

Ingemar Nilsson
Lars Rosell
Ellen Thorstensen

Luftkvalitet och ventilation i täta småhus

En uppföljning av 44 Hjaltevadshus
byggda under åren 1982-89

Abstract

Indoor air quality in airtight Swedish dwellings: A follow-up study of 44 single-family houses built in 1982-89

Indoor air quality and durability of air tightness and ventilation function in the building were studied in 44 single-family houses built by the same contractor (Hjältevad AB) between 1982 and 1989. The investigation comprised measurements of ventilation rate, air tightness and volatile organic compounds (VOC) in the indoor air, as well as inspection of the houses.

The dwellings have exhaust air heat pumps. Ventilation rate and air tightness were checked in all houses when they were new. In this study these measurements were repeated. From the start all houses met the requirements in the Swedish Building Code of a minimum ventilation rate of 0,5 air changes per hour. The houses were initially also very airtight. Now, 3-10 years later, the ventilation rate in practically every house has decreased; on an average 25%. The air tightness is still good, but the result shows on an average a slight deterioration.

The total concentration of volatile organic compounds (TVOC) in the houses were in the range of 0.08 to 1.43 mg/m³ (Tenaxadsorbent, GC-FID, toluene-equivalents). In two houses, TVOC-levels above 1 mg/m³ were caused by a non-functioning exhaust fan and work with artists paint respectively. Excluding these two houses, the arithmetic mean value was 0.30 mg/m³ and the standard deviation 0.14 mg/m³.

Among individual VOCs identified were α -pinen and other terpenes, aldehydes, hydrocarbons and esters. One compound found in four houses in levels above 0.05 mg/m³, was TXIB, a semivolatile plasticizer. The source of TXIB in these particular houses was not identified.

No simple correlation between TVOC-value and air exchange rate was found. This concludes that other sources than building materials were of significant importance. This was also shown by lack of correlation between age of the building (e.g. surfaces of the room) and TVOC. More important sources could be furnitures, household products and cosmetics.

A questionnaire study showed that complaints and symptoms concerning the indoor environment were few.

Key words: air tightness, dwelling, questionnaire, ventilation, volatile organic compounds (VOC), TXIB

SP

SP Rapport 1993:18
ISBN 91-7848-402-2
ISSN 0284-5172
Borås 1993

Swedish National Testing and
Research Institute
SP Report 1993:18

Postal address:
Box 857, S-501 15 BORÅS,
Sweden
Telephone +46 33 16 50 00
Telex 36252 Testing S
Telefax + 46 33 13 55 02

Innehållsförteckning

Abstract	2
Innehållsförteckning	3
Förord	4
1 Inledning	6
1.1 Krav i byggnormen på lufttäthet och ventilation i småhus	6
1.2 Tidigare mätningar i Hjaltevadshus	6
1.3 Andra undersökningar av småhus	7
2 Syfte	8
3 Val av hus för undersökningen	9
4 Teknisk beskrivning av de undersökta husen	10
4.1 Grundläggning	10
4.2 Byggnadskonstruktion	10
4.3 Ventilation och uppvärmning	10
4.4 Ytmaterial	10
5 Mätmetoder	11
5.1 Ventilation	11
5.2 Byggnadens lufttäthet	11
5.3 Flyktiga organiska ämnen, VOC	11
5.4 Enkät	12
5.5 Upplysningar från de boende	12
6 Resultat	14
6.1 Förhållanden vid mätningarna	14
6.2 Ventilation	15
6.3 Byggnadens lufttäthet	18
6.4 Flyktiga organiska ämnen VOC	20
6.5 Enkät	23
6.6 Boendevanor	23
6.7 Sambandsanalyser	26
7 Diskussion	31
8 Slutsatser	36
9 Referenser	37
Bilagor	
1 Datablad - Luftomsättning	38
2 Datablad - Lufttäthet	39
3 Gaskromatogram	40

Förord

Rapporten handlar om ventilationsförhållanden, klimatskärmens beständighet avseende lufttäthet, totala halten av flyktiga organiska ämnen (TVOC) i inomhusluften och om hur de boende upplever sin inomhusmiljö i 44 Hjärtevadshus. Mätningarna i husen och huvuddelen av resultatutvärderingen har utförts av Ingemar Nilsson och Ellen Thorstensen. Lars Rosell har utvärderat resultaten av VOC-mätningarna. Ingrid Isaksson och Ulrika Svensson har utfört VOC-analyserna.

Projektiden kommer ursprungligen från Stig Jansson, tidigare produktchef på Hjärtevadshus, och SP tillsammans. Syftet är att utröna hur bestående en rad funktioner är i småhus, som ursprungligen uppfyllt byggnormens krav.

Projektet har finansierats av Byggnormrådet och SP.

Borås i juni 1993

Ingemar Nilsson

Lars Rosell

Ellen Thorstensen

Sammanfattning

I projektet har 44 småhus, byggda av Hjaltevadshus, undersökts. Husen är byggda under åren 1982 till 1989 och har från början varit väl kontrollerade av SP genom mätningar. Bl a mättes luftomsättning och lufttäthet direkt efter uppförandet. I detta projekt har undersökts om luftomsättning och lufttäthet förändrats från ursprungliga värden, vilka totalhalter av flyktiga organiska ämnen (TVOC) som idag förekommer i rumsluften samt hur de boende själva upplever sin bostadsmiljö med avseende på luftkvalitet, termisk komfort mm. Dessutom har enkla sambandsanalyser utförts, utgående från erhållna resultat.

Mätningarna visar att luftomsättningen i genomsnitt har reducerats med 25 % från det att husen var nya. 27 hus har ändå en luftomsättning som klarar byggnormens krav, 0,5 oms/h, (SBN 80), 10 hus ligger strax under, 0,4-0,5, oms/h och resterande 7 hus har en luftomsättning under 0,3 oms/h.

Orsaken till reduktionen har inte helt klarlagts men i två av de tre hus som undersökts noggrannare, hittades ett elektriskt fel i regleringen av frånluftsfläkten. Detta förklarar minskningen av luftflödet i dessa två hus. Det kan inte uteslutas att samma fel finns i fler av husen och då kan vara en orsak till den allmänna nedgången i luftomsättning.

