

Distribution av föroreningar genom en hög byggnad på grund av termik

I en hög byggnad i Stockholm besvärades de anställda av SBS-symptom. En inomhusmiljöutredning inleddes med en inomhusmiljöenkät. Den visade att nästan alla symptom förekom på de tre översta våningarna. Eftersom byggnadsmaterial, tillufts kvalitet och typen av arbete var lika i alla våningarna misstänkte vi att vi skulle leta efter orsaken någon annanstans än i de översta våningarna. Vi fann att förorenad luft tog sig in i vertikala schakt i källarvåningarna. Med hjälp av termiska krafter transporterades luften uppåt i schakten. Nära byggnadens översta del blev lufttrycket i schakten högre än i de omgivande våningsplanen och luften läckte från schakten in mot kontorsutrymmena. Alla funna brister är nu åtgärdade och en uppföljande enkätundersökning visar gott resultat.

Inledningsvis blev vi ombudda att göra en mindre undersökning av några vattenläckage och att följa upp uttorkningsprocessen i en kontorsbyggnad i Stockholm. Ganska snart framkom klagomål från de anställda på dålig inelufts kvalitet och på symptom påminnande om SBS-symptom, som inte kunde ha något samband med läckagen. Tillsammans med husets ägare överenskomms då om att genomföra en inomhusmiljöutredning avseende hela huset.

Innemiljöenkäten

Ett informationsmöte med de anställda hölls. Vid mötet beslöts att tillfråga alla anställda om deras uppfattning om inomhusmiljön och om de besvärades av några särskilda symptom. En standardiserad inomhusmiljö-



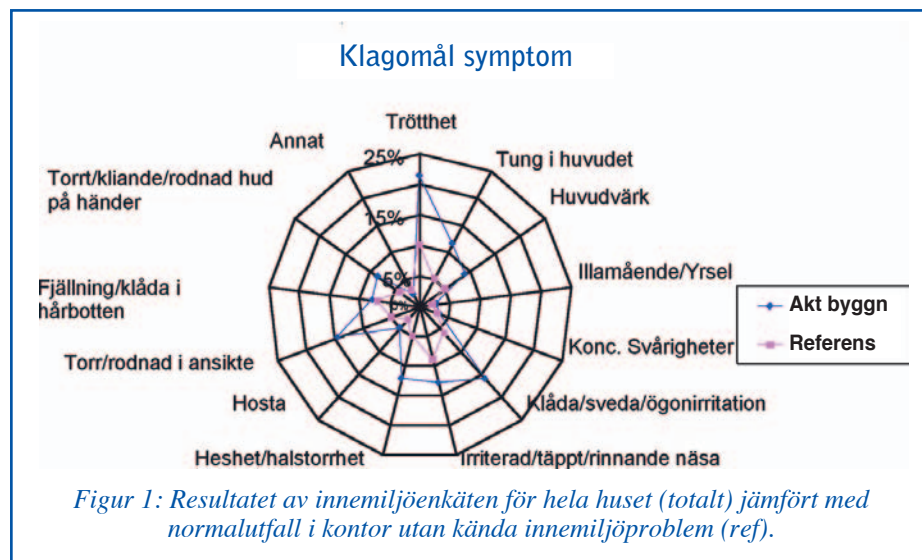
Byggnaden har två källarvåningar och sju kontorsvåningar.

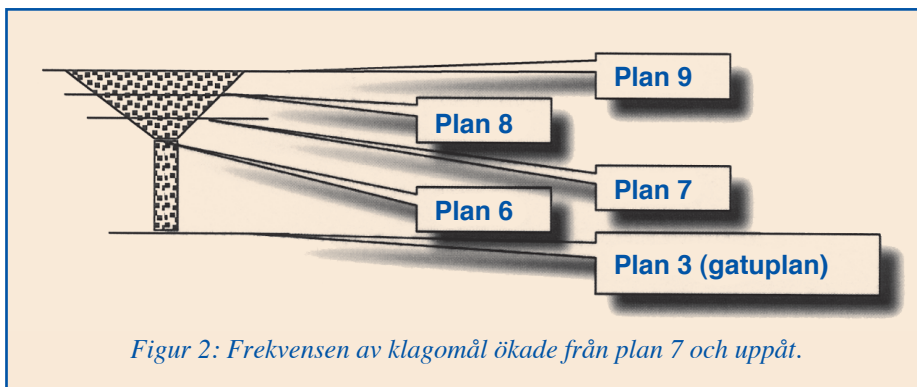
enkät, den så kallade Örebroenkäten (Andersson et al, 1988) genomfördes bland de 600 anställda. För att hålla kontakten med de anställda och för att uppmuntra samarbetet med dem utsågs huvudskyddsombudet att hantera utdelning och hopsamling av enkätformulären. Resultatet från enkätstudien jämfördes på vanligt sätt med utfallet vid motsvarande enkät genomförd i kontorsbyggnader utan kända inomhusmiljöproblem och det var tydligt att de anställda besvärades av SBS-symptom i högre grad än vad som är normalt i kontorsmiljö.

