hosta
- √ Torr eller rodnad hud i ansiktet
- √ Fjällning/klåda i hårbotten/öron
- √ Torr, kliande, rodnad hud på händerna

Följande faktorer rörande innemiljön behandlas av enkätfrågorna:

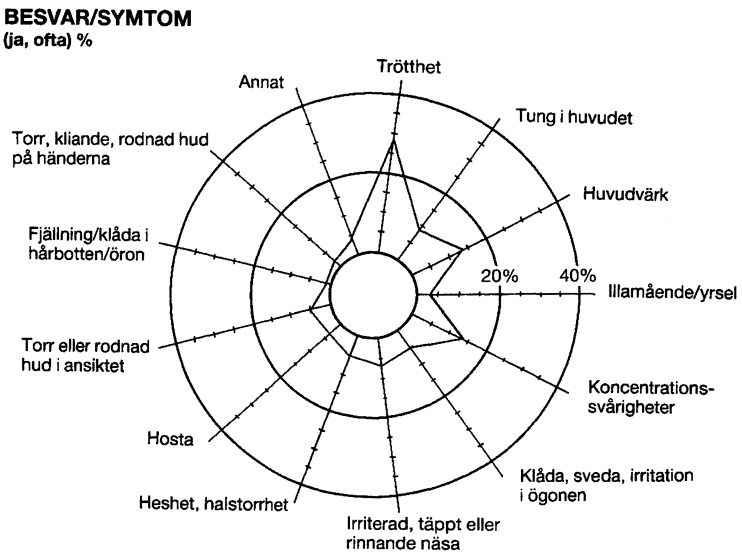
- √ Luften känns instängd
- √ Luften känns dammig
- √ Irriterande lukt
- √ Eget matos sprids
- √ Matos från grannar
- √ Tobaksrök eller annan lukt från grannar

- √ Lukter utifrån (trafik och dylikt)
- √ Imma regelbundet på fönstren vintertid
- √ Imma på fönstren vid matlagning
- √ Små möjligheter att vädra p.g.a. bullerstörningar
- √ Små möjligheter att påverka ventilationen

I en del formulär ställs även allmänna frågor om hur byggnaden upplevs och frågor om fukt i byggnaden. Alla enkätsvar från den undersökta byggnaden sammanställs i ett rosdiagram. Detta diagram jämförs sedan med förväntat utfall som baseras på byggnader som är normala och inte har några rapporterade problem, se figur 5 och figur 6. Referensdiagrammens utseende varierar för de olika enkäterna. I de fall det finns förhöjda värden inom något område anses att man på detta sätt kan härleda vilken sorts problem det finns i byggnaden; om det beror på fukt, ventilation eller någon annat faktor.



Figur 5 Exempel på rosdiagram för normal byggnad med avseende på miljöfaktorer. Genom att fylla i resultaten av en enkät från en undersökt byggnad kan man jämföra de olika miljöfaktorerna i den undersökta byggnaden med motsvarande faktorer i en normalbyggnad.



Figur 6 Exempel på rosdiagram för normal byggnad med avseende på besvär och symptom. Genom att fylla i resultaten av en enkät från en undersökt byggnad kan man jämföra de olika miljöfaktorerna i den undersökta byggnaden med motsvarande faktorer i normalbyggnaden.

Örebroenkäten är mycket enkel för en brukare att fylla i. Resultatet jämförs enkelt i referensrosdiagrammet, se figur 5 och figur 6. På detta sätt får man ett entydigt svar på om de brukare som vistas i byggnaden har mer problem än vad som är normalt. Detta svar kan användas till att utvärdera varför det finns problem; om problemen beror på byggnaden eller på något annat. Men precis som för Stockholmsenkäten är inte svaret entydigt; kunskapen om sambanden mellan dos och respons är nämligen för dåliga när det gäller problem med inomhusluften. För att förhållandevis objektivt utreda om det finns problem i en byggnad eller inte är dock Örebroenkäten bra. Efter genomförd enkät krävs dock också en undersökning av byggnaden för att utreda om det är den som ger upplevda problem.

5.4. Märkning av produkter

5.4.1. Introduktion

Det finns olika former av miljömärkning av produkter. De brukar delas in i typ I, II och III. De flesta miljömärkningar tar inte hänsyn till produktens påverkan på inomhusluften. Två miljömärkningar som är vanliga i Norden tar dock huvudsakligen hänsyn till effekten på innemiljön. De presenteras i detta kapitel.

- √ Typ I *Miljömärkning* som innebär att en standard skall uppfyllas. Standarden utges av någon typ av organisation som erbjuder marknaden att märka sina produkter, förutsatt att de uppfyller de krav som organisationen ställt upp. Organisationen kräver normalt en avgift för märkning av produkten.
- √ Typ II *Egendeklarationer* som producenten/leverantören själv skriver utan att någon oberoende kontrollerar vad som skrivs.
- √ Typ III*Miljövarudeklarationer* Dessa är en beskrivning av miljöegenskaper för en produkt baserat på kvantifierbara data som har tagits fram via livscykelanalyser genomförda enligt standarden ISO 14040-43. En oberoende part skall granska deklarationen.

Det är framförallt miljömärkning av typ I och III som kan vara till hjälp när man skall bestämma sig för vilka produkter som skall användas eller inte. Beroende på vad leverantören informerat om i Typ II deklarationen kan även denna vara till hjälp vid val av produkt. För att Typ II skall kunna användas krävs dock att den som använder informationen har tillräcklig kunskap för att kunna utvärdera om all nödvändig information getts.

För att man skall kunna använda en Typ I märkning krävs det att man är medveten om vilka krav det ställs på produkten för att den skall få den aktuella märkningen. Någon förbättring uppnås naturligtvis inte i de fall inte kriterierna motsvarar de krav man själv tror uppfylls med hjälp av märkningen. En jämförelse kan göras med "der grüne punkt", en grön symbol som ofta finns på förpackningar se figur 7. Denna symbol betyder i Tyskland och ett flertal andra Europeiska länder, däribland Sverige, att förpackningsmaterialet tas omhand för återvinning. Trots detta uppfattas ofta denna typ av märkning som att själva produkten är "miljövänlig".

Figur 7 Den gröna punkten (Der grüne punkt)

I de fall man anser att själva märkningen innebär tillräckligt höga krav på produkten kan produkter med märket användas utan att man kontrollerar produkten mer ingående. I de

fall man vet vilka krav som bör ställas på en produkt för att den till exempel inte skall medföra inomhusluftproblem är en typ III deklaration värdefull. Tyvärr är typ III-deklarationer relativt ovanliga för produkter inom byggbranschen. Det vore önskvärt att byggmaterial blev typ III-deklarerade i stor omfattning.

5.4.2. Dansk och norsk inneklimatmärkning

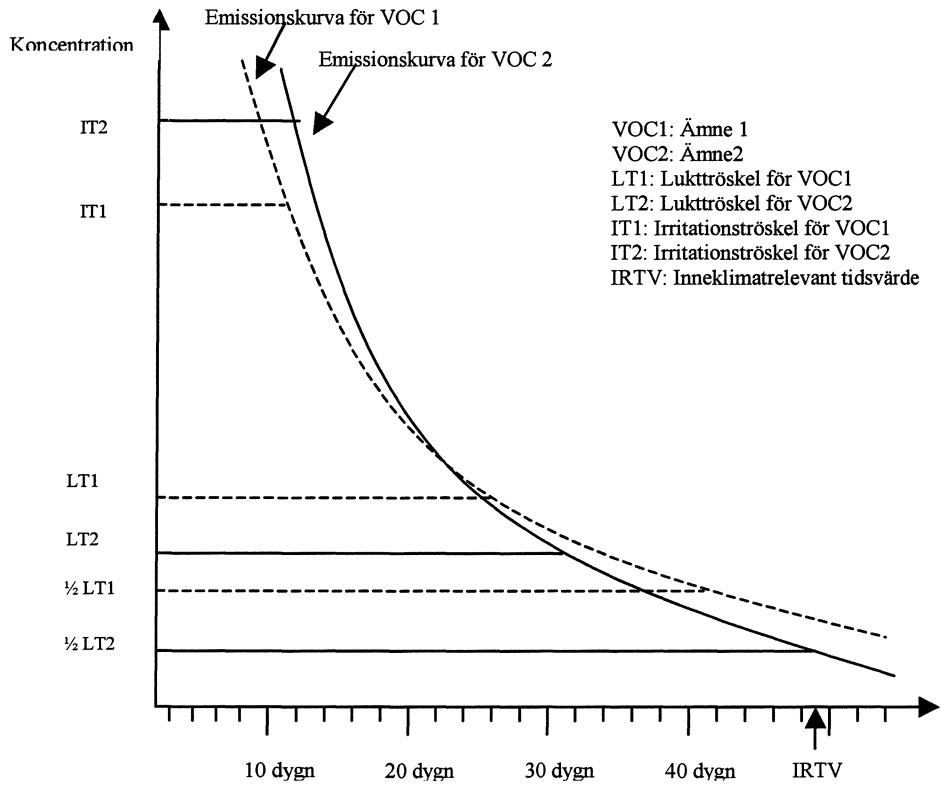
Inneklimatmärkningen är en typ I-märkning för byggmaterial, som tagits fram och använts främst i Danmark. Huvudidén med systemet är att man kopplar samman emissionstestdata för olika VOC, och analyserar vilken inverkan dessa har på inomhusluftkvaliteten (Wolkoff och Nielsen 1996).

Syftet med Inneklimatmärkningen är att (Indeklima 1999):

- √ ge producenterna ett redskap att utveckla mer inneklimatvänliga produkter
- √ ge brukarna ett verktyg för att välja mer inneklimatvänliga produkter
- √ ge ett redskap för bättre förståelse av produkters påverkan på inneklimatet

Inneklimatmärket är en frivillig märkning. Prövningskriterier finns angivna i generella provstandarder och i produktspecifika standarder. En av delarna hanterar emissioner och den andra hanterar partikelavgivning. Dessa två faktorer är de enda som testas då produkter får märkningen. Det finns krav på att det skall finnas en vägledning för hur den aktuella produkten skall lagras, transporteras, monteras, användas, rengöras, underhållas etc. (Indeklima 1999).

Det man får fram vid provning av materialet enligt dessa standarder är ett inneklimatrelevant tidsvärde. Detta värde definieras som den tid som det tar att nå ner till en definierad acceptabel koncentration av aktuell emitterande substans i inneluften i ett standardrum under standardbetingelser. Tiden baseras på den tid det tar för det mest långsamt emitterande ämnet med den lägsta inneklimatrelevanta lukt eller irritationströskeln att uppnå halva detta värde i ett fiktivt standardrum (Indeklima 1999). I Figur 8 visas hur det inneklimatrelevanta tidsvärdet tas fram.



Figur 8 En principkurva för att visa hur ett inneklimatrelevant tidsvärde tas fram med hjälp av mätdata (Indeklima 1999).

För luftbehandlingssystem bestäms istället partikelavgivningen. Man bestämmer då hur mycket sedimenterbart damm bestående av partiklar inklusive fibrer, som eventuellt kan ge irritation på hud eller ögon, näsa och övre luftvägar som avges under den första perioden av produktens användning (Indeklima 1999). Partikelavgivningen anges i tre olika klasser (Indeklima 1999).

- √ Låg Partikelavgivning $\leq 0{,}75$ mg/m^2
- √ Medel Partikelavgivning $> 0{,}75$mg/m^2 och ≤ 2 mg/m^2
- √ Hög Partikelavgivning > 2 mg/m^2

Inneklimatmärkningen tar alltså enbart hänsyn till VOC eller partiklar. I en byggnad är det dock fler faktorer som påverkar om det blir bra luft eller inte. Den VOC-mätning som görs gäller dessutom enbart egenemissioner vid konstant temperatur och luftfuktighet. Vid andra belastningar av fukt, temperatur eller slitage kan detta värde förändras. Om inte fuktigheten eller temperaturen ökar kraftigt är det dock troligt att emissionerna håller sig på samma nivå eller lägre än vid provningen.

Risken för sekundära emissioner testas dock inte alls med denna provningsmetod. Det är dock mycket vanligt i praktiken att fuktpåverkan medför sekundära emissioner och därmed problem med inomhusluft.

Då man tar fram kriterier för denna märkning anses det mycket viktigt att de krav som ställs är väl underbyggda ur ett vetenskapligt perspektiv. Att sekundära emissioner är ett vanligt problem är inte fastlagt med dos-responsdata i specifika försök. Denna märkning använder inte över huvud taget försiktighetsprincipen då kriterier sätts, det är enbart ämnen som bevisat luktar eller är irriterande som kan påverka tidsvärdet.

Sammanfattningsvis kan man säga att i princip alla produkter som kommer i kontakt med inomhusluft kan få denna märkning. Det som skiljer olika produkter är vilket tidsvärde de har. En produkt med ett högt tidsvärde emitterar ämnen som luktar eller är irriterande i stor mängd under lång tid. Detta innebär att märket enbart ger ledning beträffande när emissionerna kommit ner till det inneklimatrelevanta värdet.

Genom att undvika att produkter kommer in i byggnaden innan den relevanta tidsvärdegränsen uppnåtts vet man att man har material som inte emitterar större mängder luktande eller irriterande ämnen. På grund av att kunskapen om hur enskilda emitterande ämnen och olika kombinationer av emitterande ämnen, påverkar människor är så pass bristfällig är det tveksamt om inneklimatmärkning medför någon förbättring av inomhusluften. Det troliga är att de flesta material av bra kvalitet får relativt låga tidsvärden. I de fall material med sämre kvalitet används kan denna märkning medföra att vissa material sorteras ut vilket är positivt.

5.4.3. Astma- och Allergiförbundets rekommenderade produkter

Astma- och allergiförbundet rekommenderar produkter som en vägledning vid produktval. Kriterierna utgår helt från människan som skall använda produkten eller utsättas för den via rumsluften. Det finns inga krav som tar hänsyn till produktens påverkan på den yttre miljön.

Denna märkning har som främsta syfte att hjälpa astmatiker och allergiker. Detta är orsaken till den ovan nämnda försiktighetsprincipen; finns det någon misstanke om att problem skulle kunna uppstå får inte produkten märket.

De produkter som rekommenderas anses vara fria från allergener, parfym, och andra irriterande ämnen i sådan mängd där det finns kända medicinska rapporterade fall där människor blivit skadade. För att granska produkterna används ett expertråd av specialister inom medicin, kemi och teknik. Den slutgiltiga rekommendationen baseras på

forskningsresultat, existerande tester, mätningar, materialreceptur, och annan produktinformation. Försiktighetsprincipen är hela tiden grunden för värderingen av produkter. I de fall man är tveksam till någonting i en produkts innehåll eller egenskaper avstår man från att rekommendera produkten.

Av de produktgrupper inom vilka det finns rekommenderade produkter finns det i dagsläget vissa som är intressanta för byggbranschen. Bland annat rekommenderas vissa färger, något enstaka luftbehandlingsaggregat och en del värmeisoleringsprodukter.

Sammanfattningsvis kan sägas om denna rekommendation att den enbart ges till produkter som anses helt säkra för normalkänsliga allergiker och astmatiker. Rekommendationen verkar vara relativt trovärdig och kan troligtvis användas för att förbättra möjligheten att skapa bra inomhusluft i en byggnad.

5.5. Summering och slutsatser

Det finns olika system och verktyg som kan användas inom byggbranschen för att minska risken för dålig inomhusluft. Det finns system som tar hänsyn till i princip hela byggnaden. Av dessa verkar främst P-märkning och Fuktdimensionering vara de system som medför störst säkerhet för att uppnå bra inomhusluft.

För att undersöka brukarnas påverkan av innemiljö har två olika enkäter tagits fram och beskrivits, Stockholmsenkäten och Örebroenkäten. I de fall inte mycket stora bestånd av byggnader skall undersökas, utan enbart enstaka byggnader, är det troligt att Örebroenkäten ger tillräcklig information för att utvärdera hur brukarna upplever innemiljön.

För märkning av produkter finns det två olika Typ I-märkningar som används i Norden och tar hänsyn till hur material påverkar inomhusluft. Dessa två märkningar baseras på olika tester av produkter. Inneklimatmärkning av en produkt medför troligtvis att produkten inte medför någon stor negativ inverkan på inomhusluften i de fall den används på rätt sätt. Astma- och allergiförbundets märkning medför troligtvis en minskning av risken för att produkten skall påverka luften negativt.

För hjälp att välja produkter är varken Astma och allergiförbundets märkning eller inneklimatmärkningen fulländade. En förbättring av dessa två märkningar skulle kunna vara att kombinera kriterierna, båda märkningarnas kriterier skall vara uppfyllda för att en produkt skall kunna få detta nya märke. Trots att märkningarna inte är fulländade medför de dock förbättring av de produkter som finns på marknaden med avseende på de kriterier som används i märkningen. Detta medför i sin tur att det är troligt att produkterna är något bättre än genomsnittet. Det är dock en självklarhet att även dessa produkter måste kontrolleras så att de fungerar ur fuktsynpunkt och att de kan kombineras med omgivande material för att fungera på aktuell plats i konstruktionen.