Husens från början mycket goda lufttäthet har i de flesta fall inte förändrats. Undantaget var några hus där husägaren i efterhand inrett vinden och några där man installerat braskaminer. I dessa har man inte fått klimatskärmen lufttät efter ingreppen. Detta visar på behovet av bättre drifts- och skötselinstruktioner för huset, med råd om hur klimatskärmens lufttäthet ska bibehållas.

Erhållna TVOC-halter i husen, (mätt med Tenaxadsorbent och GC-FID) varierade mellan 0,08 och 1,43 mg/m³, uttryckt som toluenekvivalenter. Medelvärdet var 0,33 mg/m³. I två hus med halter över 1 mg/m³, kunde tillfälliga orsaker till de höga halterna konstateras. I tio hus har dominerande VOC-ämnen identifierats med masspektrometer. Dessa var bl av typen kolväten, aldehyder, terpener, estrar mm. I en del hus erhöles relativt höga halter av enskilda ämnen, t ex uppmättes i flera fall halter över 0,1 mg/m³ av TXIB, en mjukgörare i PVC. Källan är dock oklar.

En enkät (Örebromodellen) har besvarats av de boende, totalt 160 personer, varav 99 var över 16 år. Svaren visade att luftkvaliteten upplevs som bra, med mycket få undantag. Besvärsfrekvensen var i nivå med, eller, beroende på typen av symptom, lägre än Örebroenkätens referensvärden från "friska hus". Det är heller inte fler som klagar i de hus med en luftomsättning under 0,5 oms/h än i husen med bättre ventilation.

Inga samband mellan TVOC-halter och luftomsättningsvärden har kunnat ses. Emissionernas storlek och karaktär är individuell i respektive hus. Inte heller husets ålder tycks ha direkt inverkan på TVOC-halterna, vilket visar att andra emissionsfaktorer än byggmaterialen är avgörande.

Inget i denna undersökning har visat att luftomsättningen i bostäder generellt skulle behöva vara högre än vad nuvarande byggnadsregler anger.

1 Inledning

För att uppnå bra livskvalitet måste boendemiljön vara sådan att den inte ger upphov till några komfort- eller hälsoproblem, eftersom vi tillbringar en stor del av vår tid i bostaden. Ventilationssystemet skall på ett effektivt sätt föra bort föroreningar i bostaden utan att det ger luftrörelser som upplevs som drag. För att klara detta i en mekaniskt ventilerad bostad krävs bl a att husets klimatskärm är lufttät.

Flera forskningsrapporter har de senaste åren pekat på att antalet personer som drabbats av allergier och överkänslighetsreaktioner ökar i Sverige (Åberg 1988, Allergitutredningen 1989). En del hävdar att en grundorsak till problemen är bristfällig ventilation av bl a bostäder. Uteluftsflödena, dvs den mängd luft som tillförs huset, bör t ex enligt Allergitutredningen ökas med 2-4 gånger mot vad nybyggnadsreglerna anger idag.

Ur byggnadssynpunkt skulle en mer än fördubblad ventilation innebära stora förändringar i utförandet av ventilationsanläggningar och konstruktioner som t ex att

- större tilluftsdon krävs för att klara de ökade luftflödena (gäller speciellt F-ventilerade hus)
- ventilationskanalernas area måste ökas för att undvika buller- och dragproblem. Större kanalarea försvårar kanaldragning i t ex mellanbjälklag

Dessutom skulle

- uppvärmningskostnaderna öka
- investeringskostnaderna bli högre

1.1 Krav i byggnormen på lufttäthet och ventilation i småhus

I Svensk Byggnorm 1980 (SBN 80), som husen i undersökningen är byggda efter, finns krav på byggnadens lufttäthet i friliggande småhus eller kedjehus på högst 3,0 oms/h vid ± 50 Pa tryckskillnad över klimatskärmen. Detta skall verifieras med mätmetoden SS 02 15 51.

Minsta uteluftsflöde för ventilation av bostäder får enligt SBN 80 vara 0,35 l/s m² golvyta, vilket motsvarar ungefär 0,5 oms/h, dvs att luften byts ut på två timmar.

Kraven är något annorlunda för luftomsättning och husets lufttäthet i Nybyggnadsreglerna (NR1). Uteluftsflödet skall enligt NR1 vara 4 l/s och sovplats vilket i jämförelse med SBN 80 innebär en ökning av ventilation för dubbelsovrum med större yta än ca 11 m². Däremot har kravet på byggnadens täthet mildrats för hus med uteluftsventilerade krypgrunder vilket de flesta Hjärtevadshus har. Cirka 20 % större luftläckage tillåts enligt NR1 för ett hus med 125 m² golvyta.

1.2 Tidigare mätningar i Hjärtevadshus

I ett kontrollavtal som SP har haft med Hjärtevadshus sedan 1983 har SP åtagit sig att utföra mätningar av olika funktioner i ca 5 % av de färdigställda Hjärtevadshusen. Dessa hus valdes ut slumpmässigt. Totalt har SP under tiden 1983-1989 mätt i 56 hus runt om i Sverige. Förutom mätning av ventilation och husets lufttäthet som den här undersökningen handlar om omfattade avtalet även kontroller av värmepumpens säkerhetsfunktioner, injus-

tering av värmedistributionen, grundläggningen (krypgrund) och att elektriska installationer var jordade.

De mätningar som SP gjorde strax efter färdigställandet av byggnaden visade att samtliga hus hade större luftomsättning än byggnormens krav. I medeltal uppmättes luftomsättningen till 0,67 oms/h i de 44 som här följts upp.

De allra flesta hus (34 st) hade en otäthetsfaktor som var mindre än 1 oms/h vid ± 50 Pa tryckskillnad över byggnadsskalet. Husen var alltså mycket täta från början.

Hjältevadshus har haft som målsättning att otätheterna i byggnaden inte skall överstiga just detta värde, 1,0 oms/h vid ± 50 Pa tryckskillnad över klimatskärmen. Att man lyckats med detta beror på att man när husen är uppförda gjort en lufttäthetsmätning. Denna har utförts av representanter från Hjältevadshus. Om inte lufttätheten vid detta tillfälle var tillfredsställande tätades större läckage.