Klagomålen från de olika våningsplanen jämfördes med varandra och en mycket klar och intressant bild framträdde. Det fanns knappast några klagomål från planen under plan 7. På plan 7 klagade man mer än i en normal kontorsbyggnad, på plan 8 var det riktigt dåligt och på plan 9 rena katastrofen.

Undersökningarna

Eftersom byggnadsmaterial, ytskikt, ventilationssystem och typen av arbete var lika i samtliga våningar i byggnaden (un-





Figur 2: Frekvensen av klagomål ökade från plan 7 och uppåt.

dantaget de båda källarvåningarna) misstänkte vi att anledningen till klagomålen, till exempel föroreningskällorna, inte skulle återfinnas i de översta våningarna. Det kunde inte heller vara ventilations-systemet som transporterade några föroreningar till de översta våningarna eftersom tilluften hämtades på yttertak och försåg alla våningsplanen med samma luftkvalitet. I stället misstänkte vi att föroreningar transporterades av termiska drivkrafter från någonstans längre ner i huset, till exempel från de två källarvåningarna.

Undersökningen följde de normala stegen för att finna kopplingen mellan föroreningskällorna och de drabbade personerna (Follin, 1994 och Follin, 1995). Luftrörelserna undersöktes med rökampuller, fukt indikerades över ytor (mest golv) med fuktindikator och, där höga utslag erhöles, utfördes mätningar med RF- eller fuktkvotsmätare. Prover togs även ut för bestämning av fukttinnehåll på laboratorium. Lukter identifierades och lokaliseras (Follin, 1994). Vi letade efter kaseinhaltigt flytspackel med Drägerorr för ammoniakmätning (om vi hade hittat några tecken hade prover tagits ut för proteinanalys). Vi letade efter tecken på mjölning av golvpulish med tejpprovtagning och efterföljande laboratorieanalys. Letandet efter VOC i luften gjordes med luftprovtagning på Tenaxfyllda provtagningsrör med efterföljande GC-MS-analys. Materialprover för mikrobiologiska analyser likväl som några luftprover för MVOC-analyser togs. Rums- och tilluftstemperaturer mättes med IR-pistol.

De flesta mätningar och provtagningar utfördes på samtliga våningsplan men snart började vi koncentrera oss till de två nedersta våningsplanen med mer fördjupade undersökningar eftersom nästan alla fel och föroreningskällor hittades där.

Viktiga instrument som vi använde var även våra egna sinnen. Erfarna, bra ögon och näsor är viktiga likväl som förmågan att lyssna på människor och förstå vad de berättar.