Det verktyg som verkar vara mest användbara för en hel byggnad är P-märkning. Genom detta verktyg kontrolleras många olika faktorer som kan påverka inomhusluften. Problemet med detta system är dock att det är tämligen dyrt och att det ibland kan

upplevas som alltför detaljstyrande. Även fuktdimensionering är ett bra verktyg, men det behöver utvecklas mer för att bli praktiskt användbart i byggprocessen. Det finns nämligen idag inte tillräcklig kunskap för att göra alla de beräkningar som krävs för en fullständig fuktdimensionering. Genom att använda kvalitativ fuktdimensionering är det dock möjligt att undvika de vanligaste felen som kan medföra dålig inomhusluft.

6 FALLSTUDIER AV BYGGNADER UR INOMHUSLUFTSYNPUNKT

6.1. Syfte

I de tidigare kapitlen har olika faktorer i inomhusluften beskrivits. Det har beskrivits hur människan reagerar på dessa inneluftfaktorer. Även olika byggnadsregler och olika hjälpmedel och kvalitetssystem som används i byggbranschen för att se till att inomhusluften blir god har beskrivits. I detta kapitel har ett antal enskilda byggnader och populationer av byggnader analyserats med avsikt att se på vilket sätt denna kunskap används då hus byggs. Främst har detta skett genom intervjuer med olika personer som var med under projekteringen och byggnationen. Ett annat mål med dessa fallstudier var att se om man kunde finna någon anledning till varför ett hus får bra eller dålig inomhusluft och om detta beror på vilka krav som ställdes vid projektering och byggnation.

6.2. Val av byggnader och byggnadsbestånd

De byggnader som valdes ut för studien har valts utifrån olika kriterier. Relativt nybyggda byggnader valdes efter följande kriterier:

- √ **Byggnaderna skulle vara byggda och inflyttade efter 1990.** Byggprocessen förändras med tiden och därför bör inte byggnaderna som analyseras vara för gamla. Bland annat förändras byggteknik, lagar, och material. Det är också svårt efter lång tid att få fram information om alla delar i byggprocessen, till exempel om vilka material som användes och liknande faktorer. Det är vanligt att innemiljöproblem visar sig efter en tids användning av byggnaden och därför har även detta vägts in i valet av byggnader.
- √ **Enbart kontors- eller bostadshus.** Alltså i princip vilken byggnad som helst med "vanlig" inomhusluft.
- √ **Minst 10 brukare i byggnaden.** Förvaltare och fastighetsskötare skulle finnas. Anledningen till detta krav var att det skulle vara mindre risk för att eventuella problem berodde på enstaka personer istället för på byggnaden.
- √ **De byggnader som upplevdes som bra fick ej vara kraftigt ombyggda.** Enbart någon väggförflyttning, ytskiktsreparation, byte av skåpsinredning eller liknande godtogs. De byggnader som enligt påstående var dåliga fick vara ombyggda, men om det gick att få fram dåliga byggnader som inte var ombyggda skulle de prioriteras.

Byggnaderna valdes ut på basis av reportage i massmedia, se kapitel 4. Ett flertal byggnader kunde identifieras på detta sätt. Av dessa valdes två byggnader ut, en som i massmedia angavs vara bra och en som angavs vara dålig. För att verifiera hur luften upplevdes i de båda byggnaderna togs kontakt med förvaltaren av respektive byggnad. För den byggnad som ansågs vara bra ställdes följande frågor till förvaltaren för att verifiera om påståendet att byggnaden var bra var riktigt:

1. Kommer det många klagomål från brukarna med avseende på innemiljön?
2. Anses temperaturen i byggnaden vara bra?
3. Anses ventilationen i byggnaden vara bra?
4. Förekommer besvärande lukt från byggnaden eller från någon verksamhet i byggnaden?
5. Förekommer besvärande ljudmiljö; stegljud, ventilationen, trafik eller något annat?
6. Är ljusmiljön bra? Upplevs byggnaden som mörk?

Det är svårt att exakt definiera vad som ur inneluftsynpunkt är en bra byggnad eftersom de samlade faktorer som avgör om en byggnad är bra eller ej inte går att mäta. Det kan också finnas problem med byggnaden som inte har påverkat inomhusluften ännu, men som kan göra det i framtiden. Exempel på denna sorts problem är fuktskador på konstruktionen som ännu ej har påverkat inneluften. Detta innebär att en byggnad som anses bra vid den första analysen kan upptäckas ha problem med inomhusluften längre fram.

Den dåliga byggnaden verifierades genom att förvaltaren kontaktades för att kontrollera om uppgifterna som uppgetts i massmedia var korrekta. Om detta var fallet definierades byggnaden som en dålig byggnad.

Den tredje byggnaden som studerats var relativt nybyggd och därmed relativt lätt att få information om vad gäller bland annat krav och byggprocess. I en ny byggnad har man oftast inte upptäckt om det är problem med inomhusluften bortsett från att det kanske är problem med ventilationen, eller uppvärmningsanordningen. Det innebär att man inte kan veta om den tredje byggnaden är bra eller dålig. Byggnaden var färdigställd och inflyttad 2001.

Som jämförelse till dessa tre byggnader valdes miljonprogrammets byggnadsbestånd som ett kollektiv. Detta har brukats under lång tid, har relativt likartad utformning och har visat sig ha förhållandevis få byggnader med inneluftproblem. Detta har bland annat visats i ELIB-undersökningen (Norlén 1993). Även i en senare undersökning i Stockholm har detta samband visats (Hult 1999).

I tabell 7 visas resultaten från Stockholmsstudien, fördelade på byggnadsår:

Tabell 7 Andel byggnader där det upplevs problem (Hult 1999)

Byggnadsår	Andel byggnader med problem
-1930	2%
1931-1960	3%
1961-1975	7%
1976-1984	13%
1985-1990	14%

Miljonprogrammet pågick 1964-1974. Det byggdes cirka etthundratusen bostäder per år under tio års tid.

6.3. Beskrivning av de studerade byggnaderna

6.3.1. Introduktion

I detta delkapitel beskrivs basinformation om byggnaderna:

- √ byggnadsår
- √ gällande byggnorm
- √ verksamhet och storlek
- √ lokalisering, typ av byggherre, typ av ägare
- √ krav som ställts på inomhusluften innan byggnation,
- √ intervjuade personers samband med byggnaden.
- √ stomsystem och grundläggning
- √ ytterväggar
- √ de vanligaste ytmaterialen
- √ brukarnas upplevelse av byggnaden och beskrivning av eventuellt problem

6.3.2. Byggnad A, problembyggnad

6.3.2.1. Informationskällor och typ av byggnad

Byggnad A, som har visat sig ha vissa problem, är byggd 1991-1993. Information om byggnaden har insamlats genom intervju med ordföranden i bostadsrättsföreningen och förvaltaren på det bolag som tidigare ägt fastigheten. Dessutom utnyttjades rapporten "Enkätundersökning av inomhusmiljön i kvarteret A" (1995) och "Ekonomisk plan för bostadsrättsföreningen, 1999". Då byggnaden uppfördes var det Nybyggnadsregler som var gällande byggnorm (Boverket 1989). Kontroll av att normerna följdes genomfördes vid denna tidpunkt av en byggnadsinspektör från kommunen. I byggnaden finns drygt 200 lägenheter uppdelade på tre byggnader med varierande storlek på lägenheterna. Annan mindre verksamhet som till exempel daghem finns också i fastigheten. I källaren finns garage. Fastigheten ligger relativt centralt i en av Sveriges större städer. Byggherre var allmännyttan i staden och byggnaden uppfördes som generalentreprenad. Numera har de boende bildat bostadsrättsförening och köpt huset.

6.3.2.2. Krav och utformning av byggnaden

Av de uppgifter som har gått att få fram fanns ingen uttalad policy under projektering eller byggnation för hur inomhusluften eller innemiljön skulle vara i huset.

Huset är grundlagt med grundsulor och murar av betong. I och med att garaget ligger under husen, och det finns krav på att luft inte får komma in i lägenheter från garaget påverkar troligtvis inte grundläggningen inomhusluften i någon stor utsträckning.

Husen byggdes med direktslipade betonggolv för att undvika de problem som tidigare bland annat flytspackel orsakat. Betongen fick god tid på sig att torka, och enligt förvaltaren mättes fuktigheten noga innan golvmaterialet lades på. Ytterväggarna är utförda med invändig betong, mellanliggande värmeisolering och utvändig beklädnad med fasadtegel. Det är vanliga ytskikt i hyreslägenheter, till exempel parkett, linoleum, kakel, plastmattor, tapeter och målade väggar.

6.3.2.3. Problem med byggnaden och hur det åtgärdats

Problemen uppmärksammades av en boende i en av lägenheterna. Hon drev fram att en miljöutredningen gjordes eftersom hennes barn mådde dåligt. Detta uppgavs av ordföranden i föreningen. En enkätundersökning med hjälp av Örebroenkäten genomfördes av dåvarande fastighetsägaren hösten 1994. Rapporten från denna undersökning visar att de boende i större utsträckning rapporterar symptom jämfört med boende i "friska hus" (referensbyggnader). Symptomen påstås härstamma från bostaden.

De problem som har upplevts i byggnaden anses, efter en grundlig utredning av en konsult som fastighetsägaren anlitade, bero på emissioner från konstruktionsbetongen. Anledningen till detta ansågs vara att för mycket flytmedel använts i betongen. Vattenbaserat lim hade använts för att limma en del mattor. I rapporten angavs det att

detta troligtvis förvärrade problemen på grund av att limningen återfuktade betongen. Utredningen antydde också att betongen inte hade haft tillräcklig uttorkningstid. Otillräcklig uttorkning som i förlängningen medför emissioner är ett vanligt problem (Sjöberg 1998). Däremot är hypotesen att flyttillsatser givit emissioner osannolik.

Efter utredningen och efter det att förslag hade tagits fram för vilka åtgärder som skulle vidtas fick hyresgästerna erbjudande om att få dessa åtgärder utförda i sin lägenhet. Sanering av lägenheterna skedde genom att ytskiktet på golvet revs ut, översta skiktet på betongplattan slipades bort och en silanprodukt ströks ovanpå betongen. Ovanpå detta lades sedan lumppapp och en plastmatta eller parkett. I de lägenheter som är åtgärdade uppges inneklimatet vara bra, enligt vad både förvaltare och ordförande i bostadsrättsföreningen säger. Fram till och med augusti 2001 när hyresgästerna köpte fastigheten hade cirka hälften av lägenheterna åtgärdats.

6.3.2.4. Hyresgästens möjlighet till anpassning och påverkan

Huset byggdes utan att de blivande hyresgästerna hade något inflytande. I staden där huset ligger är det relativt svårt att få tag på hyreslägenheter centralt. Därmed är det inga större problem att få lägenheter uthyrda. Det finns därför inget incitament för hyresvärden att ge de blivande hyresgästerna möjlighet att påverka utformning av bostad, materialval och andra faktorer som påverkar inomhusluften.

6.3.2.5. Sammanfattning Byggnad A

Det verkar som om de problem som upplevdes i byggnaden berodde på kombinationen av fuktigt betongbjälklag och limmad matta ovanpå. När detta åtgärdades minskade problemen. Åtgärderna är dock fukttekniskt ytterst tveksamma, men att avlägsna de gamla materialen hjälper eftersom det är borta nu. I och med att fastigheten under samma period dessutom har omvandlats till ett bostadsrättshus kan detta också ha påverkat mängden klagomål. Som beskrivits tidigare är det skillnad på upplevd inomhusluft i egenägda fastigheter. Det är dock inte helt osannolikt att det är saneringsåtgärderna som har medfört förbättringen.

6.3.3. Byggnad B, bra byggnad

6.3.3.1. Informationskällor och typ av byggnad

Byggnad B byggdes 1994-1995, men planeringsarbetet hade pågått sedan 1989. Information om fastigheten har insamlats genom intervjuer av fastighetsskötare och förvaltare och av den arkitekt som medverkade vid projekteringen. Dessutom har information om byggnaden som finns på Internet och en kravlista med avseende på kvalitet och långsiktighet ur förvaltningsperspektivet utnyttjats.

Denna byggnad byggdes i skarven mellan Nybyggnadsregler och Boverkets Byggregler (Boverket 1989; Boverket 1999). I byggnaden finns cirka 150 lägenheter. Byggnadens

lokalisering är relativt centralt i en av Sveriges storstäder. Den är byggd av det kommunala fastighetsbolaget i staden och byggdes på generalentreprenad.

6.3.3.2. Krav och utformning av byggnaden

Planeringen av byggnaden pågick under relativt lång tid. Det fanns en tydlig målbeskrivning vad avser innemiljö i en kvalitetsplan för projektet. De mål som angavs var dock inte mätbara, utan vanliga vaga formuleringar användes. Det angavs bland annat att lågemitterande material skulle användas. Bland dessa formuleringar finns det dock en som gör det mer sannolikt att det medför bra inneluft:

> *"Projektörer och entreprenörer ska upprätta kvalitetsplaner som visar hur man konkret löser de uppställda kraven på sunt hus."*

Ett konkret krav som fanns från byggherren var att bygget skulle komma under tak så tidigt som möjligt. Några konkreta åtgärder som genomfördes för att förbättra inomhusluften var:

- √ Leverantörer skulle lämna garantier och information med avseende på vilka ämnen som ingick i materialen.
- √ Kapslade kablar användes för att minimera elektromagnetisk strålning.
- √ Ämnen i färger kontrollerades genom kontroll av varuinformationsblad.
- √ Köksinredningen var oljad istället för målad.
- √ Golvoljor användes istället för lack.

Stommen bestod av betong som lägenhetsskiljande väggar och även som bjälklag. Målning inomhus gjordes i stor utsträckning med äggtemperafärger. Vissa hyresgäster har märkt av lukt från färger. När ommålning sker används därför vattenbaserade akrylatfärger. Övriga ytmaterial var de vanliga i hyreslägenheter såsom stenmaterial på golv i hall, våtutrymmen och på balkong, linoleum alternativt trä i resten av lägenheten. På väggar sattes tapet, väv eller målad dubbelspackling. Kakel användes i badrum. Innertaken var släta och vitmålade. Enligt fastighetsägaren var det ett bygge med rymlig tidplan. Inflyttningsdatum var meddelat i ett tidigt skede. Trots detta upplevde beställaren att det blev stressigt på bygget precis innan inflyttningen. Det var också ett bygge med tillräckligt god ekonomi, det var inget lågbudgetbygge men heller inget extremt dyrt bygge. Byggherren uppskattar produktionskostnaden till ca 19 000 kr/m^2.

6.3.3.3. Eventuella problem med byggnaden och hur de åtgärdats

Det verkar inte finnas klagomål på inomhusluften i byggnaden. Initialt fanns det problem med luftintaget vid radiatorerna. Anledningen till detta var att man glömt att montera stormskydden. Efter att dessa satts på plats har det inte varit några problem med temperaturen i byggnaden. Under en period var ventilationen för kraftig i byggnaden; för mycket luft sögs ut. Detta medförde att vattenlås ibland torkade ut då hyresgäster bara varit borta 2-3 dagar. Ventilationen justerades in och verkar nu fungera bra. Vissa problem med stegljud finns i byggnaden, men det anses inte vara något stort problem. Vanliga problem i flerfamiljshus är att man hör till exempel musik mellan lägenheterna, men detta förekommer inte i någon större omfattning i denna byggnad.

6.3.3.4. Hyresgästernas möjlighet till anpassning och påverkan

De blivande hyresgästerna fick själva välja bland många olika möjligheter till planlösning i de cirka 150 lägenheterna. Även färgsättning och ytmaterial fick hyresgästerna själva välja. De flesta valen innebar ingen skillnad i hyra. Det var dock vissa tillval som innebar höjd hyra, bland annat diskmaskin och bastu. För att det skulle vara möjligt att bedriva en effektiv förvaltning av huset fanns det vissa begränsningar för en del tillval. Till exempel kunde enbart 5 olika sorters kakel väljas. Anledningen till detta är att man behöver ha ett lager med kakelplattor om något behöver lagas. Det är dyrbart att ha lager med ett stort antal olika sorter. Byggherren ansåg också att det erfarenhetsmässigt inte heller är bra att ge för många alternativ; hyresgästerna blir osäkra. Hyresgästerna uppges i hög grad ha uppskattat sättet att bedriva planeringen. Enligt förvaltare och fastighetsskötare upplevs fastigheten som bra.

Resultatet av att hyresgästerna hade många olika val blev att alla lägenheter ser olika ut, både vad gäller planlösning, ytskikt och färgval. Under byggskedet medförde detta vissa logistikproblem som enligt fastighetsägaren dock kunde klaras ut efter hand. Omflyttningen har varit lägre i detta hus än i andra hus som fastighetsägaren äger och förvaltar, vilket tyder på att hyresgästerna är nöjda med sitt boende.

6.3.3.5. Sammanfattning Byggnad B

Byggnad B kan sammanfattningsvis sägas vara en byggnad som planerats under lång tid, med stort hyresgästinflytande vid byggnationen. Detta har skapat en byggnad som uppfattas som bra, trots att det har funnits vissa mindre problem. En anledning till att den upplevs som bra kan vara just att planeringstiden var lång och att man därmed hann med att minska mängden missar som lätt uppstår vid en forcerad planering.

6.3.4. Byggnad C, nybyggnation av kontorshus

6.3.4.1. Informationskällor och typ av byggnad

Byggnad C är byggd 2000-2001 och är ett kontorshus. Information om byggnaden har insamlats genom intervjuer med fastighetsägare/byggherre, projektledare för bygget och fastighetsskötare. Dessutom har projekterings- och bygghandlingar samt drift- och skötselinstruktioner till den färdiga byggnaden använts.