Sammanställning över resultaten för varje hus återfinns i bilagorna 1 och 2.

1.3 Andra undersökningar av småhus

Flertalet ventilations- och miljöundersökningar som hittills utförts i bostäder har initierats av någon form av problem i huset. De ventilationsförhållanden och luftkvalitetsparametrar som då mäts hänför sig således inte till "normalbostaden".

Undantag från ovanstående är den nyligen genomförda ELIB-undersökningen. ELIB är en förkortning för ELhushållning i Bebyggelsen. Undersökningen är landsomfattande och genomfördes 1991-1992. Syftet med studien har bl a varit att beskriva bostadsbeståndets inneklimat för att kunna värdera detta från både hälso- och åtgärdssynpunkt. Undersökningen omfattar ett representativt urval av både flerbostadshus och småhus.

En enkät till de boende utvecklad vid Yrkesmedicinska kliniken vid Regionsjukhuset i Örebro (Kjell Andersson et al, 1988) visade att klagomålsfrekvensen i småhus generellt sett var låg och ligger lägre än vad som ibland förs fram i den allmänna debatten. De boende i småhus hänförde endast i ringa grad symptomen till bostaden.

Tekniska mätningar visade bl a att i fyra av fem småhus var luftomsättningen lägre än vad byggnormen anger. Mätmetod var passiv spårgasteknik.

Vid ett nordiskt seminarium 1989 (Sundell 1991) diskuterades bl a uteluftsflödets storlek i bostäder och andra icke-industriella lokaler. I den avslutande plenardiskussionen drogs bl a följande slutsats i frågan om hur lagstadgade minimivärden för ventilation uppnås.

Seminariedeltagarna var överens om att kräva att bostadsventilationen injusteras till och vidmakthålls enligt gällande norm (0,5 oms/h) samt att detta är ett minimivärde som inte får underskridas. En metod att uppnå detta är att inreglera ventilationen till en viss överkapacitet, t ex 0,6-0,9 med ett medelvärde av ca 0,8 oms/h. Detta med hänsyn till normalt förekommande variation.

För att uppnå detta krävs bättre driftkontroll och information till ansvarig personal, utbildare och brukare.

Angivet minimivärde förutsätter att lågemitterande material använts samt att luften inte förorenas av t ex tobaksrök.

2 Syfte

Denna undersökning syftar till att öka kunskapen om en speciell grupp av småhus som när de uppfördes uppfyllde byggnormens krav. Undersökningen skall ge svar på följande frågor

- Hur upplever de boende själva sin inomhusmiljö?
- Vilken luftomsättning har husen idag?
- Vilken lufttäthet har husen idag?
- Vilka totalhalter av flyktiga organiska ämnen (VOC) förekommer i rumsluften idag?
- Vilka enskilda ämnen är dominerande och vad kan vara källor till dessa?
- Vilket samband finns mellan luftomsättning och totalhalt VOC?

Beroende på hur svaren på frågorna blir skall om möjligt även följande besvaras

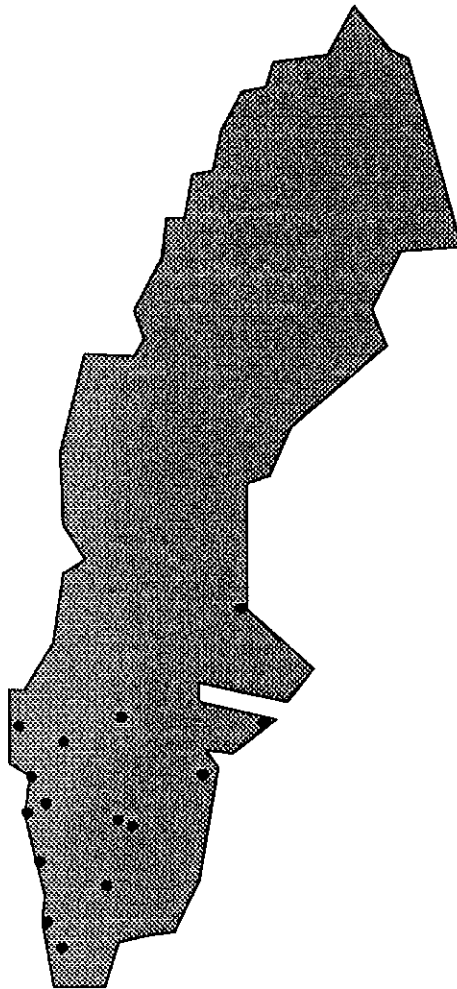
- Är det befogat att rekommendera ökad luftomsättning i denna typ av hus?
- Behövs mekanisk ventilering i småhus?
- Hur tätta behöver husen vara?

3 Val av hus för undersökningen

I de flesta av de 56 tidigare undersökta Hjaltevadshusen blev husägarna kontaktade per brev. Brevet innehöll en beskrivning av projektet och förfrågan om de ville ställa sina hus till förfogande för oss en halv dag. I utbyte fick de ta del av resultaten.

Med undantag av ett fåtal ställde sig husägarna positiva till uppföljningen. Det resulterade i att 44 hus av varierande ålder till slut kom att ingå i undersökningen. 38 familjer hade bott i huset sedan det byggdes.

Husen är belägna från Skåne i söder till Gästrikland i norr. De flesta finns på landet eller i villaområden i mindre tätorter.



Figur 3.1 De undersökta husens geografiska spridning.

4 Teknisk beskrivning av de undersökta husen

Hjältevadshus gör fabrikstillverkade småhus, vilket innebär att konstruktionen med golvmattor, tapeter etc färdigställs i fabriken i två volymer (huselement) för varje hus. Volymerna transporteras sedan till bygplatsen för montering.

Tiden från att det volymerna börjar monteras tills dess att huset är inflyttningsklart är i de flesta fall mindre än en vecka.

Nitton hus var enplanshus, tjugotvå var 1 ½-planshus och två var suterränghus i två plan. Genomsnittlig boyta och volym var 132 m² respektive 324 m³.