Resultat

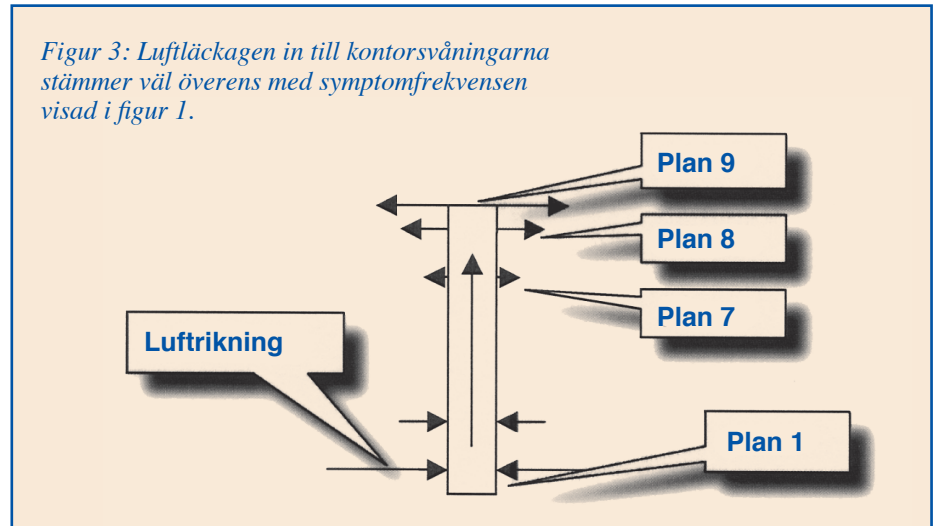
Mycket få föroreningskällor hittades i våningsplanen ovan marknivån. I några våtrum hittades begränsade fuktskador under PVC-mattorna. Den därav orsakade limnedbrytningen förorenar inte inneluften i

kontoren då alla våtrum är försedda med frånluftsventilation. Mögellukt från läderhandskar upphängda vid brandsläckare i kontorskoriidorena förorenade luften i närheten i alla våningarna. En begränsad mängd golvytor med mjöljande golvpulish hittades. På plan 9 hade vatten från regn och smältande snö på några ställen trängt in i bjälklaget från långa altaner som löper i hela husets längd utmed båda långsidorna. Samma läckage hade resulterat i vattenläckage i tak på ett par ställen i plan 8.

- Vi fann att inneluften förorenades av
- bilavgaser (två våningar parkeringsytor hade förbindelse med de två källarvåningarna)
 - mögel (synligt och luktande på flera ställen)
 - nedbrutet mattlim (PVC-mattor på våt betong i arkiv och andra rum i nedersta källaren)
 - gaser från avloppssystemet och
 - gaser från jorden under huset



Mögellukt lokaliserades till möjlig sägsplan under överbetongen i plan 2.



Figur 3: Luftläckagen in till kontorsvåningarna stämmer väl överens med symptomfrekvensen visad i figur 1.

som trängde in i vertikala schakt genom huset (trapphus, hisschakt, schakt för ventilation, el- och VA-installationer) i de två nedersta våningarna på grund av lägre lufttryck i schakten.

På grund av termiska drivkrafter transporterades luften i dessa schakt uppåt. Den förorenade luften passerade mellanvåningarna utan att tränga in till kontorsutrymmena då det inte fanns någon nämnvärd lufttrycksskillnad mellan schakten och dessa våningsplan. Nära husets översta del var lufttrycket i schakten högre än i kontorsvåningarna längst upp i huset och luften läckte från schakten in mot kontorsutrymmena.

Luften som läckte in till plan 8 och 9 luktade jordkällare och bilavgaser från parkeringsgaragen som var sammanbundna med de två källarvåningarna.

Slutsatser

Luft förorenad av bilavgaser, gaser från mögeltillväxt, gaser från nedbrutet lim, gaser från avloppssystemet och från jorden under huset transporteras upp genom huset från källarvåningarna till de översta våningarna där de trycks in i kontorslokaler. Mjöljande golvpulish på linoleummattor förekommer på flera ställen på olika plan i huset, mest på nya mattor.

Enligt vår uppfattning var dessa inneklimatproblem orsak till att personalen besvärades av SBS-symptom. Resultaten från inneklimatundersökningen stämmer mycket bra med varandra.