Den gällande byggnormen då denna byggnad byggdes var BBR (Boverket 1999). Under byggets gång har kontrollprogram funnits. Detta har sedan överlämnats till byggherren. Kvalitetsansvarig enligt PBL har funnits och egenkontroll har utförts för att kontrollera att BBR följs. Man kan därför konstatera att dessa delar av lagstiftningen följts.

Byggnaden består av drygt 8000 m^2 kontorsyta, samt mindre ytor för garage, kommunikation mm. Lokaliseringen av detta kontorshus är centralt i en storstad. Byggherre och förvaltare är en privat fastighetsägare.

6.3.4.2. Krav och utformning av byggnaden

För att projektera och planera huset togs ett relativt omfattande ramprogram fram. Programmet utarbetades av byggherren, delvis i samarbete med entreprenören. Detta program omfattade en stor mängd riktlinjer inom olika områden, till exempel brand, ventilation och inbrottssäkerhet. Det finns ett delkapitel i ramprogrammet som berör hälsa. I detta delkapitel anges att lagstiftningen skall följas med avseende på arbetsmiljö, men inga utförligare krav anges. Andra krav som påverkar inomhusluften är krav på olika tekniska försörjningssystem. De reella krav som påverkar inomhusluften är dock endast temperatur och antal luftutbyten. Med avseende på inomhusluften anger alltså ramprogrammet få krav. Enligt projektledaren har det inte funnits några övriga krav på inomhusluften än de som har beskrivits i ramprogrammet. Inomhusluftens kvalitet beaktades enbart vid utformning av ventilationssystemet.

Det aktuella typhuset genomfördes som ett samverkansprojekt mellan entreprenör och byggherre. Med anledning av detta diskuterades utformningen av byggnaden ur ekonomiska aspekter gemensamt. Enligt de inblandade medförde detta att det blev extra många projekteringsmöten inför byggnationen. Redan på ett stadium när enbart skisser fanns bildades en grupp med installationskonsulter för att ta fram förslag på lösning till den färdiga byggnaden. Detta medförde att man redan i ett tidigt stadium tog hänsyn till installationer i form av ventilation, värme och kyla.

Byggnaden är grundlagd med källare vilken utnyttjas som garage. Den har en betongstomme med prefabricerade HDF-bjälklag. Fasaden har utförts med utfackningsväggar med träregelstomme som värmeisoleras och bekläds med utvändigt värmeisolerskikt som putsas. Denna typ av utfackningsväggar är riskabla med avseende på fukt under byggtiden och är fuktkänsliga även under brukstiden.

På betongbjälklaget har först spackling skett och därefter har en stegljudsdämpande matta, som också fungerar som ångspärr, lagts mellan bjälklaget och parketten för att dämpa klapperljudet. De enda kraven på golv som beskrivs gäller utseendet. Ytskikt på innerväggar utgörs av målning eller glasväggar.

Under byggnationen dokumenterades fuktmätningar genom egenkontroll. Protokoll från dessa finns arkiverade hos byggherren. Mätningar utfördes i bjälklag och utfackningsväggar. Vid kontroll protokollen ser det ut som att tillräcklig uttorkning hade skett innan ytskikten applicerades. Fuktdimensionering av byggnaden har inte utförts. Både entreprenör och byggherre verkar nu i efterhand dock ha insett fördelarna med att det genomförs en fuktdimensionering under projekteringen. Vid byggnationen användes erfarenhetsmässiga uttorkningstider för planering av uttorkningen av platsgjuten betong. Datorverktyget TorkaS, med vars hjälp uttorkningstider kan förhandsberäknas, användes till exempel inte vid planeringen.

6.3.4.3. Eventuella problem med byggnaden och hur de åtgärdats

I fasaden är det mycket fönster och glasytor. På alla plan förutom i gatuplanet finns det öppningsbara fönster i stor utsträckning. Ett problem som upplevts är att det under sommaren blir för varmt då solen lyser in. Åtgärder med persienner och solskyddsglas har därför gjorts för att minska detta problem. En del av de åtgärder som genomförts verkar dock inte ha fungerat som planerat då klagomålen fortfarande finns, enligt svar på frågor till brukarna vid inspektion av byggnaden. Det är dock positivt med öppningsbara fönster eftersom dessa ofta medför att brukarna har lättare för att acceptera den inomhusluft som finns. De kan på detta sätt till viss del själva påverka luften genom att öppna fönstren då de önskar.

I kylsystemet har det uppstått kondens. Uppenbarligen använde man fel förutsättningar vid dimensionering av kondensrisken i kylsystemet. Problemet har dock åtgärdats.

Sammanfattningsvis kan sägas att hyresgäster har haft problem med drag, kyla och värme i vissa delar av byggnaden. När entreprenören har tagit in konsulter för att göra kontrollmätningar av temperaturen har man inte hittat något fel. Förutom dessa problem verkar hyresgästerna tycka att inomhusluften är bra. På grund av byggnadens placering finns dock vissa farhågor från brukarna om att föroreningar från trafiken kan komma in i byggnaden. Än så länge har dock inte detta visat sig i form av några uppmärksammade problem.

6.3.4.4. Hyresgästernas möjlighet till anpassning och påverkan

Huset började projekteras innan hyresgäster hade bestämt sig för att hyra lokaler i just detta hus, vilket är relativt vanligt för kontorshus. Detta innebar att hyresgästerna inte kunde påverka projekteringen i initialskedet. Under projekteringen togs förslag fram för hur blivande hyresgästerna skulle kunna använda lokalerna. Utifrån detta förslag planerade man ventilationen och annan installationskapacitet som kan bli begränsande i

framtiden. De hyresgäster som sedan flyttade in i byggnaden planerade på ett annat sätt än projekterat. Det blev fler människor i lokalerna än planerat. Detta har medfört att den extra kapacitet som hade projekterats och planerats för behövde användas direkt. Därmed utnyttjade man direkt då byggnaden togs i bruk den överkapacitet som hade krävts i ramprogrammet. De hyresgäster som flyttar in har dock fullt ut möjlighet att förändra lokalerna som de önskar. De hinder som finns för förändringar är naturligtvis den bärande stommen och till viss del värme och ventilationssystem. Förändringar av dessa medför nämligen höga kostnader för hyresgästen vid ombyggnation och eventuellt återställande vid avflyttning.

6.3.4.5. Sammanfattning Byggnad C

Ramprogrammet fastställer de ramar och grundkrav som finns för den aktuella byggnaden. I realiteten fungerar det dock mer som en önskelista för hur det optimala huset på den aktuella platsen skulle vara utformat. Detta innebär att de krav som tas upp är de som man är medveten om att man vill få uppfyllda. De krav och funktioner som inte tas upp i ramprogrammet är det inte troligt att man är medveten om. Detta innebär en risk för att det som inte är medtaget i ramprogrammet inte heller kommer med som en medveten kvalitet eller funktion i det färdiga huset.

En del av ramprogrammet avser fuktsäkring av betongstomme. Följande kommentarer kan ges: Än så länge har inga problem med golven i byggnaden visat sig. Dock kan det vara svåra att mäta fukt i HDF-bjälklag dels på grund av att det finns kanaler i dem och dels på grund av att pågjutning sker för att få ett jämt underlag. Med anledning av detta kan fukthalten i bjälklagen variera mycket och därmed är det svårt att med säkerhet veta att mätningar utförts på exakt rätt punkter. Fuktmätning har dock genomförts och dokumenterats och ser ut att vara väl utförda.

6.3.5. Miljonprogrammet

6.3.5.1. Informationskällor och typ av byggnader

Miljonprogrammet pågick under åren 1964 till 1974. Miljonprogrammets typiska byggnader finns beskrivna i "Så byggdes husen 1880-1980" (Björk et al 1983). För att få reda på hur husen byggdes och planerades har även intervjuer skett med olika personer som var verksamma inom miljonprogrammet och som har bra överblick över byggprocessen. De intervjuade personerna, en arkitekt och en projektledare, var verksamma inom en organisation som byggde många hus under denna tid. Även litteratur som behandlar miljonprogrammet har studerats. Den gällande anvisningen till byggnormen under tiden som miljonprogrammet byggdes var BABS 1960 och SBN 67.

Bakgrunden till att miljonprogrammet antogs var att det var stor bostadsbrist och trångboddhet i Sverige. Beslut fattades i riksdagen om att en miljon bostäder skulle byggas under 10 års tid, 1964-1974. Byggandet skulle fördelas jämt under tioårsperioden vilket innebar att cirka 100 000 bostäder skulle färdigställas per år. Som jämförelse kan

nämnas att det, enligt statistik från Boverket, byggdes 20 400 bostäder i Sverige under 2001, varav 13 200 var i flerfamiljshus.

6.3.5.2. Krav och utformning av byggnader

Den vanligaste byggnaden var ett flerbostadshus med minst 20 lägenheter i varje huskropp. Det typiska för miljonprogrammets hus var framförallt skivhusen, höga lamellhus, som var 8-9 våningar höga (Björk et al 1983). De byggherrar som byggde var ofta den så kallade allmännyttan, det vill säga kommunala bostadsbolag eller bostadskooperativ som HSB och Riksbyggen. Lokaliseringen var vanligen i ytterområden till större städer.

I och med att många lägenheter var likadana fanns det möjlighet att lägga stor möda på att planera lägenheterna på ett bra sätt. Under 50-talet hade "God Bostads"-utredningen genomförts, vilken beskrivs i kapitel 4. Med utgångspunkt från denna utredning, och med möjlighet till god planering, kunde ytsnåla lägenheter byggas. På liten yta fick många funktioner plats (Tägil 1998). I planeringen av lägenhetens planlösning tog man stor hänsyn till de boende, det skulle vara enkelt att bo i och möblera dessa lägenheter. Några lokala skillnader fanns i stort sett inte, husen var mycket lika, både på insida och utsida, oavsett var i landet de byggdes. Byggtekniken industrialiserades starkt under miljonprogrammet. Tidigare hade det varit mycket hantverk och specialdesign för varje byggnad (Björk et al 1983).

Både BABS 1960 och SBN 67 angav relativt noggrant hur konstruktioner skulle se ut. Stommarna i miljonprogramshusen var till stor del platsgjutna och dessa kompletterades med olika prefabricerade element, till exempel i fasader. Konstruktionerna var relativt enkla med material valda så att man fick en fungerande konstruktion.

Våningsbjälklagen bestod normalt av platsgjuten armerad betong. Denna täcktes sedan ofta med överbetong. Resultatet blev en tung konstruktion som medförde att ljuddämpningen i bjälklaget blev bra för både stegljud och luftöverförda ljud. I skivhusen var oftast lägenheterna genomgående och med stora fönster vilket medförde ljusa lägenheter.

Ytmaterialen var under miljonprogrammet ofta polymerbaserade. Plastmattor, lister av plast, "Perstorpsplattor" vid bänkar och spisar i köket var mycket vanligt. De nya plastfärgerna användes i mycket stor utsträckning. De ytmaterial som användes i miljonprogramshusen skulle vara enkla att underhålla, helst skulle inte underhåll, bortsett från normal städning, behöva ske utan det var slit och släng som gällde. Plastdetaljer, till exempel lister, kunde på detta sätt specialdesignas för att snabbt kunna tillverkas och monteras.

Indragen balkong var också mycket vanligt. Ytterväggen i balkongpartiet bestod av ett utfackningsparti utfört från utsidan av eternitskivor med mineralullsisolering på träreglar. Insidan är beklädd med plastfolie och gipsskivor. Denna konstruktion påminner om den som är vanlig i dagens byggnation med utfackningsväggar. Skillnaden är att denna del av konstruktionen byggdes innanför det yttre fasadlivet och därmed var bättre väderskyddad

än dagens utfackningsväggar oftast är. Dessutom är dagens utfackningsväggar ofta försedda med tunnputs.

Fasadmaterialet var vanligtvis puts, betong, fasadtegel eller plåt. Det var mycket vanligt med platta eller låglutande tak. Det var nästan bara mineraliska material i klimatskalet av byggnaden och därmed mycket liten risk för att fuktproblem skulle uppstå som kunde medföra problem med inomhusluften.

6.3.5.3. Eventuella problem med byggnaderna och hur de åtgärdats

Enligt ett flertal stora undersökningar som genomförts av byggnader från olika tidsperioder har det visat sig att byggnaderna från miljonprogrammet har relativt bra inomhusluft. I både (Norlén 1993) och (Hult 1999), som beskrivs översiktligt i kapitel 6.2 visas det att byggnaderna från denna tid upplevs som relativt bra ur bland annat inneluftsynpunkt. Detta är naturligtvis ingen garanti för att alla miljonprogramshus har bra inomhusluft. En intressant aspekt är att boendemiljön ofta upplevs som att den ej går att förändra och att den är stereotyp. Enligt tidigare refererade forskningsrapporter upplevs inomhusluften ofta som bättre om man har möjlighet att påverka byggnadens utformning. Olika åtgärder görs också i byggnader från denna tid för att skapa mer individuella bostadsområden.

6.3.5.4. Hyresgästernas möjlighet till anpassning och påverkan

De boende hade liten valfrihet och små möjligheter att påverka bostadssituationen. Mycket likartade områden byggdes i alla delar av Sverige. Målet med miljonprogrammet var att bygga bort bostadsbristen och då var valfrihet inte högprioriterad.

6.4. Utvärdering av fallstudierna

De tre analyserade individuella byggnaderna utgör ett ytterst begränsat urval av byggnader av olika slag med eller utan problem. Studierna har främst genomförts genom intervjuer. Intervjuerna har i huvudsak skett med personer som ej själva bor eller kontinuerligt använder byggnaden, vilket tillsammans med det lilla antalet byggnader är en svaghet som begränsar generaliteten i studien.

Inte i något av de studerade husen har något systematisk arbete för att skapa bra inomhusluft gjorts i planeringsskedet. Ventilationen dimensioneras visserligen efter personbelastning och ytor i lokalerna, men inte efter byggnadens eventuella negativa påverkan på inomhusluften.

Bostadsmarknaden i de två städerna där byggnaderna A och B är lokaliserade är något olika.
I den stad där byggnad A är placerad är det mycket svårt att få tag på en hyresrätt centralt.
I den stad där byggnad B är placerad är det svårt men inte omöjligt att få tag på sådan

hyresrätt. Detta påverkar troligtvis i vilken utsträckning de blivande hyresgästerna får möjlighet att påverka utformningen av bostaden, vilket framgår av de två byggnader som studerats. Det kan också påverka hur bostaden upplevs. I ett flertal undersökningar, bland annat ELIB-undersökningen (Norlén 1993), har det visat sig vara ett starkt samband mellan möjligheten att påverka inomhusmiljön och upplevelsen av den. En stor skillnad mellan byggnaderna A och B var just att hyresgästerna hade stor möjlighet att medverka i utformningen av B men inte av A. En jämförelse mellan byggnaderna A och B beskrivs i bilaga 2.

När krav anges i bygghandlingar finns oftast ingen motivering till det angivna kravet. I många fall kan kravet anses självklart. Det finns fall där bakgrunden till de angivna kraven är flera varav en del är självklara och andra är mindre självklara. Det kan då vara svårt att genomskåda samtliga konsekvenser av att något i kraven ändras. Exempel på krav som kan ställas är att bygget skall komma under tak så tidigt som möjligt. Bakgrunden till detta krav är troligtvis att torktiden för betongbjälklagen skall minimeras, att minska väderpåverkan på andra material som byggs in efter hand, öka möjligheten till att låsa byggnaden, förbättrad arbetsmiljö, förbättrad möjlighet till att alla moment kan utföras i optimal ordning i och med att inte vädret påverkar och eventuellt även andra motiv. Detta krav fanns i kraven frö byggnad B.

När man bygger blir det problem med inomhusluften i vissa hus. Det verkar ibland som om det är slumpen som avgör om det blir bra eller dålig inomhusluft. Anledningen till detta kan vara att det finns något systemfel i planering, projektering, konstruktion, byggmaterialval, byggnation eller i organisationen eller i de krav som ställs. Med robusta byggsystem som de som användes under miljonprogrammet spelar inte naturliga variationer under byggtiden (på grund av till exempel utförande eller väder) eller brukandefasen (på grund av till exempel antal brukare eller varierande fuktproduktion) lika stor roll.

En slutsats man kan dra av jämförelsen mellan de nybyggda husen är att i det fall hyresgästerna själva hade möjlighet att påverka utformningen i stor utsträckning upplevs byggnaden och dess inomhusluft som bättre. Det är troligt att om detta påverkar upplevelsen gör det endast det de första åren av en byggnads livstid. Under den resterande delen av livscykeln påverkar byggnadens eventuella föroreningar troligtvis i mycket större utsträckning. Miljonprogramshusen byggdes med förhållandevis robusta konstruktioner, utan att de blivande hyresgästerna hade någon möjlighet att påverka utformningen och dessa upplevs i dagsläget som bra byggnader ur inneluftsynpunkt.

7 OLIKA AKTÖRERS MÖJLIGHET ATT PÅVERKA BYGGNADERS INOMHUSLUFT

7.1. Introduktion

I de föregående kapitlen har en beskrivning givits av egenskaper hos en byggnads inomhusluft, samt av vilka krav som kan ställas på luften ur ett myndighetsperspektiv, ur ett beställarperspektiv och med hänsyn till brukarnas behov. En fallstudie av olika byggnader och byggnadsbestånd har också genomförts. Sammanfattningsvis visar arbetet att det finns förutsättningar för aktörerna i branschen att skapa god inneluft. Detta trots att sambanden mellan hur man bygger och den resulterande luftkvaliteten inte är helt klarlagd.