4.1 Grundläggning

I princip samtliga Hjältevadshus grundläggs med uteluftsventilerade kryprum. Undantag i undersökningen är två suterränghus och två hus med källarliknande utrymmen under huset. Grundläggningen ingår normalt inte i Hjältevadshus åtagande utan görs av byggherren. Däremot tillhandahåller Hjältevadshus ritningar för hur grunden skall byggas.

4.2 Byggnadskonstruktion

Bärande delar i väggar, golv och tak är av trä. Isoleringen består av mineralull. Normalt är fasaden i trä, men det förekommer även tegelfasad. Invändigt i ytterväggar, tak och kryprumsbjälklag finns en plastfolie för luft- och ångtätning.

4.3 Ventilation och uppvärmning

Hjältevadshusen har mekanisk frånluftsventilation. Frånluftsdon finns i kök, WC, badrum, klädvård och klädkammare. Tilluften (uteluften) kommer in i huset via reglerbara sk Fresh 80-ventiler i ytterväggen i sovrum, vardagsrum, allrum och hall (två ventiler i vardagsrum och stora sovrum, i övrigt en ventil per rum). Ventilerna är försedda med ett grovt filter och är placerade ovanför fönstren och radiatorer för uppvärmning förutom i hall. Ett hus i undersökningen har mekanisk tilluft.

Husen värms upp med hjälp av frånluftsvärmepump. Värmedistributionen sker med ett vattenburet system. Undantag är tre hus som har direktverkande el, fjärrvärme respektive luftburen värme

4.4 Ytmaterial

Hjältevadshusen skiljer sig inte nämnvärt från andra småhustillverkare när det gäller ytmaterial. Hjältevadshus har avtal med olika materialleverantörer och husköparen väljer ur nedanstående sortiment.

Golvbeläggningen är PVC-matta av typ Novilon (Forbo Forshaga) i de flesta rum förutom i vardagsrummet där det oftast är ekparkett (Kährs). Det förekommer också textila heltäckningsmattor (Forshaga), dock i liten omfattning. Väggbeklädnaden består i huvudsak av vinyltapeter (Kåbergs). I våtrum används våtrumstapeter av vinyl för att skydda konstruktionen mot fukt (Kåbergs). I de hus där renoveringar gjorts kan självfallet andra materialfabrikat än ovanstående förekomma.

Takytorna är målade. Detta gäller också i de flesta fall snedtaken i 1 ½-planshusen. Några husägare har vid renoveringar tapetserat dessa ytor. Enstaka innertak är panelklädda.

5 Mätmetoder

I detta kapitel beskrivs de mätningar som är gjorda; mätmetoder eller mätprinciper samt utrustning som använts. Mätning av ventilation och lufttäthet är fullt jämförbara med de mätningar som gjordes strax efter färdigställandet av husen.

5.1 Ventilation

Mätning av luftomsättningen gjordes med avklingningsmetoden i huvudsak enligt SS 02 15 56 (metod B1). Spärgasen (N_2O) spreds och blandades med luften i bostaden. Begynnelsehalten var mellan 300-900 ppm. Innan själva mätningen började kalibrerades gasanalysatorn (Binos) med en känd koncentration, och det kontrollerades att koncentrationen av spärgas var ungefär lika hög i samtliga mätpunkter. Halten spärgas registrerades kontinuerligt under mätningen för att se hur den avklingade med tiden i varje mätpunkt. Luftomsättningen mättes i minst en punkt per rum och medelvärde av samtliga mätpunkter redovisas som husets luftomsättning. I de utrymmen där VOC-mätning gjordes, mättes luftomsättning och VOC i samma punkt.

I husen mättes frånluftsflödena vid don med stos anpassad för Wallacs termo-anemometer. Detta gäller samtliga don förutom i köket (vid spiskåpa), där det inte gick att ansluta stosen på ett korrekt sätt för mätning.

5.2 Byggnadens lufttäthet

Bestämning av byggnadens lufttäthet gjordes enligt en förenklad version av metoden SS 02 15 51 (utgåva 2). Detta innebär att luftläckningen genom byggnadens omslutande delar mättes vid 50 Pa undertryck i huset jämfört med uteluften. Med kännedom om byggnadens volym kan den uppmätta luftläckningen anges som antalet luftomsättningar per timme vid 50 Pa undertryck. Detta tal benämns otäthetsfaktor (oms/h).

Vid mätningen tätades alla till- och frånluftsdon. Luckor till öppna spisar, spjäll till tilluftskanaler och skorstenar för öppna spisar/kaminer stängdes. Innan mätningen började nollställdes instrumentet för mätning av tryckskillnad över huset, dvs oavsett hur stor tryckskillnad det än var vid naturliga förhållanden i de olika husen så var alltid trycksänkningen 50 Pa över byggnadsskalet när lufttätheten bestämdes.

5.3 Flyktiga organiska ämnen, VOC

Mätningen har utförts med hjälp av pumpad luftprovtagning genom adsorbentrör och efterföljande gaskromatografisk analys.

Med metoden mäts ämnen som är adsorber-/desorberbara på Tenax TA, främst ämnen i kokpunktsintervallet 70-320 °C. Detta intervall motsvarar för gruppen kolväten ämnena hexan till oktadekan, $C_6 - C_{18}$.*

* Vid förekomst av mer lättflyktiga ämnen ($<C_6$) kan s k genombrott ske på adsorbentröret, vilket innebär att dessa ämnen under provtagningens gång vandrar genom adsorbentröret och ej anrikas kvantitativt. Vissa förluster av sådana ämnen kan därför inte helt uteslutas vid den här använda provtagningsvolymen (10 l). Detta beräknas dock inte påverka den här beräknade totalhalten i någon större omfattning. Tidigare försök med olika provtagningsvolymmer i inomhusmiljö har inte visat på avgörande skillnader i totalhalt VOC med denna volym jämfört med lägre luftvolymmer (Rosell 1992).