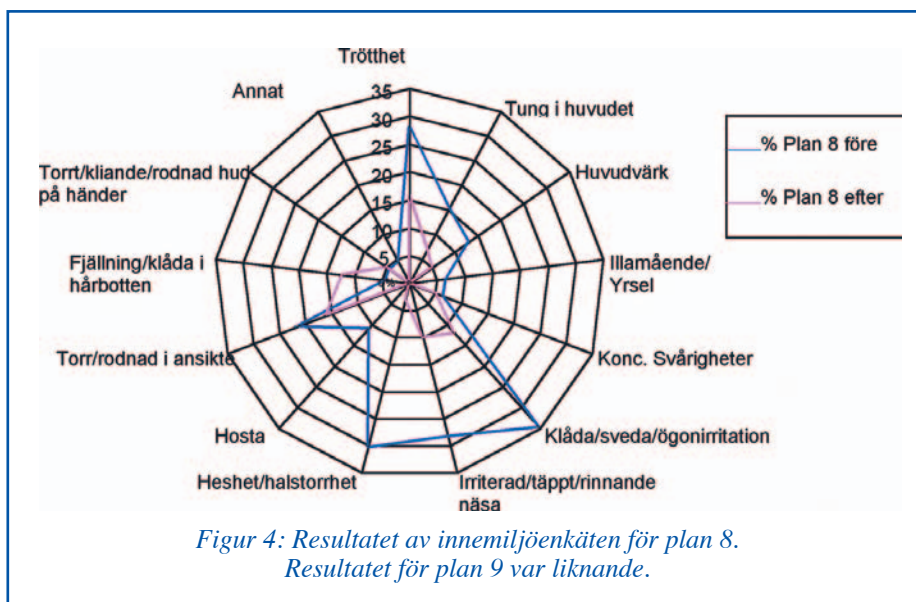
Åtgärder

Åtgärdsförslaget innehöll:

- ta bort föroreningskällor (mögel, nedbrutet mattlim)
- förhindra föroreningar att nå huset (luktande gaser från avloppet och från jorden)
- ändra luftens rörelseriktning (lufttrycken) och täta för att förhindra förorenad luft att nå kontorsutrymmena (avgaser från alla schakt och från garagen)
- åtgärda några mindre brister (sänk innetemperaturen, torka ut lokala fuktskador i golv, balansera ventilationen).

● instruktioner till städpersonalen om skötseln av linoleumgolven.

I rapporten från undersökningen inkluderades även ett kvalitetssäkringsprogram med olika typer av kontrollpunkter som var och en skulle signeras av respektive ansvarig person. Detta program innehöll även anvisningar om hur uppföljningen av åtgärdernas effekt skulle göras samt regler för skydd av både byggnadsarbetare och kontorspersonal under reparation av möjliga ytor eller ytor förorenade av nedbrutet mattlim. Syftet var att minimera exponeringen för riskabla gaser och partiklar och



att undvika kontaminering av omgivande ytor eller av ventilationssystemet.

hus så tätt att luftläckage undviks. Uppföljning är viktigt. ■

Uppföljning

Alla föroreningskällor och andra brister är nu åtgärdade. Kvalitetssäkringsprogrammet är signerat av utredaren (artikel-författaren), projektledaren och entreprenören. VOC-provtagning efter åtgärderna är utförd på varje kontorsplan och i luftintagen och visade normala TVOC-halter (cirka 100 mg/m³) och med låg koncentration av varje enskild VOC. Inga skillnader mellan våningsplanen gick att se. En inommiljöenkät (Andersson et al, 1988) genomförd efter att åtgärderna utförts visade goda resultat utan några skillnader i klagomål mellan de översta våningarna och resten av huset.

Diskussion

Återigen har det bevisats att det går att kurerat ett sjukt hus. Naturlagarna finns alltid med i bilden, även om det finns ett avancerat ventilationssystem. Åtgärda föroreningarna vid källan eller ta bort dem. Ändra luftriktningar för att förhindra att föroreningar tar sig in där man inte vill ha dem. Det är omöjligt att göra ett

Referenser

- Andersson K, Fagerlund I, Bodin L, och Ydreborg B. 1988. *Questionnaire as an instrument when evaluating indoor climate*, Proceedings från the International Conference of Healthy buildings – Healthy Buildings '88, Stockholm, Healthy Buildings '88, vol 1, pp 139–145.
- Follin T. 1994. *Methods to identify and locate odours*. Proceedings från the International Conference of Healthy buildings – Healthy Buildings '94, Budapest, Healthy Buildings '94, vol 1, pp 525–527.
- Follin T. 1994. *Follow a track when investigating sick buildings*. Proceedings från the International Conference of Healthy buildings – Healthy Buildings '94, Budapest, Healthy Buildings '94, vol 1, pp 529–533.
- Follin T. 1995. *Investigations in sick buildings, step by step*. Proceedings från the International Symposium of Indoor Air Quality in Practice, Oslo, Indoor Air quality in Practice, Oslo 1995, pp 369–376.