Aktörer som påverkar inomhusluftkvaliteten hos en byggnad är:

1. Myndigheter
2. Byggherren
3. Konsulter/Specialister
4. Byggmaterialtillverkare
5. Ventilationsutrustningsleverantören
6. Byggnadsentreprenören
7. Ägaren/Förvaltaren
8. Brukaren

Dessa aktörer har olika möjligheter, kunskaper och förutsättningar för att påverka den inomhusluft som en byggnad får. I följande kapitel beskrivs dessa olika aktörers roller och avslutningsvis presenteras en kortfattad analys av vilka åtgärder som respektive aktör kan vidta för att förbättra förutsättningarna för att sunda hus byggs.

7.2. Myndigheternas roll

I kapitel 4 beskrivs den roll som myndigheterna har haft under olika tidsperioder samt deras nuvarande roll när det gäller att genom regleringar påverka inomhusluften. Det är idag den enskilde byggherrens uppgift att komma fram till lösningar som gör att det övergripande kravet på sunda byggnader uppnås.

> *"Byggnader skall utformas så att luft-, ljus- och vattenkvalitet, fukt- och temperaturförhållanden samt hygienförhållanden blir tillfredsställande med hänsyn till allmänna hälsokrav."*
>
> *(Boverket 1999)*

En trolig förklaring till att det finns få statliga specifika regleringar med avseende på inomhusluften är bland annat att kunskap om sambanden mellan olika faktorer i byggnaden och hälsoproblem saknas. Det finns dock en hel del kända riskfaktorer som kan medföra problem med inomhusluften. De viktigaste riskfaktorerna att ta hänsyn till vid projektering och dimensionering av byggnaden är följande:

- √ **Fukt** (nederbörd, byggfukt, markfukt, kondens, luftfuktighet, tillförd fukt från brukare, tillförd fukt på grund av fuktskada)
- √ **Bristande ventilation**. Den skall dimensioneras dels efter de föroreningar som produceras i rummet på grund av verksamhet i detta, men även efter de eventuella föroreningar som tillförs rummet från byggnaden själv.
- √ **Emissioner**. Egenemissioner och risk för sekundära emissioner från byggmaterial.

Förutom lagstiftning kan myndigheter även vidta andra åtgärder för att förbättra förutsättningarna för att deras mål skall nås. Boverket fick i uppdrag av regeringen att stimulera arbetet med att bygga miljö- och hälsoriktigt genom att visa på goda exempel inom bland annat området "god inomhusmiljö". För att fullfölja detta uppdrag genomfördes kampanjen "Bygg för hälsa och miljö". Denna kampanj genomfördes framförallt 1997-1998 då också ett antal rapporter publicerades. Exempel på rapporter från denna kampanj är "Kvalitetssäkring av inomhusmiljön: i bygg och

förvaltningsprocessen" (Lundblad 1998) och "Kriterier för sunda byggnader och material" (Samuelson 1998). Båda dessa rapporter visar på goda exempel hur en bra byggnad kan skapas. Kampanjen fick dock inte så stort genomslag i branschen som den förtjänade.

Tidigare var det, som beskrivs i kapitel 4, mer detaljreglering från statens sida. Det angavs till exempel tämligen detaljerade dimensioneringsregler för konstruktioner även när det gällde faktorer som kan påverka inneluftkvaliteten. Övergången till mer funktionsinriktade regler gick relativt fort, kanske för fort. Genom denna övergång har det skapats större möjligheter för olika parter i byggprocessen att själva utforma byggnaderna. Det har samtidigt medfört en viss osäkerhet i branschen. I och med att variationerna blir större ställer detta också högre krav på de som utför de olika delarna i byggprocessen. Samtidigt som detaljregleringarna övergavs borde därför kvalitetssäkringen ha ökat för att bibehålla kvaliteten. Detta resonemang kräver dock att detaljregleringarna som tidigare fanns medförde hög kvalitet på byggnaderna. Som påpekats tidigare och som också framkom i den genomförda fallstudien upplevs nyare byggnader av de boende ofta som sämre. Detta är emellertid subjektiva uppfattningar. Exakt hur de byggnader som är byggda med de senaste byggreglerna står sig i förhållande till äldre bestånd är fortfarande svårt att säga. Många tänkbara problem har kanske inte hunnit visa sig ännu.

Ingen myndighet ställer formella krav på en projektör eller konstruktör inom byggnadsområdet. Dock ställer naturligtvis övriga aktörer inom branschen krav på de som arbetar som projektör eller konstruktör. Det är för övrigt förhållandevis få yrken där myndigheter certifierar eller godkänner en yrkesgrupp. Exempel där myndigheter ställer krav är läkare, där särskild legitimation krävs för att de skall få vara yrkesverksamma. Det finns också exempel på utbildningar och kompetenser som certifieras och därigenom skapar en behörighet inom ett visst område. Dessa utbildningar är dock ofta mycket begränsade och ger certifiering på ett avgränsat område och för ett specifikt "system".

PBL (Plan- och Bygglagen) ställer krav på att det skall finnas en kvalitetsansvarig för varje byggprojekt. För att vara kvalitetsansvarig krävs erfarenhet och godkänd utbildning. De olika behörigheter som kan fås är följande:

Certifiering för visst kompetensområde

- √ Riksbehörig, behörig i hela landet för aktuellt kompetensområde
- √ Godkänd av den lokala byggnadsnämnden för det aktuella projektet

En kvalitetsansvarig enligt PBL skall se till att de krav som samhället ställer uppfylls. En del i detta arbete är att deltaga i samrådsmöten, vid kontroller och vid besiktningar. Det skall enligt PBL också finnas en kontrollplan. Denna skall upprättas vid byggsamrådet eller snarast därefter. Det som anses viktigt att ta upp i kontrollplanen är bland annat:

- √ vilka kontroller som skall utföras
- √ vilka intyg och handlingar som skall redovisas för byggnadsnämnden
- √ vilka anmälningar skall göras till byggnadsnämnden

Det är byggherren som föreslår kontrollplanen, men det är byggnadsnämnden som godkänner kontrollplanens utformning. Denna plan kontrolleras antingen genom dokumenterad egenkontroll eller av fristående sakkunniga. I planen skall anges vilken typ av kontroll och vilken verifiering som krävs för respektive kontrollpunkt. Kontrollerna skall dokumenteras och arkiveras och ansvaret för detta har byggnadsnämnden.

Den kontrollfunktion som myndigheten tar på sig när det gäller vanliga byggnader skiljer sig mycket från den roll de tar på sig när det gäller infrastrukturkonstruktioner. Både Vägverket och Banverket tar ett mycket stort ansvar för dessa typer av konstruktioner. Det finns mycket detaljerade regler för både banbyggnad och vägbyggnad med avseende på utformning, konstruktiva materialkvaliteter och kontroll. Det finns inte på samma sätt detaljregleringar utfärdade från Boverket i dagsläget. En viktig skillnad mellan Boverket och till exempel både Banverket och Vägverket är dock att de senare har förutom myndighetsrollen även ett byggherre- och ägaransvar för sina olika ansvarsområden.

Dessa myndigheter har också mål och visioner när det gäller medborgarnas hälsa. Vägverket har till exempel sin nollvision, inga döda i trafiken. På samma sätt finns det för Boverkets ansvarområde en vision formulerad i ett av de 15 miljömålen från riksdagen "God bebyggd miljö":

> *"Hälsorisker i inomhusmiljön som har sin grund i byggnads- eller driftstekniska förhållanden är åtgärdade år 2020."*
>
> *(Boverket 1999)*

En förbättring skulle kunna vara att handböcker togs fram där praktiska exempel för dimensionering av inomhusluft fanns beskrivna. HusAMA finns och skulle kunna utvecklas i större utsträckning. Handböcker bör baseras på erfarenheter och beräkningar och ett sunt risktänkande.

Myndigheterna skulle också kunna ställa krav på att en fuktriskanalys eller en så kallad fuktdimensionering genomförs. Denna riskanalys respektive fuktdimensionering skall redovisas i ett fuktriskdokument som följer byggnaden. Systemet skulle alltså kunna vara analogt med det som idag tillämpas när det gäller brandrisk. Genom att ställa krav på sådan fuktriskdokumentation skulle man tvinga projektörer och byggherrar att även beakta inomhusluftfrågor på ett noggrant sätt.

7.3. Byggherrens roll

Det finns olika typer av byggherrar. Vissa har hög grad av professionallitet och har en omfattande nybyggnadsverksamhet. Det finns också de små byggherrarna som kan vara en privatperson som beställer en byggnad (till exempel en villa) en gång i sitt liv. Båda dessa ytterligheter av byggherrar skall kunna vara säkra på att få byggnader med tillräckligt bra inomhusluft. Samtidigt är det stor skillnad vad gäller kompetensen mellan dessa olika byggherrar. Nedan beskrivs de professionella byggherrarna, medan "egnahembyggherren" diskuteras i kapitel 7.4.

Den större byggherren har oftast ett klart formulerat syfte med byggnaden. Detta baseras på både funktion och ekonomi. Erfarenhet av att beställa en byggnad finns. Han vet en del om vilka vanliga problem som kan uppkomma. Beroende på vilken kontraktsform som gäller för byggnaden är ansvarsförhållandena något olika.

Utifrån den kunskap som idag finns avseende förutsättningar för god luftkvalitet är det vissa krav som alltid bör vara med då en byggherre bestämmer en byggnads utformning och fram tills den är klar:

- √ **Krav på egenskaper hos de material som väljs.** Av försiktighetsskäl är det bland annat bra att välja lågemitterande material, framförallt vad gäller ytmaterial.
- √ **Krav på val av lämplig byggteknik och konstruktion.** Byggnaden skall dels kunna byggas under rådande förutsättningar med avseende på väder, årstid och tidsåtgång utan att fuktskador uppstår och dels skall den uppfylla de funktionskrav med avseende på inomhusluft som ställs på byggnaden under brukandefasen.
- √ **Krav på att fukt skall kunna hanteras i alla skeden av processen.** Till exempel skall en bra byggnad kunna byggas trots nederbörd under byggnationen. Inte heller får fukt i brukandefasen till exempel i våtrum medföra problem.
- √ **Krav på att ventilationen skall fungera tillfredställande.** Den skall baseras dels på byggnadens eventuella "egenemissioner" och dels på vilken belastning byggnaden förväntas ha med avseende på antal människor och verksamhet i byggnaden.
- √ **Krav på att risker som tas med avseende på inomhusluft skall redovisas.** I de fall risker som kan påverka inomhusluften tas, skall de vara medvetna, små, helst kvantifieras och alltid redovisas.
- √ **Krav på att byggtiden skall anpassas till konstruktionen.** Om det inte är möjligt att anpassa byggtiden till konstruktionen måste konstruktionen anpassas till byggtiden, till exempel så att tillräcklig uttorkning kan ske.

En del stora byggherrar är i dagsläget mycket medvetna om innemiljöproblem och beställer byggnader med hög kvalitet även när det gäller möjlighet att skapa god inomhusluft. Genom att som byggherre ställa uppföljningsbara kvalitativa eller kvantitativa krav på luftkvalitetskritiska moment förbättras förutsättningarna för att det blir en byggnad med bra inomhusluft. Trots att krav enligt listan ovan ställs kan man dock inte vara helt säker på att få en byggnad med bra inomhusluft. Till viss del beror detta på att kunskapen om sambanden mellan god inomhusluft, olika sätt att bygga och olika materialval och kombinationer av material fortfarande är bristfällig.

7.4. "Egnahembyggherrens" roll

I de fall en privatperson köper en byggnad gäller konsumentköplagen och detta medför ett något annorlunda ansvarstagande och kravställande. I dessa fall är det rimligt att beställaren tar för givet att inomhusluften skall vara bra i den färdiga byggnaden. Egentligen gäller detta även flertalet professionella beställare. Egnahemsägaren kan inte förutsättas ha några djupare förkunskaper om byggteknik och ventilationsteknik och är därmed inte nog kunnig att ställa krav på samma sätt som en större professionell byggherre. Därför är det rationellt att ta fram typhus som är kontrollerade även med avseende på inomhusluftfrågor och andra frågor av betydelse för hälsan och därmed ger ökad säkerhet.

7.5. Konsultens/Specialistens roll

Det är alltid byggherren som är ansvarig för byggnaden, men byggherren måste ta hjälp av specialister i de lägen där behov finns. Bland annat inom följande områden behövs kompetenser för att en byggnad med bra inomhusluft skall kunna byggas:

- √ Konstruktion
- √ VS
- √ Arkitektur
- √ Ventilation

Specialistens ansvar är att utforma konstruktioner och lösningar som dels teoretiskt uppfyller kraven, dels är produktions- och brukaranpassade. I uppgiften bör även ingå ett ansvar att kontrollera att kraven uppfylls genom hela byggprocessen. Några viktiga frågor som då bör hanteras är följande:

- √ **Möjlighet att bygga:** Vid utformning av konstruktionen måste hänsyn tas till läge, årstid, byggtid mm. Exempel på vad som kan vara problematiskt är regelstommar av trä med vindskydd av utvändig gipsskiva och fasader som har många vinklar, utbuktningar och andra oregelbundenheter som kräver komplicerade plåtavtäckningar som ger risk för springor och defekter i det yttre fuktskyddet.
- √ **Alla detaljer måste redovisas på ritning:** I de fall detaljer skall lösas på plats medför det stora risker för att utförandet blir felaktigt. Viktiga detaljer att kontrollera är till exempel att fogar och knutpunkter fungerar fuktteknisk både under byggnation och under brukstiden.
- √ **Robusta konstruktioner:** En konstruktion bör vara så robust att den klarar av att uppfylla sin funktion till exempel med avseende på fuktskydd trots att delar av den fallerar.

En specialist har oftast sin kunskap och erfarenhet inom ett relativt begränsat område. Det finns utbildning och ett stort utbud av kurser inom områden konstruktion och hållfasthet på alla svenska högskolor med civilingenjörsutbildning inom Väg och vattenbyggnad. Inom områden som byggfysik, materiallära, VS och ventilation är dock oftast inte kursutbudet lika omfattande. Samhällets syn på konstruktioner återspeglas också i regelverket som är förhållandevis omfattande inom konstruktionsområdet, men mindre omfattande med avseende på till exempel fuktproblematik. Ett annat sätt att se på det är att lagstiftningen avspeglar vilken möjlighet och kunskap det finns inom olika områden. Vilket som är hönan och ägget i detta resonemang är inte helt självklart, men det är ändå klart att utbildning inom till exempel fukt- och ventilationsområdet bör förbättras.

En byggnad skall fungera som en helhet och det innebär naturligtvis att de olika specialisternas lösningar skall fungera tillsammans. Om inte tillräcklig samordning och helhetssyn finns är det stor risk för suboptimeringar. Bland annat följande områden är viktigt att de olika specialisterna ser helhetsbilden av då de tar fram lösningar.

- √ **Materialval:** Kvalitet, viktiga egenskaper och eventuellt fabrikat skall anges för att rätt funktion skall uppnås i konstruktionen.
- √ **Uttorkning av material:** Behov av och möjligheter till uttorkning av material skall analyseras. Faktorer som påverkar uttorkning är materialsammansättning, tjocklek, uttorkningsmöjligheter åt flera håll, fuktinnehåll, ytskikt, omgivningens temperatur och fuktighet, tryckskillnader och eventuell nederbörd.
- √ **Luftväxling i rummen:** Dessa skall anpassas till verksamhet, antal människor, byggnadens egenemissioner och rummets utformning. Ventilationseffektiviteten bör kontrolleras och bör överstiga 70%.

- √ **Mögel eller annan påväxt:** Sannolikhet/möjlighet för tillväxt av mögel eller annan påväxt i eller på konstruktioner måste analyseras så att de kan förhindras.
- √ **Fukt:** Fuktriskanalys bör genomföras med hjälp av beräkningar och systematisk genomgång av alla detaljer för att minska risken för att någon viktig detalj inte uppfyller nödvändiga krav. Särskild kontroll behöver oftast göras av anslutningar och fogar. Komplexa konstruktioner medför att det är fler funktioner som måste fungera felfritt och det finns därmed större risk för komplikationer både under byggtiden och under brukandefasen. Fuktriskanalyser eller fuktdimensionering skall redovisas i ett särskilt dokument, se kapitel 7.2.

Som ett resultat av detta resonemang måste en konstruktör även ha god kännedom om byggnadsfysik och materials egenskaper för att kunna skapa fungerande konstruktioner. Vid granskning av ritningar är det samtidigt viktigt att fuktgranskning eller fuktriskbedömning ingår. Detta är inte vanligt i dagsläget och en särskilt utsedd fuktspecialist som medverkade under hela byggprocessen skulle kunna förbättra förutsättningarna för en byggnad med bra inomhusluft. Detta ersätter naturligtvis inte den slutliga ritningsgranskning gentemot ramprogram, normer och lagar samt kvalitetsansvarigs uppgift enligt PBL under produktionsfasen.

För att minimera risken för suboptimering kan granskning av andra kompetensområdens bygghandlingar vara en tänkbar lösning. Därvid skall naturligtvis punkter som kan medföra inomhusluftproblem påpekas så att bygghandlingar kan ändras. Specialister bör även anlitas för att delta i utarbetande av kontrollplaner och se till att kontroll genomförs av detaljer som kan påverka inomhusluften.