5.3.1 Provtagning VOC

Provtagningen utfördes i ett av sovrummen (som regel föräldrasovrummet) och vardagsrummet (eller motsvarande) i respektive hus. Luftprovet togs i vistelsezonen, ca 0,8-1,2 m över golv. Provtagning har skett med en flödeskontrollerad pumpning av luft genom adsorbenttrör Tenax TA under 40 minuter. Ett utomhusprov har på motsvarande vis tagits utanför huset för att få ett mått på bakgrundsivån av VOC.

Husägarna fick i förväg anvisningar om att vädring, matlagning etc inte skulle ske den dag provtagningen gjordes. Det har därför antagits att luftproverna trots den korta provtagningstiden är representativa för bostaden.

5.3.2 Analys VOC

Adsorbentrören har desorberats termiskt (Perkin Elmer ATD 400). Efter att ämnena separerats på opolär kolonn i gaskromatografen (HP 5890 II), splittades gasflödet dels till en flamjonisationsdetektor, FID, för kvantifiering, dels till en masselektiv detektor, MSD, (HP 5971A) för identifiering av ingående ämnen.

Utförligare uppgifter om gaskromatografiska parametrar (kolonn, temperaturprogram etc) finns i bilaga 3.

5.3.3 Utvärdering VOC

Den totala halten (TVOC) har i respektive prov beräknats som den integrerade totalarean av alla toppar ifrån FID-signalen. Som referensämne vid haltberäkning har toluen utnyttjats, dvs TVOC anges som toluen-ekvivalenter.

Identifiering av ingående ämnen har gjorts genom att masspektra jämförts med dels eget referensbibliotek, dels mot databibliotek NBS 54K.

5.4 Enkät

Sedan några år tillbaka finns olika standardiserade frågeformulär att tillgå. I detta projekt föll valet på den sk Örebroenkäten utvecklad vid Yrkesmedicinska kliniken vid Region-sjukhuset i Örebro, eftersom det finns referensmaterial från "friska" hus att jämföra med.

I enkäten ställs frågor om olika typer av besvär och om dessa kan sättas i samband med boendemiljön. Frågeformuläret finns upptryckt på en dubbelsidig blankett och består i huvudsak av tre delar. Den första innehåller några frågor om bostaden. Sedan följer några övergripande frågor om upplevelse av inneklimatet, och till sist kommer frågor om eventuell allergisjukdom och om upplevelse av hälsa. Det finns också en version för barn, som skall besvaras av en förälder.

5.5 Upplysningar från de boende

Utöver enkäten intervjuades de boende om hur ventilationsanläggningen har skötts (rengöring av filter etc), och om det förekommit driftstörningar i uppvärmnings- och ventilationsanläggning.

Vidare tillfrågades de boende om vädringsvanor. Frågor ställdes också i mer informativt syfte som t ex hur ofta kryppgrunden och vindsutrymmet kontrolleras. Dessa frågor kan ge svar på om drifts- och skötselinstruktioner för huset är så utformade att de boende inser vikten av att göra vissa kontroller med jämna mellanrum.

6 Resultat

I detta kapitel redogörs för resultaten för var och en av de undersökta parametrarna. Under varje avsnitt ges också en kort värdering av de framkomna värdena, bl a en jämförelse med de nivåer som normalt betraktas som acceptabla, samt uppskattning av osäkerheten i respektive mätning. Till sist visas några sambandsanalyser.

För att få en översikt över undersökningens resultat är några parametrar angivna i tabell 6.1 nedan.

Tabell 6.1 Översikt över undersökningens resultat.

Parameter		Medel	Median	Min	Max
Temperatur inne	°C	22	22	19	24
Temperatur ute	°C	4	4	-5	10
Luftomsättning vid färdigställandet	oms/h	0,67	0,69	0,5	0,83
Luftomsättning vid uppföljning	oms/h	0,51	0,53	<0,1	0,77
Reducering av luftomsättningen från färdigställandet	%	25	22	-6*	>83
Otätthetsfaktor vid färdigställandet	oms/h	1,02	0,83	0,44	3,2
Otätthetsfaktor vid uppföljning	oms/h	1,29	1,19	0,44	3,8
Ökning av otätthetsfaktorn sedan huset var nytt	oms/h	0,28	0,15	-1,0*	3,0
Totalhalt flyktiga organiska ämnen TVOC (toluenekvivalenter, FID)	mg/m ³	0,33	0,27	0,08	1,43

* Talet är negativt, dvs det har skett en förbättring sedan första mätningen då huset var nytt. Se vidare under respektive parameter.

De resultat som redovisas i tabell 6.1 är uppmätta värden. Det verkliga värdet kan vara ett annat, dvs mätningen har en viss onoggrannhet. Ett exempel: Uppmätt otätthetsfaktor har en onoggrannhet på $\pm 8\%$ och resultatet kan därför anges som ett intervall. En otätthetsfaktor på 1,0 oms/h ger intervallet 0,92-1,08 oms/h.

Först några kommentarer till undersökningens genomförande.

6.1 Förhållanden vid mätningarna

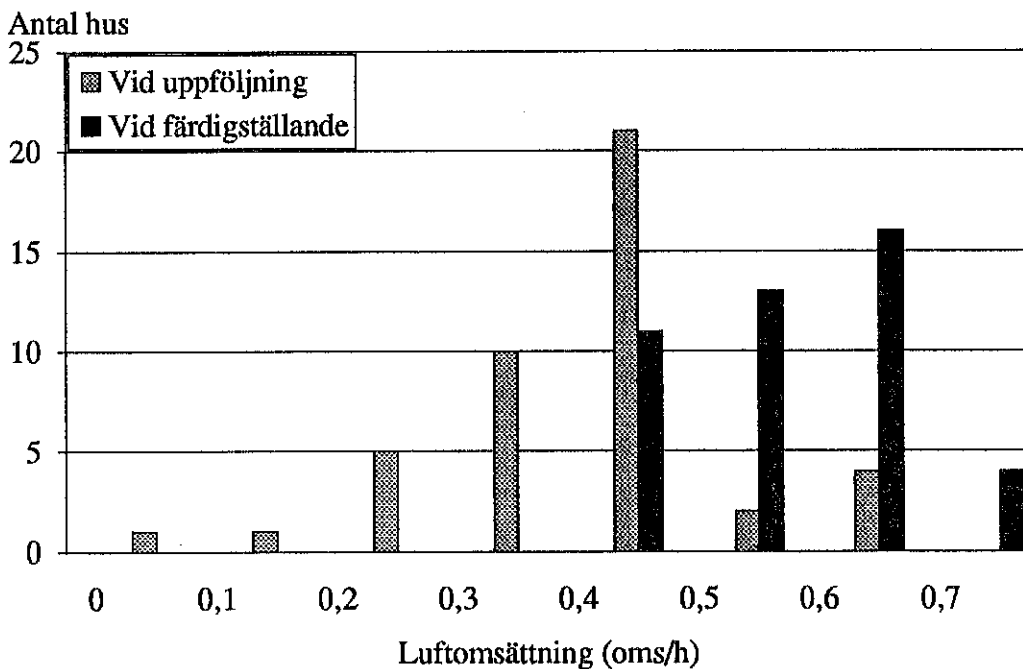
Mätningarna utfördes under februari och mars 1992. Väderleksförhållandena var tämligen likartade under mätperioden. Utetemperaturen låg mellan -5 och +10 °C, i genomsnitt +4 °C. Nederbörd vid mätningarna förekom endast i mycket måttliga mängder. Vindarna var i allmänhet svaga eller obefintliga.

Från början ingick 46 hus i undersökningen, men två husägare drog sig ur efter att mätningarna hade börjat. Därav den något underliga numreringen av husen från 1 till 46 med avsaknad av nr 14 och 15.

Mätningarna gick i de allra flesta fall att genomföra efter mätschemat. Husägarna hade på förhand blivit ombedda att inte vädra eller laga mat strax innan vi kom. Detta tog i stort sett alla hänsyn till. En person hade vädrat i det största sovrummet, vilket gjorde att ett annat sovrum valdes för VOC-mätningen.

6.2 Ventilation

Resultaten från mätningen av luftomsättningen vid uppföljningen visas i figur 6.1. Den högst uppmätta luftomsättningen vid uppföljningen var 0,77 oms/h medan den lägsta var under 0,1 oms/h. I genomsnitt var luftomsättningen 0,51 oms/h. I figuren visas också som jämförelse resultaten från mätningarna när husen var nya. Mättonoggrannheten uppskattas till $\pm 15\%$.



Figur 6.1 Luftomsättningen i de 44 husen vid färdigställandet resp uppföljningen i oms/h. Figuren visar antal hus i intervall 0-<0,1 oms/h, 0,1-<0,2 osv.

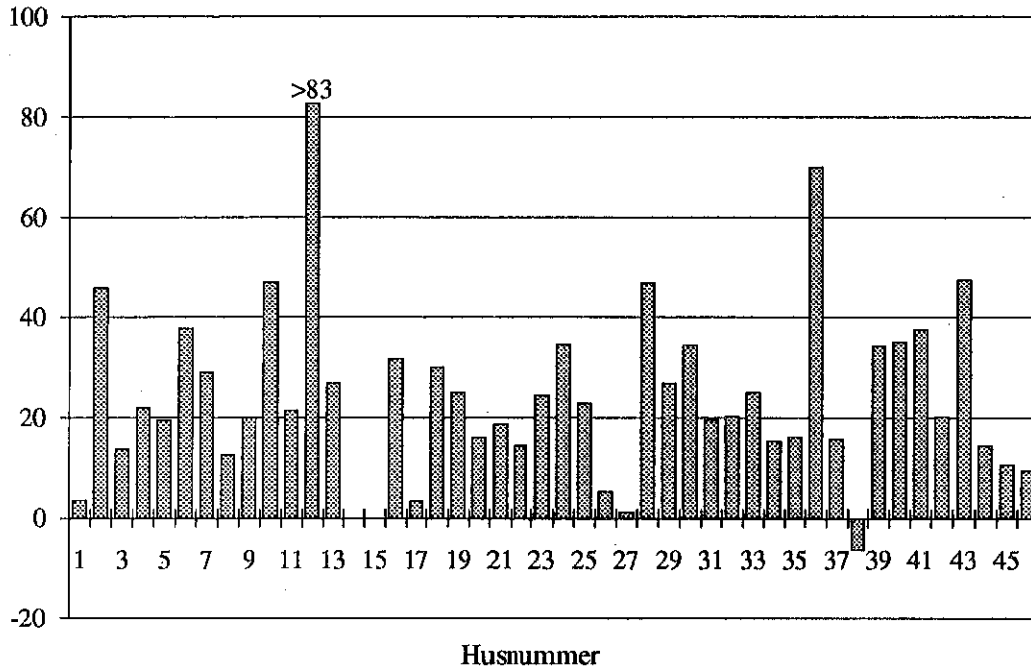
Drygt hälften av husen har fortfarande en luftomsättning över den normerade 0,5 oms/h medan 17 hus hade lägre luftomsättning än 0,5 oms/h. När husen var nya hade inget hus under 0,5 oms/h.

I figur 6.2 visas förändringen i luftomsättning för varje hus mellan första och andra mätningen.

I hus nr 12 hade frånluftsfläkten stannat med en mycket låg luftomsättning som följd (under 0,1 oms/h). Detta hus var dessutom ett av de tätaste i undersökningen. De boende var inte själva medvetna om felet, men hade bl a noterat kondens på fönstren utan att förstå att det kunde ha samband med en lägre luftomsättning.

Vidare var tilluftsdonen helt eller delvis stängda vid mätningen i hus nr 7, 20 och 36, vilket också förklarar lägre luftomsättning. Husägaren i nr 36 har normalt alltid tilluftsdonen stängda.

Reducering av luftomsättningen (%)



Figur 6.2 Reducering av luftomsättning från färdigställande till uppföljning. Medianvärde är 22 %. I hus 12 hade frånluftsfläkten stannat.