För att hela byggnaden skall bli bra krävs slutligen att specialisterna har en egen hög moral. De lösningar de presenterar skall de kunna vara stolta över. Då specialister utför ett uppdrag åt en beställare har de ansvar/skyldighet att utföra det som ingår i uppdraget. Däremot har både specialist och beställare ett ansvar för att uppdraget är rätt utformat så att det som förväntas utföras också är det som beskrivits i uppdraget. Uppdrag till specialister bör utformas på ett sådant sätt att det ingår i rollen att flera olika kompetenser samverkar till en bra helhet.

7.6. Byggmaterialtillverkarens roll

För att man skall kunna bygga en byggnad som har bra förutsättningar att få bra inomhusluft krävs naturligtvis kunskap om egenskaper hos de material som används. För olika material finns det olika mängd kunskap och även varierande kvalitet och omfattning på de provningsmetoder som används för att bestämma olika materialegenskaper. För att man skall kunna använda material på ett bra sätt krävs naturligtvis att materialen är testade och kontrollerade och att detta redovisas av byggmaterialtillverkaren.

En del materialtillverkare ger ut egna dimensioneringsregler och användaranvisningar för sina produkter. Många byggmaterialtillverkare vet dock lite om sina produkters egenskaper när det gäller eventuell inverkan på inomhusluftkvaliteten. Vissa materialtillverkare producerar material som inte är tillräckligt utprovade för att fungera i den miljö där de kommer att användas. Ett exempel är golvmaterial som är avsedda att appliceras på betongbjälklag. Det är inte ovanligt att detta medför problem med inomhusluften. I HusAMA (AMA-enheten 1998) anges vissa högsta tillåtna värden på fuktnivå i betongplattan för att golvläggning skall kunna ske. Dessa värden är emellertid tämligen osäkra schablonvärden. Det vore rimligt att golvmaterialindustrin redovisade dels vilka högsta fuktnivåer som deras material tål, dels hur golvmaterialen skall kombineras med andra material i golvsystemet, till exempel lim och avjämningsmassa. Golvbranschens riksförbund har tagit fram provningsmetoder för att testa produkter i system med omgivande "normmaterial" där endast ett eller två material byts ut och testas åt gången. Proven jämförs med ett prov där bara "normmaterial" ingår. Detta provningsförfarande medför lite bättre information än att bara kontrollera egenemissionerna, men behöver fortfarande förbättras för att ge tillräcklig information. Bland annat ger detta provningsförfarande inte information om vilka egenskaper i de omgivande materialen som kan påverka emissionerna. Den enda information som faller ut är hur materialet fungerar i precis den aktuella kombinationen. Då någon del byts ut fallerar hela provuppställningen, och provet måste göras om. Motsvarande brist på information av kvantitativa fuktnivåer och emissionsnivåer gäller många andra ytmaterial, till exempel målarfärg, tapeter etc.

Även om byggmaterialtillverkarna vet hur produkten fungerar ensam saknas kunskap om hur produkten fungerar tillsammans med andra material och man kan därför inte redogöra för detta på ett relevant sätt. De kan mycket sällan hänvisa till standardiserade tester för kombinationer av deras produkt med andra material. I de fall sådana tester är gjorda är det mycket vanligt att de är utförda med till exempel glas eller rostfritt stål som underlag för att detta inte skall påverka resultatet. I en byggnad påverkar dock underlaget resultatet och därmed är det av mycket stort intresse att veta hur kombinationer av material fungerar tillsammans.

Provningsmetoder för att kontrollera materials egenskaper bör vara standardiserade. Dessutom måste de vara relevanta för det aktuella problemet, de aktuella egenskaperna och de bör ha hög reproducerbarhet. Det finns i dagsläget ingen som är ansvarig för att ta fram och verifiera nya testmetoder för sådana egenskaper hos byggmaterial som påverkar inomhusluft. Detta arbete skulle kunna vara en uppgift för materialleverantörernas branschorganisationer

Materialindustrin bör informera om sammansättning, kritiska fuktnivåer, pH-nivåer, temperaturnivåer, fukttransport och fuktbindningsegenskaper mm. I de fall detta finns kan beräkningar relativt enkelt genomföras för att kunna minska riskerna i den färdiga byggnaden.

7.7. Ventilationsleverantörens roll

Anledningen till att ventilationssystem installeras i en byggnad är att luften skall utbytas i tillräcklig omfattning så att inte föroreningar som produceras i rummen ackumuleras. Det är också viktigt att luftfuktigheten, till exempel i våtutrymmen, blir acceptabel, varken för hög eller för låg. Även temperaturen skall bli acceptabel, inte för hög och inte för låg (vilket också regleras av värmesystemet). Dessa grundfunktioner bör ventilationen uppfylla för att det skall bli bra inomhusluft i en byggnad.

De som levererar ventilationsutrustningen och dimensionerar densamma påverkar naturligtvis indirekt luftens kvalitet i mycket stor utsträckning. För att ventilationen skall kunna dimensioneras och installeras så att det blir bra luft i byggnaden krävs att byggnaden inte tillför mer föroreningar, till exempel i form av emissioner, partiklar, lukt eller annat som kan påverka luftens kvalitet, än vad som är förutsatt vid dimensionering och leverans.

Det är naturligtvis viktigt att man kan ställa rätt krav på ventilationen. En annan viktig del är att kontrollera att ventilationssystemet fungerar som det skall när installationen är färdig och även efter idrifttagandet. Enligt Engdahl (1998) har det visat sig att mindre än en tredjedel av flerfamiljshusen, två tredjedelar av kontorshusen och knappt hälften av skolorna uppfyller kraven för den obligatoriska ventilationskontroll (OVK) som skall genomföras i alla byggnader. Detta beror troligtvis inte alltid på leverantören av ventilationsutrustning. Systemen måste även underhållas och får inte sättas igen för att de skall fungera optimalt. En del i leverantörens ansvar är dock att se till att systemet är lätt att underhålla genom tydliga skyltar, instruktioner och en underhållsplan. Genom att leverantören av systemen även erbjuder förbättrade möjligheter till service och kopplat till denna en viss garanti för att systemet skall uppfylla ställda krav skulle möjligheterna till fungerande system troligtvis öka.

Det finns även exempel på att själva ventilationssystemet kan ha negativ påverkan. I (Fick 2002) och i andra studier har studerats på vilket sätt själva ventilationssystemet påverkar luften. Studien omfattar hur gaser påverkas och omvandlas i ventilationskanaler, delar av ventilationssystemet som inte skall påverka luften utan bara transportera den. Dessa undersökningar visar att luften kan förorenas genom passagen i ventilationssystemet.

På samma sätt som övriga delar av byggprocessen krävs det att alla aktörer medverkar till att ventilationssystemet fungerar. Det krävs också att fastighetsägaren underhåller sitt ventilationssystem på rätt sätt för att det skall fortsätta att fungera som planerat. Med anledning av hur många ventilationssystem som inte fungerar borde dock alla som i någon del av byggprocessen arbetar med ventilation kontrollera vad de kan göra för att förbättra situationen.

7.8. Entreprenörens roll

Entreprenören har ett flertal möjligheter att påverka inomhusluften i den färdiga byggnaden. En viktig fråga innan byggnationen startar, oavsett entreprenadform, är att kontrollera om huset, som det är projekterat, går att bygga på ett sätt som ger bra inomhusluft i brukarskedet. Bland annat är följande frågeställningar viktiga att beakta:

- √ Finns det tillräckligt med tid för att bygga huset på ett säkert sätt så att inga fuktrelaterade skador uppkommer?
- √ Har rätt materialval gjorts vid projekteringen? Fungerar de material som valts tillsammans i den konstruktion som är planerad under de förutsättningar som råder på platsen?
- √ Har en total fuktbedömning av byggnaden gjorts? Fungerar konstruktioner och knutpunkter mellan olika delar, ur fuktsynpunkt, såväl under byggtiden som under brukandetiden?
- √ Fungerar de detaljlösningar som är ritade? Förekommer det detaljlösningar som inte finns utformade på ritningar utan som kommer att behöva lösas på byggarbetsplatsen?

Under själva byggskedet är bland annat följande punkter viktiga:

- √ **Kvalitetssäkring av byggprocessen.** Detta kan bland annat göras genom att relevanta egenkontroller utförs under tiden som byggnationen pågår. Man kan också behöva överväga att använda extern kontroll av viktiga delar, till exempel fuktkontroll, kontroll av att detaljlösningar är utförda på ett riktigt sätt etc.
- √ **Utbildning av personal i alla olika funktioner inom fuktområdet.** De behöver bland annat få lära sig hur fukt transporteras och anrikas i en konstruktion och hur fuktskador, till exempel mögel, uppstår. De bör också få lära sig hur fuktskador kan förhindras, vad som kan vara riskmoment och hur material skall förvaras på byggarbetsplatsen. Det krävs utbildning även för att veta vad man inte vet.

En annan viktig aspekt är att främja erfarenhetsåterföring. En jämförelse kan göras med bilbranschen. Om en biltillverkare skulle upptäcka att det var fel på bromsarna på en viss

serie av deras bilar, kallas alla bilar in, vilket kan var flera tusen. Alla bromsar åtgärdas utan kostnad för bilägaren.

Då ett eventuellt fel skulle upptäckas på en byggnad utreds först vem som är ansvarig för felet och sedan rättas det till på bekostnad av den som är ansvarig. Undersökningen borde dock oftast göras grundligare och mer ur ett generellt perspektiv. Det är mycket ovanligt att en utredning görs för att kontrollera om samma fel kan finnas på flera likadana eller liknande hus. Det är ovanligt i byggbranschen att alla dessa fel hos enskilda byggnader blir redovisade på ett systematiskt sätt. Om detta kunde ske i större omfattning skulle riskabla byggkonstruktioner och –metoder kunna uteslutas ur byggprocessen. Större entreprenörer kunde kan ta policybeslut om att en ordentlig utredning måste genomföras vid skador som överstiger till exempel 50 000 kr. Motsvarande krav på utredning kunde gälla i fall då människor upplevt fysiska problem på grund av inomhusluften. Genom att dessa utredningar kan publiceras internt inom företaget finns det på detta sätt möjlighet att sprida erfarenheter.

I byggskedet är det också viktigt att hantera risker på rätt sätt. Risk kan definieras på olika sätt och beroende på hur mycket kunskap som finns kan det finnas olika stor möjlighet att upptäcka risker. Genom att ställa krav både på kunskap och erfarenhet hos dem som skall genomföra riskanalyser ökar möjligheten att risker blir upptäckta.

Ett annat sätt att skapa incitament i branschen att bygga byggnader med bra inomhusluft kan vara att förlänga garantitiderna för byggnader. Genom att företaget under längre tid blir ansvarig för fel som beror på konstruktionen eller utförandet förändras troligtvis också sättet att hantera risker.

7.9. Ägaren/Förvaltarens roll

Då byggnaden tas i bruk är det naturligtvis också viktigt att drift och underhåll sköts på rätt sätt. Även en byggnad som är byggd och projekterad "så bra det går" kan få dålig inomhusluft om den hanteras helt fel.

Ett lagkrav är att ägaren skall tillse att en OVK (Obligatorisk Ventilations Kontroll) genomförs och blir godkänd. Som nämnts tidigare har det visat sig att de flesta byggnader inte uppfyller kraven för att få en godkänd OVK-besiktning. Detta beror enligt Engdahl (1998) till stor del på bristande underhåll av ventilationssystemet och på att brukarna (de boende eller verksamma i byggnaden) satt igen luftintag eller luftuttag på grund av att de upplevt obehag på något sätt. Det är alltså en mycket viktig del av underhållet av byggnaden, att kontrollera att ventilationen fungerar som det är tänkt. Kontinuerlig och enkel kontroll av luftutbytet i olika rum kan göras genom mätning av koldioxidkoncentrationen. Som beskrivits tidigare är koldioxid ingen egentlig hälsoindikator, men kan användas för att kontrollera att ventilationen byter ut luften i rummet i tillräcklig omfattning. Förutom den obligatoriska ventilationskontrollen måste kontinuerligt underhåll av systemet göras. Bland annat måste filter bytas och kanaler rensas med jämna mellanrum.

Underhållet är generellt sett också viktigt ur den aspekten att man skall kunna se till att byggnadens olika funktioner bibehålls. Bland annat är det viktigt att kontrollera att alla detaljer i våtrummen fungerar. Därvid är det viktigt att kontrollera att alla tätskikt är intakta, och att alla genomföringar genom tätskiktet är täta. Infästningar som tillkommit i efterhand kan innebära en risk för att tätskiktet har blivit skadat.

Alla utrymmen skall kunna inspekteras. Detta är viktigt att ta hänsyn till både vid nybyggnation och renovering. Genom att ställa krav på detta undviks att "döda utrymmen" finns där det aldrig går att varken inspektera eller städa. I denna sorts utrymmen finns det risk för att tillväxt av mögel kan ske utan att det upptäcks eller kan åtgärdas. Olika detaljer som kan påverka inomhusluften måste kontinuerligt inspekteras. Exempel på utrymmen som ofta inte inspekteras är delar av vindar och grunder.

För att man skall kunna underhålla byggnaden på riktigt sätt krävs att det finns bra och fungerande drift och skötselinstruktioner. En självklarhet kan tyckas, men det är tyvärr vanligt att dessa saknas eller är ofullständiga. Det är ägarens roll att se till att sådana handlingar finns.

Vid renovering är det viktigt att på samma sätt som vid nybyggnad kontrollera att byggnaden fortsätter att fungera och att alla detaljlösningar fungerar. Vid renoveringar kan nämligen förutsättningarna för konstruktionens funktion förändras. Genom att byta ytskikt kan ett tätare eller mer genomsläppligt skikt medföra negativa förändringar i fuktbalansen i väggen/bjälklaget/taket. I de fall en tilläggsisolering på insidan installeras medför detta ofta förändrade fuktförhållanden i konstruktionen men även ändrade temperaturförhållanden. Genom dessa relativt vanliga åtgärder vid renovering kan byggmaterials kritiska område med avseende på fukt uppnås. Därmed finns det stor risk för att till exempel tillväxt av mögel kan ske inne i konstruktionen och medföra problem i byggnaden.

7.10. Brukarens roll

Brukaren påverkar inomhusluften i stor utsträckning. Brukaren kan dock inte förutsättas ha några djupare kunskaper om varför och hur denna påverkan sker. För att förbättra situationen skulle man kunna utarbeta en instruktionsbok som ges till brukaren. Några enkla tips i en sådan handbok kan vara:

- √ Sträva efter att inte tillföra mer vatten och fukt till inomhusluften än nödvändigt. Enkla åtgärder är att alltid ha dörren stängd till badrummet vid duschning och att torka väggar efter duschning. Brukaren skall dessutom kontrollera att fungerande frånluftsventilation eller ventil finnas i badrum.
- √ Torkning av till exempel tvätt skall ske i utrymmen som är väl ventilerade, så att den tillförda fukten kan ventileras bort från byggnaden.

- √ Undvika våta städmetoder. Fukten som tillförs byggnaden från städningen ökar dels luftfuktigheten, men kan också medföra nedbrytning av vissa material så att illaluktande ämnen frigörs.
- √ Inte använda fel utrymmen som förråd. Inspektionsutrymmen till exempel i krypgrunder skall ej användas som förråd.

Genom att utforma byggnaden på ett robust sätt med konstruktioner och material som tål högre fukttillskott och viss "misskötsel" kan man i hög grad undvika problem som sammanhänger med hur brukaren använder byggnaden.

Ett vanligt problem är att alltför många människor samtidigt utnyttjar en för liten rumsvolym. Ventilationen är inte dimensionerad för detta och luftvolymen i rummet är för liten för att späda ut alla de föroreningar som produceras av de människor som vistas där. En hjälp för att undvika detta skulle kunna vara att alla lokaler i kommersiella byggnader förses med en skylt som anger hur många personer lokalen är dimensionerad för även ur inomhusluftsynpunkt.

7.11. Sammanfattning

Att skapa bra inomhusluft i byggnader är ett mycket komplext problem. Som beskrivits i denna uppsats finns det dock en hel del som kan och bör göras som minskar risken för dålig inomhusluft i en byggnad. Studierna som presenteras i detta arbete visar att de viktigaste faktorerna att beakta är följande:

- ✓ Fukt
- ✓ Ventilation
- ✓ Emissioner från byggmaterial, både primära och sekundära
- ✓ Kunskap om materials egenskaper

I tabell 8 ges en kort sammanfattning av åtgärder olika aktörer kan vidta för att förbättra styrningen inom dessa områden och därmed minska risken att skapa byggnader med brister i luftkvaliteten.

Tabell 8 En sammanfattning av de viktigaste punkterna för att skapa bra inomhusluft i byggnader för olika aktörer i byggprocessen:

Aktör i byggprocessen	**Exempel på åtgärd**
Myndigheter	Utveckla kvantifierade funktionskrav och utveckla metoder med vars hjälp dessa krav kan verifieras i projekteringsfasen och efter byggnadens färdigställande. Kraven kan gälla fuktsäkerhet, säkerhet mot skadliga emissioner och ventilationseffektivitet. Ställa krav på att en fuktriskanalys alternativt fuktdimensionering skall genomföras varvid såväl byggfas som brukarfas skall beaktas. Denna fuktriskanalys skall vara skriftlig och följa byggnaden hela dess livstid. Ställa krav på att alla förändringar under byggnadens livstid som kan påverka inomhusluften blir dokumenterade i fuktriskanalyshandlingen. Överväga att återinföra extern myndighetskontroll av viktiga punkter i byggprocessen och se över nuvarande system med kvalitetsansvariga personer som ofta är kopplade till entreprenörer/utförare. Skärpa kraven på att godkänd OVK skall finnas för alla byggnader. Se till att bra informationsmaterial tas fram och se till att vidareutbildning av byggpersonal på olika nivåer kommer till stånd.