I genomsnitt är reduceringen av luftomsättningen 25 % av uppmätt värde sedan färdigställandet av husen. Resultatet i 26 av husen visade en reducering, som ligger inom mätosäkerhetsintervallet. Övriga hus hade en mer markant reduceringen av luftomsättningen - upp till 47 % om man undantar hus 12 och 36. Husägaren i nr 6 hade frånluftsfläkten inställd på ett lägre luftflöde än vid första mätningen vilket kan förklara lägre luftomsättning. I hus nr 28, 32, 41 och 42 var inte mätpunkterna de samma som vid första mätningen vilket dock inte förklarar den reducering av luftomsättning som skett i dessa hus. Som framgår av ovanstående är det emellertid få hus, där det finns uppenbara förklaringar till den sämre luftomsättningen vid uppföljningen. Reduceringen är inte knuten till något speciellt byggnadsår.

I hus nr 38 har luftomsättningen ökat sedan mätningen vid färdigställandet. I detta hus har man också tagit upp ytterligare en tilluftsventil vilket till en del kan förklara den högre luftomsättningen.

I bilaga 1 redovisas resultaten av SPs mätningar av luftomsättningen i varje hus strax efter färdigställandet, vid uppföljningen samt hur luftomsättningen har förändrats.

För att söka en förklaring till varför luftomsättningen hade försämrats togs kontakt med NIBE i Markaryd, som levererat frånluftsvarmepumpen till de flesta hus i undersökningen. Vi kom överens om att kontrollera varmepumpens funktion i tre hus: nr 18, 24 och 25. Hus nr 18 valdes ut först beroende på att vi misstänkte någon mer förklaring till den lägre luftomsättningen än att tilluftsventilerna hade något mindre öppning vid uppföljningen. Därefter valdes hus 24 och 25 som geografiskt låg nära hus 18. I tabell 6.2 redovisas resultaten från kontrollerna i hus 18.

Tabell 6.2 Uppmätta frånluftsflöden i hus 18 exklusive kök. Observera att utöver dessa flöden kan det finnas okontrollerade flöden genom otätheter i väggar, golv och tak.

Frånluftsflöden (m ³ /h)	Bad	WC	Klädvård	Klädkam- mare	Totalt flöde
Projekterat frånluftsflöde	36	36	49	29	150
Vid husets färdigställande 1986 (SPs mätning)	34	34	49	17	134
Vid SPs uppföljning i mars 1992	25	20	28	11	84
Kontroll tillsammans med NIBE i maj 1992	22	16	20	7	65
Efter byte av trasig kondensator	32	26	35	14	107
Efter byte av frånluftsfläkt	34	26	40	14	114
Efter byte av felfri kondensator	34	26	40	15	115
Efter rengöring av frånluftskanaler	36	26	44	17	123

Kontrollen i hus 18 visade att en av de två kondensatorerna som styr spänningen till fläkten var mer eller mindre ur funktion. Observera också reduceringen av frånluftsflödet mellan mätningarna i mars och maj 1992. När kondensatorn byttes ökade frånluftsflödet från 65 m³/h till 107 m³/h, dvs med ca 65 %. Detta tyder på att kondensatorn slutade att fungera mellan dessa båda mättillfällen. Byte av fläkt och felfri kondensator respektive rengöring av husets frånluftskanaler gav bara marginell ökning av frånluftsflödet.

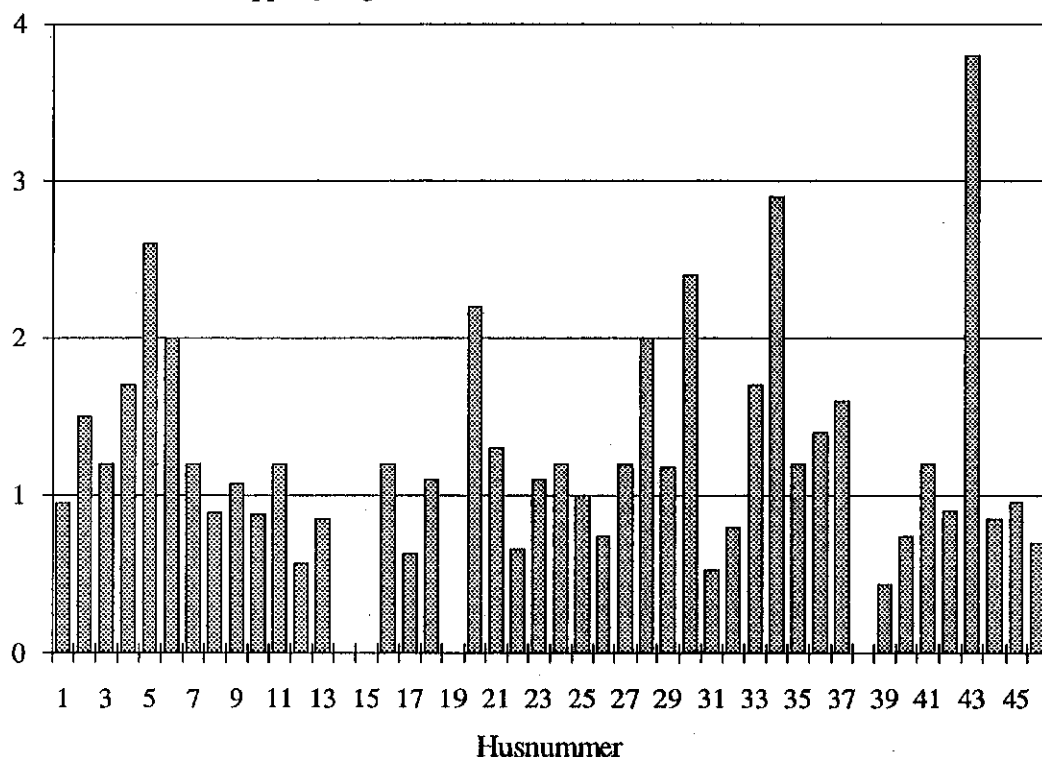
I de två andra husen, där samma kontroller gjordes, kunde den lägre luftomsättningen vid uppföljningen förklaras med trasig kondensator bara i ett av husen (hus nr 24). Det blev inte heller några mätbara skillnader på frånluftsflödena efter rengöring av frånluftskanalerna. I hus nr 25 var samtliga komponenter hela, och frånluftsflödet vid kontrollmätning (denna mätning utfördes enbart av NIBE) var bara något (ca 10 m³/h) mindre jämfört med när huset var nytt. Detta avviker från SPs resultat, där både uppmätt frånluftsflöde och luftomsättning hade reducerats med ungefär en femtedel av ursprungsvärdena.