Byggherren	Ställa krav (helst kvantifierade) på den färdiga byggnadens luftkvalitet. Anlita konsulter och specialister av god kvalitet och ge dem tid och resurser att utforma konstruktioner och tekniska system som ger bra säkerhet mot inomhusluftproblem med beaktande av den byggtid som finns till förfogande. Detta är särskilt viktigt i de fall byggtiden är kort. Ställa krav på att en fuktriskanalys av byggnaden skall genomföras och dokumenteras. Ställa krav på materialvalet, främst med avseende på fuktegenskaper och emissionsnivåer. Detta är information som materialleverantören borde tillhandahålla. Begära tekniska system som är robusta och enkla att använda och underhålla. Begära tydliga skötsel- och underhållsinstruktioner, till exempel genom en loggbok där all relevant information om byggnaden kan dokumenteras. Se till att ventilationssystemet fungerar som planerat och att en godkänd OVK finns för ventilationssystemet. Begära förlängd garantitid.

"Egnahembyggherren"	Låta uppföra hus som är kontrollerade av myndighet eller företag med hög specialistkunskap inom områden som är av vikt för inomhusluften; fukt, ventilation och materialval. Undvika byggnadskonstruktioner som är dokumenterat riskabla med avseende på fukt, till exempel träbaserade kalla kryprum, kalla vindar med organiskt material, linoleummattor i utrymmen som utsätts för fukt. Undvik att använda fuktiga krypgrunder och vindar som förråd för saker som inte tål fukt. Ta reda på hur ventilationen fungerar och därefter regelbundet kontrollera att ventilationen fungerar.

Konsulter/Specialister	Utforma konstruktioner som är tillräckligt robusta för att klara den byggtid som står till förfogande med beaktande av risken för nederbörd och annan påverkan under byggskedet. Utforma konstruktioner som är robusta mot brukarens "normala" agerande under brukandetiden, till exempel att de är tåliga mot förändringar som görs av brukaren i våtrum, vid byte av ytmaterial etc. Utforma konstruktioner och konstruktionsdetaljer som är robusta under brukarskedet, till exempel mot sannolika variationer av naturliga temperatur och fuktnivåer. Välja konstruktionslösningar och material som tål förväntade förändringar som kan ske under brukarskedet. Med "tål" avses till exempel att fuktrelaterade problem som mögel, röta och skadliga emissioner med hög säkerhet inte skall uppstå. Genomföra riskanalys av den valda konstruktionen/byggnaden/installationen med avseende på faktorer som kan ge dålig inomhusluft, till exempel alltför höga fuktnivåer eller alltför höga föroreningshalter i inomhusluften. Ta fram ventilationslösningar som är mycket driftsäkra, robusta och som har tillräcklig ventilationseffektivitet. Ange vilka egenskaper material behöver ha för att de skall fungera i aktuell konstruktion. I de fall "eller likvärdigt" anges är detta extra viktigt.

Byggmaterialtillverkare	Deklarera kritiska fuktnivåer för det egna materialet, även i kombination med andra material. Exempel är olika typer av ytbehandlingsmaterial (till exempel golv, färg och tapeter) som kombineras med lim, spackel, avjämningsmassa, primer, betong etc. Utveckla provningsmetoder med vars hjälp man kan bestämma kritiska fuktnivåer enligt ovan, med avseende på faktorer som påverkar inomhusluft. Exempel på sådana faktorer är emissioner av skadliga ämnen, mögelbildning, förlust av vidhäftningshållfasthet etc. Detta är ett arbete som med fördel skulle kunna genomföras/samordnas av materialleverantörernas branschorganisationer. Deklarera innehåll av toxiska ämnen i material. Redovisa sådana förändringar i sammansättningen av materialet vilka kan påverka kritisk fuktnivå, emissioner, mm. Ge rekommendation till användningssätt av materialet, till exempel rekommenderade materialkombinationer. Ange vilka risker som finns vid icke rekommenderad användning.
Ventilationsutrustnings-leverantörer	Utveckla ventilationsutrustning som är robust och enkel att underhålla. Utveckla sensorer som gör det möjligt att tidigt detektera om det är något fel med inomhusluften, till exempel alltför hög koldioxidhalt, alltför hög ozonhalt eller alltför hög halt av indikatorämnen (till exempel alkoholer emitterade från golvmaterial). Utveckla (förbättra) system som kan styras individuellt från varje lokal baserat på behovet i den lokalen.

Entreprenörer	Utarbeta en fuktsäkerhetsplan för hela byggprocessen. I denna plan skall alla risker som kan påverka den färdiga byggnadens fuktsäkerhet beaktas; Kontroll av bygghandlingar i samband med anbud för att bedöma fuktrisk under byggtiden, krav på kontroll av fukt i material före inbyggnad och efter inbyggnad, kontroll av om vald konstruktion kommer att ge risker i brukarskedet, kontroll av om byggherrens riskanalys, i den mån sådan finns, är rimlig. Införa system för erfarenhetsåterföring så att riskabla konstruktioner kan identifieras. Säkra byggprocessen så att material med rätt egenskaper köps in och att de används på rätt sätt. I de fall förändringar görs bör alltid en extra noggrann riskanalys genomföras med avseende på bytet av material och vad det medför för konsekvenser/risker. Utbilda personal i fuktsäkert byggande. Erbjuda förlängd garantitid.

Ägaren/Förvaltaren	Genomföra brukande/boendeenkäter för att kunna identifiera/förklara problem med inomhusluften. Ha en plan för fortlöpande underhåll av sådana komponenter som kan påverka inomhusluften, till exempel ventilationssystem, våtrum, kryprum, vindar etc. Genomföra mätningar av inomhusluftens kvalitet, till exempel luftomsättning, koldioxidhalt etc. Förvalta ett fuktdokument i vilket alla förändringar som kan påverka inomhusluften skrivs in. Utarbeta en instruktionsbok riktad till brukaren. Se till att ventilationssystemet fungerar som det är tänkt och även se till att godkänd OVK är utförd. Vid renovering/ombyggnad göra ordentlig utredning av befintlig konstruktion/system och begära att den skall fungera tillsammans med den nya konstruktionen/systemet, med avseende på emissioner, fukt och ventilationseffektivitet.
Brukaren	Följa de instruktioner som ges i instruktionsboken, till exempel undvika att tillföra alltför mycket fukt till inomhusluften, undvika att ta hål i väggar, golv och tak (framförallt i våtrum), undvika att sätta igen ventiler, kontrollera att ventilationen i våtrum och kök fungerar.

REFERENSER

AMA-enheten, (1998). Hus AMA 98, Allmän material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten. Stockholm, AB Svensk Byggtjänst.

Andersson, K., Bakke, J.V., Bjorseth, O., Bornehag, C.G., Clausen, G., Hongslo, J.K., Kjellman, M., Kjaergaard, S., Levy, F., Molhave, L., Skerfving, S., Sundell, J. (1997). "TVOC and health in non-industrial indoor environments - Report from a Nordic scientific consensus meeting at Langholmen in Stockholm, 1996." Indoor Air 7(2): 78-91.

Andersson, K., Stridh G. (1990). Byggnader med störningar i inomhusklimatet - en utredningsmodell. AMA-nytt Mark - Hus: 27-30.

Andersson, K., Stridh, G. (1993). Strategi för bättre luft i skolan - enkäter, inspektion och mätningar. Skolan - en arbetsmiljö för alla: 43-60.

Apte, M. G., Fisk, W.J., Daisey, J.M. (2000). "Associations Between Indoor CO2 Concentrations and Sick Building Syndrome Symptoms in U.S. Office Buildings: An Analysis of the 1994-1996 BASE Study Data." Indoor Air 10: 246-257.

Arbetarskyddsstyrelsen (1993). Ventilation och Luftkvalitet, 1993:5.

Arbetarskyddsstyrelsen (2000). Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar, 2000:3. Stockholm, Arbetarskyddsstyrelsen: 115.

Arlian, L. G., Confer, P.D., Rapp, C.M., Vyszenski-Moher, D.L., Chang, C.S. (1998). "Population Dynamics of the House Dust Mites Dermatophagoides farinae, D. pteronyssinus, and Euroglyphus maynei (Acari: Pyroglyphidae) at Specific Relative Humidities." Journal of Medical Entomology 35(1): 46-53.

Berglund, B., Gidlöf Gunnarsson, A. (1999). Somatization acts as an intervening variable between symptom reports and a general psycological construct. Indoor Air '99, Edinburgh, Scotland.

Björck, C., Kallstenius, P., Reppen, L. (1983). Så byggdes husen 1880-1980. Stockholm.

Bornehag, C-G., Sundell, J., Pershagen, G., Nielsen, A., Nordvall, L., Malmberg, P., Järvholm, B., Gyntelberg, F., Blomquist, G., (2001). "Dampness in Buildings and Health." Indoor Air 11(2): 72-86.

Bostadsstyrelsen, K. (1954). God Bostad. Stockholm, Kungliga Bostadsstyrelsen: 32.

Boverket (1989). Boverkets nybyggnadsregler. Stockholm, Allmänna förlaget AB.

Boverket (1994). Boverkets handbok om betongkonstruktioner, BBK94. Stockholm, AB Svensk Byggtjänst.

Boverket (1995). Boverkets föreskrifter och allmänna råd om certifiering av riksbehöriga kvalitetsansvariga, BFS 1995:5.

Boverket (1999). Boverkets byggregler. Karlskrona, Boverket.

Boverket (1999). Miljökvalitetsmål 11: God bebyggd miljö. Karlskrona, Boverket: 120.

Bramming Jörgensen, R., Dokka, T.H., Björseth, O. (2000). "Introduction of a Sink-Diffusion Model to Describe the Interaction between Volatile Organic Compounds (VOCs) and Material Surfaces." Indoor Air 10: 27-38.

Byggnadsstyrelsen (1950). "Byggnadsstyrelsens anvisningar till 1947 års byggnadsstadga, BABS 1950.".

Darby, S., Deo, H., Doll, R. (2001). "A parallel analysis of individual and ecological data on residential radon and lung cancer in south-west England." Journal of Royal Statistical Society 164: 193-203.

Diaz-Sanchez, D. (2000). "Pollution and the immune response: atopic diseases - are we too dirty or too clean?" Immunology(101): 11-18.

Doyun Won, R., Corsi, L., Rynes, M. (2001). "Sorptive Interactions between VOCs and Indoor Materials." Indoor Air 11: 246-256.

Emenius, G. (1997). Vad vet vi idag om sambandet allergier - inomhusklimat. Innemiljö, sunda hus och värde, Bygg- och fastighetssektorns Riksstämma 97, Stockholm, Sweden, Byggforskningsrådet, Stockholm.

Emenius, G., Egmar, A.-C., Wickman, M. (1998). "Mechanical ventilation protects one-storey single-dwelling houses against increased air humidity, domestic mite allergens and indoor air pollutants in a cold climatic region." Clinical and Experimental Allergy 28: 1389-1396.

Engdahl, F. (1998). "Evaluation of Swedish Ventilation Systems." Building and Environment 33(4): 197-200.

Engvall, K., Norrby, C., Bandel, J., Hult, M. (1999). A multiple logistic regression model to identify multi-family buildings with high prevalence of sick building syndrome (SBS) among inhabitants. Indoor Air 99, Edinburgh.

Engvall, K. (2000). Enkät med kvalitet ger brukarundersökning status. Byggforskning: 11-13.

Environmental Protection Agency, E. (2001). Air Quality Criteria for Particulate Matter, Volume II, Second external draft. Washington, DC, EPA: 618.

Eriksson, N., Höög, J., Hansson Mild, K., Sandström, M., Stenberg, B. (2000). Förekomst av symtom liknande "sjuka hus-sjuka" bildskärmsrelaterade hudbesvär och "elöverkänslighet" i den vuxna svenska befolkningen. Umeå, Arbetslivsinstitutet: 44.

Fang, L., Wargocki, P., Witterseh, T., Clausen, G., Fanger, P.O. (1999). Field study on the impact of temperature, humidity and ventilation on perceived air quality. Indoor air 99, Edinburgh.

Fanger, P. O. (2000). "Indoor Air Quality in the 21st Century: Search for Excellence." Indoor Air 10: 68-73.

Fick, J., Pommer, L., Andersson, B., Nilsson, C. (2002). Experimental design as a tool to study gas-phase reactions in ventilation ducts. Indoor Air 2002, Monterey, California.

Forskningsinstitut, S. P.-o. (1999). Certifieringsregler för P-märkning av flerbostadshus avseende innemiljö. SPCR 114: 17.

Fyrhake, L., Bandel, J., Engvall, K., Hedkvist, P-A., Hult, M., Norrby, C. (1998). Stockholmsenkät om innemiljö och hälsa - vad skiljer bra och dåliga flerbostadshus? Stockholm, Utrednings- och statistikkontoret, Stockholms stad: 54.

Garrett, M. H., Rayment, P.R., Hooper, M.A., Abramson, M.J., Hooper, B.M. (1998). "Indoor airborne fungal spores, house dampness and associations with environmental factors and respiratory health in children." Clinical and Experimental Allergy 28: 459-467.

Garrett, M. H., Hooper, M.A., Hooper, B.M., Rayment, P.R., Abramson, M.J. (1999). "Increased risk of allergy in children due to formaldehyde exposure in homes." Allergy 54: 330-337.

Glauman, M. (1999). EcoEffect - Miljövärdering av bebyggelse. Gävle, Byggd Miljö, KTH: 112.

Godish, T. (1995). Sick buildings, Definition, Diagnosis and Mitigation, Lewis Publishers, London, Tokyo.

Gravesen, S., Frisvad, J.C., Samson, R.A. (1994). Microfungi. Copenhagen.

Gross, I., Heinrich, J., Fahlbusch, B., Jäger, L., Bischof, W., Wichmann, H.E. (2000). "Indoor determinants of Der p 1 and Der f 1 concentrations in house dust are different." Clinical and Experimental Allergy 30: 376-382.

Gustafsson, H. (1998). Luftkvalitet och lukt från byggmaterial, Olfaktomeri och erfarenhet av klimatkammarutrustningen Climpaq. Espoo, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut: 63.

Hansson Mild, K., Anneroth, G., Bergdahl, J., Eriksson, N., Höög, J., Lyskov, E., Marqvardsen, I., Marqvardsen, O., Perris, H., Sandström, M., Stenberg, B., Tillberg, A., Widman, L., Wilén, J. (1998). El- och bildskärmsöverkänslighet - en tvärvetenskaplig studie. Umeå, Arbetslivsinstitutet: 42.

Harderup, E. (1998). Fuktdimensionering med generell checklista. Lund, Institutionen för Byggnadsteknik, Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola: 75.

Harderup, E. (1999). Klimatdata för fuktberäkningar. Lund.

Hart, B. J. (1998). "Life cycle and reproduction of house-dust mites: environmental factors influencing mite populations." Allergy 53: 13-17.

Hirsch, T., Hering, M., Bürkner, K., Hirsch, D., Leupold, W. (2000). "House-dust-mite allergen concentrations (Der f 1) and mold spores in apartment bedrooms before and after installation of insulated windows and central heating systems." Allergy 55: 79-83.

Holmquist, L. V., O. (1999). "Quantification of Birch and Grass Pollen Allergens in Indoor Air." Indoor Air, International Journal of indoor Air Quality and Climate 9(2): 85-91.

Hult, M., Engvall, K., Norrby, Ch. Bandel, J. (1999). Applying a multiple logistic regression model to identify multi-unit residential buildings with high risk of SBS in the city of Stockholm. Indoor Air '99, Edinburgh.

Indeklima, D. S. f. (1999). Indeklima maerket, Introduktion til principperne bag Indeklimamaerkningen. Taastrup: 10.

Jackson, M. (2001). "Allergy: the making of a modern plague." Clinical and Experimental Allergy 31: 1665-1671.

Jensen, B., Wolkoff, P. (1996). VOCBASE. Copenhagen, National Institute for occupational Health.

Kavouras, I., Stephanou, E. (2002). "Gas/Particle Partitioning and Size Distribution of Primary and Secondary Carbonaceous Aerosols in Public Buildings." Indoor Air 12(1): 17-32.

Kemikalieinspektionen (1989). KIFS 1989:5 - Kemikalieinspektionens föreskrifter om formaldehyd i träbaserade skivor.

Kemikalieinspektionen (1998). KIFS 1998:8 Kemikalieinspektionens föreskrifter om kemiska produkter och biotekniska organismer.

Kemikalieinspektionen (2000). Klassificeringslistan, KIFS 2000:9. Stockholm, Kemikalieinspektionen.

Korpi, A. P., A-L.; Pasanen, P.; Kalliokoski, P. (1997). "Microbial growth and metabolism in house dust." International Biodeterioration & Biodegradation 40(1): 19-27.

Korsgaard, J. (1998). "Epidemiology of house-dust mites." Allergy 53(Supplement 48): 36-40.

Kungl. Majestät, (1736). "Byggningsbalken SFS 1736:0123.1.".

Kungl. Majestät, (1874). Konglig Majestäts byggnadsstadga för rikets städer och Brandstadga för rikets städer af den 8 maj 1874. Stockholm.

Kungl. Majestät, (1947). "Kunglig Majestäts Byggnadsstadga 1947:390.".

Kungl. Majestät, (1947). SFS 1947:385, Byggnadslagen.

Kungl. Majestät, (1959). SFS 1959:612 Byggnadsstadgan.

Lagarde, F. P., G; Åkerblom, G; et al (1997). "Residential radon and lung cancer in Sweden: risk analysis accounting for random error in the exposure assessment." Health Physics 72(2): 269-276.

Lee, T. K. C. Y., K.N. (2000). "Effects of air conditioning, dehumidification and natural ventilation on indoor concentrations of 222Rn and 220Rn." Journal of Environmental Radioactivity 47: 189-199.

Lundblad, D., Henriksson, J. (1998). Kvalitetssäkring av inomhusmiljön: i bygg- och förvaltningsprocessen, Boverket.

MfB (2002). Miljöstatus för byggnader. Stockholm.

Molhave, L., Kjaergaard, S.K., Hempel-Jörgensen, A., Juto, J.E., Andersson, K., Stridh, G. (2000). "The Eye Irritation and Odor Potencies of Four Terpenes which are Major Constituents of the Emissions of VOCs from Nordic Soft Woods." Indoor Air 10: 315-318.

Müller, B., Seifart, C., Barth, P.J. (1998). "Effect of air pollutants on the pulmonary surfactant system." European Journal of Clinical Investigation 28: 762-777.

Nationalencyklopedin (1989). Nationalencyklopedin, Bokförlaget Bra Böcker.

Naturvårdsverket (2001). Förordning (2001:527) om miljökvalitetsnormer för utomhusluft.

Nevalainen, A. (1989). Bacterial aerosols in indoor air. Faculty of Natural and Environmental Sciences. Kuopio, University of Kuopio: 85.

Nevander, L. E., Elmarsson, Bengt (1994). Fukthandbok, Praktik och teori. Stockholm, Svensk Byggtjänst.

Niboer, E. Fletcher, G.G. Thomassen, Y. (1999). "Relevance of reactivity determinants to exposure assessment and biological monitoring of the elements." Journal of Environmental Monitoring 1: 1-14.

Nordström, L. (1938). Lortsverige. Stockholm.

Norlén, U., Andersson, K. (1993). Bostadsbeståndets inneklimat, ELIB rapport nr 7. Gävle och Örebro, Statens Institut för byggnadsforskning, Yrkes- och Miljömedicinska kliniken i Örebro, Statens strålskydds institut: 105.

Ormstad, H., Johansen, B.V., Gaarder, P.I. (1998). "Airborne house dust particles and diesel exhaust particles as allergen carriers." Clinical and Experimental Allergy 28: 702-708.

Pasanen, P., Nevalainen, A., Ruuskanen, J., Kalliokoski, P. (1992). The composition and location of dust settled in supply air ducts. 13th AIVC Conference , Ventilation for Energy Efficiency and Optimum Indoor Air Quality.

Pasanen, P. K., A; Kalliokoski, P; Pasanen A-L (1997). "Growth and volatile metabolite production of Aspergillus Versicolor in house dust." Environment International 23(4): 425-432.

Persily, A. (1997). "Evaluating Building IAQ and Ventilation with Indoor Carbon Dioxide." ASHRAE Transactions 103(2): 193-204.

Philips, K., ; Howard, D.A.; Bentley, M.C.; Alván, G. (1999). "Assessment of environmental tobacco smoke and respirable suspended particle exposure for nonsmokers in Basel by personal monitoring." Atmospheric environment 33: 1889-1904.

Planverk, S. (1967). "Svensk Byggnorm 67." .

Planverk, S. (1975). SBN1975, Svensk Byggnorm, Liber Förlag: 430.

Planverk, S. (1980). SBN 1980, Svensk Byggnorm: 608.

Ponsonby, A.-L., Glasgow, N. Gatenby, P., Mullins, R., McDonald, T., Hurwitz, M., Pradith, B., Attewell, R. (2001). "The relationship between low level nitrogen dioxide exposure and child lung function after cold air challenge." Clinical and Experimental Allergy 31: 1205-1212.

Ross, M. A., Curtis, L., Scheff, P.A., Hryhorczuk, D.O., Ramakrishnan, V., Wadden, R.A., Persky, V.W. (2000). "Association of asthma symptoms and severity with indoor bioaerosols." Allergy 55: 705-711.

Samuelson, I., Hult, M., Andersson,K., Stridh, G., Kellner, J., Valbjörn, O. (1998). Kriterier för sunda byggnader och material. Karlskrona, Boverket.

Samuelson, I., J. Fransson, et al. (1999). Att undersöka innemiljö, En beskrivning av tillvägagångssätt och val av metoder vid skadeutredning. Borås, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut: 129.

Saraf, A. (1999). Microorganisms in the Indoor Environment, Analysis and Structure-Bioactivity Relationships. Department of Infectious Diseases and Medical Microbiology. Lund, University of Lund: 75.

Seifert, B. (1990). Regulating indoor air. Indoor Air, Toronto, Canada.

Seppänen, O. A., Fisk, W.J., Mendell, M.J. (1999). "Association of Ventilation Rates and CO2 Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings." Indoor Air 9(4): 226-252.

Sjöberg, A. (1998). Transportprocesser och reaktioner i belagda betonggolv, olika faktorers inverkan på emission från golvkonstruktioner. Institutionen för byggnadsmaterial. Göteborg, Chalmers Tekniska Högskola: 193.

Socialstyrelsen (1988). Socialstyrelsens allmänna råd, Temperatur. Stockholm, Socialstyrelsen.

Socialstyrelsen (1989). SOSFS 1989:13, Socialstyrelsens allmänna råd om åtgärder mot formaldehyd i byggnader.

Stenberg, B., Hansson Mild, K. Sandström, M., Sundell, J., Wall, S. (1993). "A prevalence study of the sick building syndrome (SBS) and facial skin symtoms in office workers." Indoor Air 3(2): 71-81.

Stirling, R., G., Chung, K., F. (2001). "Severe asthma: definition and mechanisms." Allergy(56): 825-840.

Strannegård, Ö., Strannegård, I.-L. (2001). "The cause of the increasing prevalence of allergy: is atopy a microbial deprivation disorder?" Allergy 2001(56): 91-102.

Sunesson, A.-L. N., C-A; Carlsson, R; Blomquist, G; Andersson, B (1997). "Production of volatile metabolites from Streptomyces Albidoflavus cultivated on gypsum board and tryptone glucose extract agar - influence of temperature, oxygen and carbon dioxide levels." Annals of Occupational Hygien 41: 393-413.

Thriene, B. S., A.; Willer, H.; Weidhase, J. (1996). "Man-made mineral fibre boards in buildings - helth risks caused by quality deficiencies." Toxicology Letters 88: 299-303.

Tolstoy, N. m. f. (1993). Bostadsbeståndets tekniska egenskaper, Statens institut för byggnadsforskning.

Tägil, Ö. E. T. (1998). modern arkitektur i Lund, från 1930-talet till 1990-talet. Lund.

van Winkle, M., Scheff, P. (2001). "Volatile Organic Compounds, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Elements in the Air of Ten Urban Homes." Indoor Air 11(1): 49-64.

Wargocki, P., Wyon, D.P., Sundell, J., Clausen, G., Fanger, P.O. (2000). "The effects of Outdoor Air Supply Rate in an Office on Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity." Indoor Air 10: 222-236.

Warner, J. A. (2000). "Controlling indoor allergens." Pediatric Allergy and Immunology 11: 208-219.

Weschler, C. J. (2000). "Ozone in Indoor Environments: Concentration and Chemistry." Indoor Air 10: 269-288.

WHO, W. H. O. (2000). Guidelines for Air Quality. Geneva, WHO: 190.

Wolkoff, P. and P. A. Nielsen (1996). "New approach for indoor climate labeling of building materials - emission testing, modeling, and comfort evaluation." Atmospheric Environment 30 15 Aug 1996 30: 2679-2689.

Wolkoff, P., Clausen, P.A., Wilkins, C.K., Nielsen, G.D. (2000). "Formation of Strong Airway Irritants in Terpene/Ozone Mixtures." Indoor Air 10(2): 82-91.

Wolverton, B. C. (1996). Eco-Friendly House Plants. London, George Weidenfeld & Nicolson Ltd.

BILAGA 1

Publicerad vid konferens "Healthy Buildings", Helsingfors, Finland, 2000

A PRE-STUDY OF REQUIREMENTS SET FOR THE INDOOR AIR QUALITY IN SWEDEN

Ulrika Hammargren, Division of Building materials, University of Lund (at leave from Skanska Teknik AB)

ABSTRACT

This paper presents the results from a pre-study of how different factors influence the building sector concerning indoor air quality (IAQ). Firstly there are the legal requirements that in Sweden have become more specific concerning IAQ during time, but they are still very vaguely formulated. Secondly the customer requirements are important for the IAQ. Thirdly the present knowledge about IAQ has to be taken into account. Finally, information about building materials is to an increasing extent available from the material producer.

KEYWORDS

Air quality, Emissions, Material emission, Mould, Radon, VOC

INTRODUCTION

When planning for a good indoor environment it is essential to consider how to construct the building and chose the right building materials. However, with the knowledge the branch has today it is not an easy or even possible task, to guarantee a healthy indoor air.

The building material producers of course aim at producing materials that will fulfil all requirements from clients and end users. However, the material producers sometimes limit the range, e.g. of relative humidity, where they guarantee that it is safe to use a product. They may limit the range more than they have to, which makes it difficult to use the material in a rational way together with other materials.

From the constructors point of view, creating a healthy indoor environment is today mainly done by excluding products with hazardous substances, choosing products with low emission rates (TVOC), and combining materials that by experience work together. However, many problems with indoor air quality emanate from synergistic effects, often with high humidity involved. The high humidity may come from many different sources like moisture on the building site, damages in the building and water condensation because of temperature changes in the building construction. Because of the risk of different types of indoor air quality (IAQ) problems people who use buildings and people who owns buildings try to set requirements for buildings to assure a good IAQ.

This paper is written from the point of view that someone else is responsible for a building and is using it or purchasing it to be built. Therefore the word customer is here used both for real estate owners and tenants and both for dwellings and workplaces.

METHODS

This study is a preparatory study on how customers put requirements on IAQ. It is based on a literature study of indoor air quality (IAQ), complemented with studies of building product declarations (BPD), safety data sheets (SDS) and building programs and reports.

RESULTS

Legal demands

A comparison has been made between the latest three building codes used in Sweden and how they regulate indoor air. The compared regulations are "Svensk Byggnorm" from 1980 (SBN) [1], "Nybyggnadsregler" from 1989 (NR) [2] and "Boverkets byggregler" from 1995 (BBR) [3]. In the list below a short summary of the text in the newest regulation is complemented with what was stated in earlier regulations.

- *General demands* in BBR is that a building should be designed so that it has satisfying air, light, water quality, moisture, temperature and hygienic according to common health demands. The other regulations have similar general demands.
- *Ionizing radiation* is not mentioned in NR but is now in BBR regulated to be below 0.5 μSv/h. According to BBR *radon* must be below 200 Bq/m^3 in new houses and below 400 Bq/m^3 in old houses.
- Buildings should be constructed in a way that *moisture* does not affect the building and make a good climate for microbial growth, bad smell or any other damage according to BBR. All the regulations have almost the same general demands, but then also different special demands of how to minimise the risk for moisture damage.
- It is not until in the last regulation, BBR that *microorganisms* are considered more specifically. Buildings and their installations should be designed in such a way that the risks of unhealthy growth of microorganisms are limited.
- In rooms where there is much water used BBR requires that surfaces and equipments should be designed in a way that prevents the growth of *mould*. The codes have become more and more specific about where it is important to prevent mould growth.
- *Emissions of gases* and particles from parts of the building are not allowed to affect the indoor air in a way that people's health is affected when the ventilation works as it should. An advice in BBR is that low-emitting products should be chosen. BBR is the first building code to consider emissions from materials. In the building codes before BBR emissions were only mentioned as a problem in association with furnaces and fires.
- The air should not contain *contaminants (different substances)* that can cause negative health effects or annoying smell according to BBR. According to advises to the Swedish working environment's regulation [4], about ventilation and air quality, substances on the list for hygienic thresholds should not exceed 1/20 of the threshold concentration. The regulations have become more and more specific about which substances that can cause problems in a working climate. SBN mentions only that unhealthy inorganic gases should be limited.
- *Formaldehyde* is not mentioned in the last building regulation, but is regulated in other regulations. SBN had regulations about how much formaldehyd chipboard was allowed to emit.
- About *carbon dioxide (CO_2) and carbon monoxide, (CO)* there are references to other regulations that take care of the working environment. CO_2 is usually not a problem in dwellings but might be a problem in assembly halls and other places where it can get crowded according to BBR. In SBN CO_2 and CO is mentioned in association with the efficiency of

furnace's and ventilation of garages.
- *Asbestos* is not mentioned in BBR, but it is regulated in other regulations. In the former building codes it was stated that the risk of asbestos dust indoors should be prevented.
- *Building materials* are not mentioned in general in BBR, but in the former regulations, SBN and NR, it was stated that they should not cause hygienic inconvenience. In these old regulations there were restrictions about asbestos, fungicides, epoxy products, reinforced ester plastics, isocyanates, quartz-containing sand in floating floors, mineral wool and PCB.

Things that might affect the indoor air quality as room height, indoor temperature and demands for the ventilation are similar in all these regulations. The part about ventilation is very specific in all the regulations, and besides radon the only area where specific minimum levels are quantified.

Customers requirements

From a brief survey of different documents the following customer requirements have been identified:

General requirements or advises:
- Healthy and good apartments [5].
- Radon concentration less than 100-200 Bq/m^3 [5].
- Materials, constructions, installations and building methods are to be chosen in a way that healthy buildings will be the final result [5].
- Concentrations of particles in the indoor air should not exceed 60 mg/m^3 [5].

Requirements about the products:
- "Healthy materials should be used, such as wood and bricks" [6].

Emission requirements:
- All materials should be chosen in order to create a healthy environment [6].
- "The use of materials that emits unhealthy, hazardous to the environment or allergen substances are avoided if possible." [5]
- "Building materials are not chosen if they emit more than 40 mg/m^2h" [5].
– The purchaser should get information about emissions from the producers [6].

Moisture requirements:
- The purchaser should try to get information about relative humidity in the materials [6].
- Requirement on the producer of the material, e.g. concrete and wood, to inform about critical moisture levels of the product they deliver [5].

Requirements on content of building materials:
- Avoid especially troublesome substances that cause allergy (e.g. chrome and nickel) [7].
- Building materials containing substances from the Swedish National Chemical Inspectorate (NCI) list of restricted substances are not to be used if there are alternative materials to chose [5].

Sometimes, however, customers do not set any IAQ requirements at all:
- When giving restrictions for an architectural competition, no requirements on the IAQ were given [8].
- When comparing different ways of renovating a building, the indoor environment was not considered [9].

Though it is rather often considered that when building or renovating in a way that is good for the outdoor environment this will automatically create a good indoor environment. This is of course not always the case but it should be possible to merge different environmental aspects.

State-of-the-art about indoor air contaminants

There are different opinions about what is the main problem with the indoor air in our buildings. The following three groups of air contaminants are commonly discussed [10]:

- Biological exposure (microorganisms and allergens)
- Chemical exposure (gases, vapours, particulate-phase materials)
- Physical exposure (temperature, humidity, air movement, light, sound, dust/fibres, ions)

There are also different opinions about how these different contaminants affect people in the house and were they come from. Here I will not discuss this further, but just note that it is not easy for a customer to survey the scientific state-of-the-art of IAQ.

Information about building materials

Producers or suppliers of chemical substances have to inform customers about their products in Safety Data Sheets (SDS) according to Swedish regulations [11]. In a SDS the supplier only has to inform about substances that are classified by the Swedish National Chemical Inspectorate (NCI) and present in a concentration that might make the product harmful. The building branch in Sweden made an agreement 1995 that Building Product Declarations (BPD) should be available for all building products. All suppliers should inform about their products in a standardised way. A content in a product only has to be declared if it is more than 2 % of the total mass. For additives the lowest limit is 0.2 %, however, additives that are relevant should be declared even if they are present in lower concentrations. In these declarations all relevant environmental information should be given both about indoor and outdoor environment. When using BPD the purchaser should be able to consciously select a product [12]. These two different kinds of declarations make it possible, at least in theory, to get information about all different types of products and how they might affect the indoor environment. It should be noted that what to declare in a BPD is not imperative. The rules of how to declare a building product through a BPD are a negotiation between mainly the manufacturers, the entrepreneurs and the real estate owners. There are conflicting interests because the manufacturers do often not want to disclose their content of their product while the other actors wants to know all the ingredients to make their own decision of which product is the best.

DISCUSSION

The building regulations in Sweden are aiming more and more for the function of the building. In the former SBN [1] for example several measures were given of how to equip and furnish a toilet; the presently used BBR [3], on the contrary, only states that there must be one toilet in the entrance floor that is accessible for a person on a wheelchair. Demands on the indoor environment, however, are getting more specific. This is probably because the knowledge about the indoor environment has increased. But even if the regulations are more specific today they are still very vague. How clean and healthy is "satisfying air"? There is not at present enough knowledge about what concentrations of indoor air contaminants that can cause health effects.

When designing a building in Sweden there are mainly four different factors to consider:

1. Regulations
2. Customer requirements
3. Knowledge
4. Accessible material information

These four factors have different goals, but one of them is to create a healthy indoor air. Unfortunately there are also other goals that have to be fulfilled for each different factor, e.g. low cost, much space. The different goals are not always mutual for the different factors and that makes it sometimes hard to find good solutions for the indoor environment even when enough knowledge is available.

The Swedish building regulations put very much responsibility on the entrepreneur and the one who orders the building to create a good IAQ. Since the present knowledge of IAQ-problems is limited it can be hard to fulfil the regulations. In parts of BBR [3] dealing with the building structure it is referred to another regulation that deals only with the structure of the building. In the future it would be good if that kind of regulation could be applied to IAQ also.

Complaints from people using a building may be associated with problems in the building but they may, at least to a certain extent, also depend on the people in the building, the psychosocial climate etc. [13] [14]. When investigating a building where there are problems it would, from the constructors and owners point of view, be an advantage if it was possible to find out if there are problems with the building or with something else.

Legal demands in Sweden have changed with time. It is noticeable that the regulations in Sweden do not seem to become more restrictive. The building and how it works when it is used seems to be of more importance nowadays than different specific measures. This leaves much more responsibility to the market to fulfil the regulation. Many of the sentences in the regulations may be understood as if someone complains, then the regulation is not fulfilled. If something is satisfying, as the indoor air should be, then no one has to complain. Today we are lacking tools to check whether a building and the indoor air are satisfying or not. In BBR [3] there is a special short part about controlling sound insulation. It says that the control should be done with a reliable method, and gives an advice of a suitable method. In the same way there could be a special part in the code about how to check the indoor environment with reliable methods. As mentioned before, complaints about the indoor air are not always dependent only on the building and it would therefore be good to have a legislated way to prove that the building is good enough. Because of the lack of knowledge about what factors are important for a good IAQ such a method should preferably focus on the health of people in the building and not on the technological aspects, like VOC etc. (cf. Engvall [14]).

It is often said that the earlier you get into the building process the more you can influence the final building. It is also often mentioned that it is cheaper to change things in the early stages. If one thing is changed during a building process there are other things that have to be changed as well. If the floor materials were supposed to be PVC from the beginning and then are changed to linoleum there may be other demands on the foundation underneath. Changes may concern the allowed relative humidity in the concrete slab and what kind of flooring adhesive that is allowed to be used. There are also differences in what way it is possible to use

the floor; e.g. linoleum flooring has to be mainly dry cleaned whereas a PVC floor can be wet cleaned.

SDS and BPD give some information about what building products contain, but there are limitations. One problem is that new substances are developed and started to be used continuously. The regulations for SDS state that chemicals that are classified by the NCI must be declared if they are harmful in the actual concentration. However, combinations of substances might also be harmful to the health or the environment, but it is not necessary to declare this kind of effects. This is, however, what is needed if it should be possible to know exactly what contaminations that will be emitted from a house.

ACKNOWLEDGEMENTS

I thank the Swedish Foundation for Knowledge and Competence Development and Skanska Teknik AB for their support.

LITERATURE

1. The National Swedish Board of Physical Planning and Building, *Svensk Byggnorm 1980*, 1983, Stockholm.
2. Boverket, *Boverkets nybyggnadsregler*, 1989, Stockholm
3. Boverket, *Boverket byggregler*. 1999, Karlskrona
4. Arbetarskyddsstyrelsen, *Ventilation och Luftkvalitet, AFS 1993:5*, . 1993.
5. Stockholms Stad, *Ekologiskt byggande i Stockholm, Program för resurseffektivt och miljöanpassat byggande, nybyggnad.*, 1997: Stockholm.
6. Ericsson Landskapsarkitekter ab, *Den nya skolan i Bunkeflo, Malmö, Ängslättsskolan, Projektgenomgång för hus M-U*, 1998: Malmö.
7. Gerklev, J., *TEKNIKUM - En återspegling av miljöutvecklingen inom byggsektorn*, . 1998, Skanska: Karlskrona.
8. Statens Lokalförsörjningsverk, *Arkitekttävling för Södertörns högskola*, 1995: Stockholm
9. Kalmarhem AB, *Ombyggnad, kretslopp och ekonomi. Inspektoren*, 1997
10. Godish, T., *Sick buildings, Definition, Diagnosis and Mitigation*. 1995: Lewis Publishers, London, Tokyo.
11. Swedish National Chemical Inspectorate, *Förordning om 1998:941 om kemiska produkter och biotekniska organismer*. 1998.
12. Byggsektorns Kretsloppsråd, *Byggvarudeklarationer*, 1997: Stockholm.
13. Norlén, U., Andersson, K., *Bostadsbeståndets inneklimat, ELIB rapport nr 7*, 1993, Statens Institut för byggnadsforskning, Yrkes- och Miljömedicinska kliniken i Örebro, Statens strålskydds institut: Gävle och Örebro
14. Engvall, K., Norrby, C., Bandel, J., Hult, M. *A multiple logistic regression model to identify multi-family buildings with high prevalence of sick building syndrome (SBS) among inhabitants.* in *Indoor Air 99*. 1999. Edinburgh.

BILAGA 2

Publicerad vid konferens "Indoor Air", Monterey, California, 2002

A PILOT STUDY OF THE PREDESTINED PLANNING CONDITIONS AND THE INDOOR ENVIRONMENT

U Hammargren*[1, 2]

[1]Environmental Unit, Skanska Teknik AB, Sweden
[2]Department of Building Materials, University of Lund, Sweden

ABSTRACT
A pilot study has been conducted to find out if and how the building process influences the indoor air or the perception of the indoor air. As the first part of this investigation, a media study of what are considered to be healthy and unhealthy buildings was performed. From this media study two buildings were chosen and their building processes were examined more closely. This was carried out as a qualitative interview study with different people who had been involved in the building process. A tentative result of this interview study is that the degree to which the future tenants had been involved in the planning of the building was important for whether they regarded the building as healthy or not. This method for studying the problem seems to be a good way of finding possible weak links in the building process that may later cause indoor air problems.

INDEX TERMS
Building process, Healthy buildings, Indoor air, Systematic approach, Qualitative interview study

INTRODUCTION
When a building is planned, many different factors influence the indoor environment of the final building. Throughout the process there are different choices and decisions that influence the indoor climate. This study aims to find out whether the building proprietors and contractors lack some of the knowledge to be used in practice needed to provide good indoor air in buildings. There is a fair amount of knowledge about what may cause a bad indoor environment, but still there are plenty of complex connections that are not fully understood.

Some buildings are said by public opinion to suffer from the sick building syndrome (SBS). SBS has been defined several times, usually by defining whether people using a building have certain health problems (WHO 2000). However, it is not the buildings that are sick, it is the people using the building that are sick. The reason people get sick is that there is some problem with the building. Yet SBS is probably not a single set of problems, it is several different problems that have to be solved. In many cases people may have the function of assessing indicators of when indoor air quality is good or poor. Instead of finding out afterwards that a building has problems and dealing with them, it must be better to have a structure to prevent them. The main goal for a building proprietor and contractor must be to prevent problems with the building that may cause poor indoor air.

The main hypothesis about what influences the indoor air during the building process is that everybody in the building process wants to create a good indoor environment. There is no

* Ulrika.Hammargren@Teknik.Skanska.se

systematic approach for the building proprietor or contractor to make sure that it turns out well, and this makes it easy to fail sometimes. There is a need to know whether it is the not fully understood connections or perhaps something else that leads to the problem buildings that may be produced today. Because of this, a study has been performed to see how the building process influences the indoor environment. This study is based on buildings with and without problems.

To prevent problems with poor indoor air it would be good to know during the planning what factors it is important to consider in order to prevent these problems. The aim of this study is to identify non-measurable factors in the building process that may give poor indoor air.

METHOD

A qualitative approach has been used in this pilot study. The main part of the investigation is an interview study in which two different buildings were closely examined. As the first part of this investigation, a media study of supposedly healthy and unhealthy buildings was performed.

A search in a database with articles from newspapers and the specialist press was performed. Articles written 1997–2001 about healthy and unhealthy buildings were searched for. This search was made to find out how public opinion views unhealthy and healthy buildings, to see what is written about them and where, and to find buildings that fulfilled the criteria for the buildings that were to be used in the study.

A questionnaire about what was supposed to influence the indoor air in the final building during the building process was compiled first. The aim was to find out how the building was designed and built. Questionnaires were compiled for different actors in the building process. There were different approaches for tenants, building proprietors, building contractors, and consultants, because they have different roles and different opportunities to influence different parts of the process (Ahlbom 1993; Bogdan 1998)

To find buildings that would supposedly give an answer to questions concerning the building process today and in the future, some criteria were set for the buildings.

- The buildings had to be built and moved into during 1990–1997. This period was chosen because it is usual for problems with indoor air to show up when the building has been used for some time, but it is also important that the building process, standards, and materials used were similar to those current today.

- The buildings had to contain only offices or dwellings without any industrial process in the same building. If there is any kind of industry in the same building it may be difficult to separate problems caused by the industrial process from those caused by the building itself.

- At least 10 persons were to have been using the building on a regular basis, preferably several more. The number of persons using the building could not be too low, as it should not depend on only some people whether the building is considered good or not. Then the result could be due to the people that were especially resistant or especially sensitive, and that was not the purpose of the study.

- The buildings were not to have been significantly rebuilt. If they were considerably rebuilt then the original building process is obviously not that important for the indoor environment.

The qualitative interview study started with contacts being established with the proprietors of each building. They were asked if they agreed about what was found beforehand, in the article study, about whether the building was considered healthy or unhealthy (or at least had been considered unhealthy if the problem had been taken care of). As many as possible of the fundamental facts about the building were ascertained at this stage, such as building area, the most common surface materials, building period, ventilation system, heating system, building cost and similar factors. One of the main purposes of these interviews was to find out whether the indoor environment of the buildings was taken into account during the different steps of planning, design and construction. Another main part of this stage was to find other persons that had been involved and had a central role during the different stages of the building process. After this first interview, other persons that had been involved during the building process were contacted. The important idea at this interview stage was to find answers to the questions that had been asked about the building and building process, not how many people were contacted.

Various aims were intended to be achieved during the different interviews. The main aim was not to find exact answers to the questions, but it was meant to be a structure for finding whether the building process, and in that case what part of the building process, had any influence on the future indoor air in the building. Another aim was to see whether there was something else that might give a hint about what makes the people who use the building experience good or poor indoor climate. The reason for choosing new buildings was that otherwise it was thought to be difficult to find information about the building process.

Each time a person was interviewed it was important to begin by not asking precise questions about the indoor environment, in order not to affect the answers; the interviewees might otherwise have tried to give the optimal answer instead of describing the real situation.

The interview study has been performed as a pilot study to find out whether this is a good method to ascertain if and how the building process affects the indoor air quality. In the interview pilot study two buildings were examined closely, one building with a good indoor environment and one with a poor indoor environment.

RESULTS

In the media study it was found that more than half of the articles about buildings with health problems were written about buildings in Stockholm, the city with the highest population in Sweden, in which 20% of the inhabitants of Sweden live. From the articles two buildings were chosen that corresponded to the criteria set for the buildings as described in the method section. Building A has poor indoor air according to the public opinion reflected in the articles, and this was confirmed by the proprietor when asked. Building B has good indoor air according to the public opinion stated in the articles and according to the proprietor.

The buildings used in the interview study were rather similar. Both A and B were built by building proprietors in the public housing sector, and the buildings are in fairly central locations. Both buildings were apartment buildings with more than 100 apartments in each building. In the marketing of the buildings it was said in both cases that the quality would be higher than usual. The two different cities where the buildings are situated are different in size

and the housing markets are different. The city where building B is situated has a rather tough market and it is very hard to get an apartment for renting, and it is more expensive to buy an apartment in this city than it is in the most parts of the country.

Judging by the interviews, it seems that the proprietor of building A had no discussions with the future tenants during the building process. The proprietor of building B had many different choices for the future tenants, both about how they wanted the apartment to be planned and about the materials and colours to be used for the floors and walls in different rooms.

During the building process the two buildings were marketed as having apartments that sensitive persons could also live in because higher-quality material than usual was used. Because of this a higher percentage of people with some kind of hypersensitivity may have moved into the apartments in both buildings.

During the interviews different persons were contacted. As seen in Table 1, it was rather awkward to find the right persons at all the stages of construction.

Table 1. Interviewed people's placement in the building process.

Placement in the building process	Building A	Building B
Building proprietor	X	X
Design stage		X
Construction stage		
Management of the building	X	X
Tenant	X	

DISCUSSION, CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The housing market in the city where building A is situated is rather overheated. The tenants in this building may feel that they have less possibility to choose which apartment they move into, and because of this they may also feel that they have less ability to argue with the owner of the building about their apartment. In the same way, Norlén (Norlén 1993) argues that tenants feel that their indoor environment is less satisfying than do people that own their own houses. People who feel that they cannot choose where to live may feel uncomfortable with the situation in an apartment.

A similar situation, but in working environments, has been studied by Sundell (Sundell 1996), showing that if people have the possibility to influence their situation they are more satisfied. This may be because if someone feels that it is possible to have an influence it is possible to influence both in the right way and in the wrong way. If a tenant has knowledge about the building there is also the possibility to influence the indoor air to eliminate some of the contaminants that are common in modern buildings (Jones 1999) and therefore to be more satisfied with the indoor air.

When the number of articles about buildings with problems is compared to the population in different areas, it is found that at least 60% of the articles refer to buildings in the Stockholm area. The other articles are about buildings in other parts of Sweden. The reason could be that the population in Stockholm is higher, but it is not that much more. Twenty per cent of the population of Sweden lives in the Stockholm area. Another study (L. Fyrhake 1998) carried out in Stockholm also shows that buildings with problems are more common in Stockholm than in the rest of the country. That study shows that 7% of the buildings in Stockholm have

problems compared to 5% of the buildings in the rest of the country. This shows that problem buildings may be a result solely of which city they are built in. This could be due to a different pace of construction, to an overheated housing market, or to something else that this pilot study not has discovered.

There are some tentative conclusions that may be drawn from this study:

1. It is difficult to find the right answers to the questions. This is a qualitative study and therefore there are few answers that are completely right or wrong. A building process is very complex and therefore it is difficult to find out several years after the building was ready to move into whether something was wrongly done.

2. This study seems to confirm the hypothesis that there has been no systematic approach in the building process to provide good enough indoor air. However, there are some efforts to achieve a systematic approach to this in Sweden (Samuelsson 1995) (Samuelson, Hult; et al. 1998). There was no systematic approach to obtain good indoor air in any of the buildings here. In one of them it turned out well anyway and in the other one it did not.

It would be good to find a systematic approach to what is important when trying to ensure a good indoor environment. This systematic approach should probably contain both technical questions and some important considerations concerning communication with the future tenants.

The pilot study shows that it is awkward to find the right persons in the contractor organisation. Because of this, a better angle to start with would be to contact a contractor that has built a building with good indoor air and one who has built a building with poor indoor air. But then there is a problem with the definition of whether the building is good or not. In the pilot study a building that was considered to have good indoor air according to articles was considered good, and the same correspondence was found in the buildings with poor indoor air. In all the interviews the interviewees were asked if they were of the same opinion. It is plausible that the same method for defining buildings, but without the media study, would give the same result.

I nevertheless believe that a well-conducted study of this kind may be the only way to find possible weak links in the building process that later cause indoor environment problems.

ACKNOWLEDGEMENTS
Thanks to Lars Wadsö, Lund University, and Åsa Jönsson, Skanska Teknik AB, for helping me with numerous interesting viewpoints during this study. Thanks also to Skanska Teknik AB, the Swedish Foundation for Knowledge and Competence, and the Development Fund of the Swedish Construction Industry for their support.

REFERENCES

Ahlbom, I. G. 1993. Bygger vi sunt? Formlära. Stockholm, Kungliga Tekniska Högskolan

Bogdan, R., Taylor, R., 1998. Introduction to Qualitative Research Methods, A Guidebook and Resource. New York, John Wiley & Sons Inc.

Fyrhake, L., Bandel, J., Engvall, K., et al. 1998. Stockholmsenkät om innemiljö och hälsa - vad skiljer bra och dåliga flerbostadshus? Stockholm, Utrednings- och statistikkontoret, Stockholms stad.

Jones, A.P. 1999. "Indoor air quality and health." Atmospheric environment 33: pp 4535-4564.

Norlén, U., Andersson, K. 1993. Bostadsbeståndets inneklimat, ELIB rapport nr 7. Gävle och Örebro, Statens Institut för byggnadsforskning, Yrkes- och Miljömedicinska kliniken i Örebro, Statens strålskydds institut.

Samuelsson, I., Anneling R., 1995. Kvalitetssäkrad Innemiljö. Borås, Swedish National Testing and Research Institute.

Samuelson, I., Hult, M.; et al. 1998. Kriterier för sunda byggnader och material. Karlskrona, Boverket.

Sundell, J., Eriksson, N., Höög, J., et al. 1996. "Psychoscial Factors and the "Sick Building-Syndrome". A case-referent study." Indoor air 6(2): pp 101-110.

WHO, 2000. Guidelines for Air Quality. Geneva, WHO.

LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

KFS, Lund 2003