Frånluftsflödena i övrigt redovisas inte i denna rapport. Mätningen var mer tänkt dels som en kontrollmätning, dels för att vid behov kunna jämföra med andra mätningar.

6.3 Byggnadens lufttätet

Resultatet från mätningarna av byggnadens lufttätet vid uppföljningen visas i figur 6.3. I två av husen gjordes ingen täthetsmätning vid uppföljningen - i nr 19 på grund av att en braskamin var under installation och i nr 38 på grund av att det inte gick att tätta ventilationsanläggningen ordentligt.

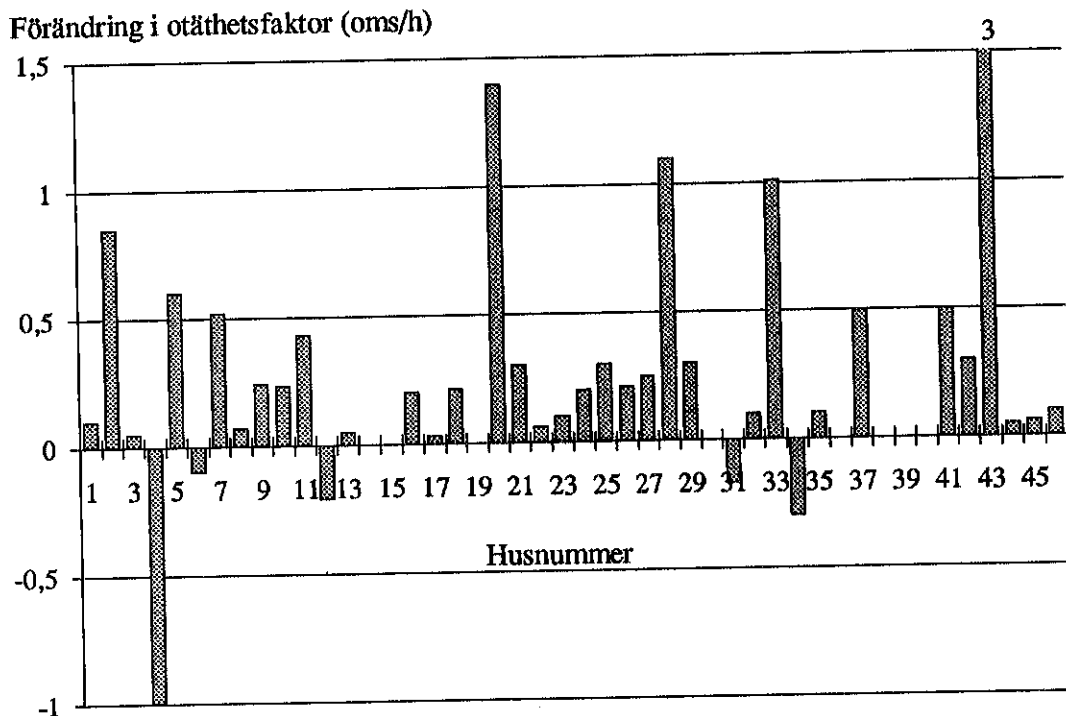
Otätetsfaktor vid uppföljningen (oms/h)



Figur 6.3 Hältevadshusens lufttätet vid uppföljningen 1992.

Husens otätetsfaktor varierade vid uppföljningen mellan 0,44 och 3,08 oms/h. Medelvärdet var 1,29. Hältevads egen målsättning om maximalt 1,0 oms/h är inte längre uppfylld i över hälften av husen. Husen är emellertid fortfarande mycket täta i jämförelse med byggnormens krav på 3 oms/h. Mättonoggrannheten uppskattas till $\pm 8\%$.

Förändringen i husens lufttätet mellan färdigställandet och uppföljningen visas i figur 6.4.



Figur 6.4 Förändring i husens lufttätethet från färdigställande till uppföljning.

Av de undersökta husen överlappar mätosäkerhetsintervallet för de två täthetsmätningarna varandra i tjugo hus. I dessa hus kan man med mätningarna som underlag inte säkert påvisa att det skett någon förändring ur täthetssynpunkt sedan huset var nytt. Tendensen är dock att husen fått en något sämre lufttätethet.

I några hus har lufttätetheten ändrats på ett avgörande sätt. Om otätheten ökar är det till nackdel för komfort, ventilation och uppvärmningskostnader. Det finns emellertid förklaringar till varför lufttätetheten har förändrats så markant i vissa av dessa hus. I fyra av husen (nr 2, 20, 33 och 43), där husägarna själva har inrett vindsutrymmet till bostad, är försämringarna mellan 0,85 och 3 oms/h (husen levereras ibland i ett plan med inredningsbar vind). Den ökade otätheten kan förklaras av att husägarna inte lyckats få klimatskärmen tät på andra planet. I hus nr 33 har husägaren själv ändrat en tilluftskanal, vilket kan ha gett upphov till otät anslutning vid kanalens anslutning mot väggen. I hus nr 28 har en braskamin installerats efter första mätningen, vilket gett läckage vid genomföringar i klimatskärmen. I hus nr 5 har en vindslucka tagits upp sedan förra mätningen.

I hus nr 4 har tätningar gjorts av ett luftläckage, vilket kan förklara det lägre och därmed förbättrade värdet vid andra mätningen.

De resterande fjorton husen har en skillnad på -0,2 till 0,5 oms/h mellan första och andra mätningen. Här finns inga tydliga orsaker till förändringarna. Det är emellertid inga större skillnader och husen är fortfarande mycket täta. Förändringen av lufttätetheten är enligt vår bedömning inte så stor att den kan förknippas med allvarliga brister i klimatskärmens beständighet. Det finns inget i resultaten som pekar på att det finns en tidsaspekt i försämringarna av husens lufttätethet. Snarare är det så att de senast byggda husen (1989) uppvisar större försämringar än de äldre husen.

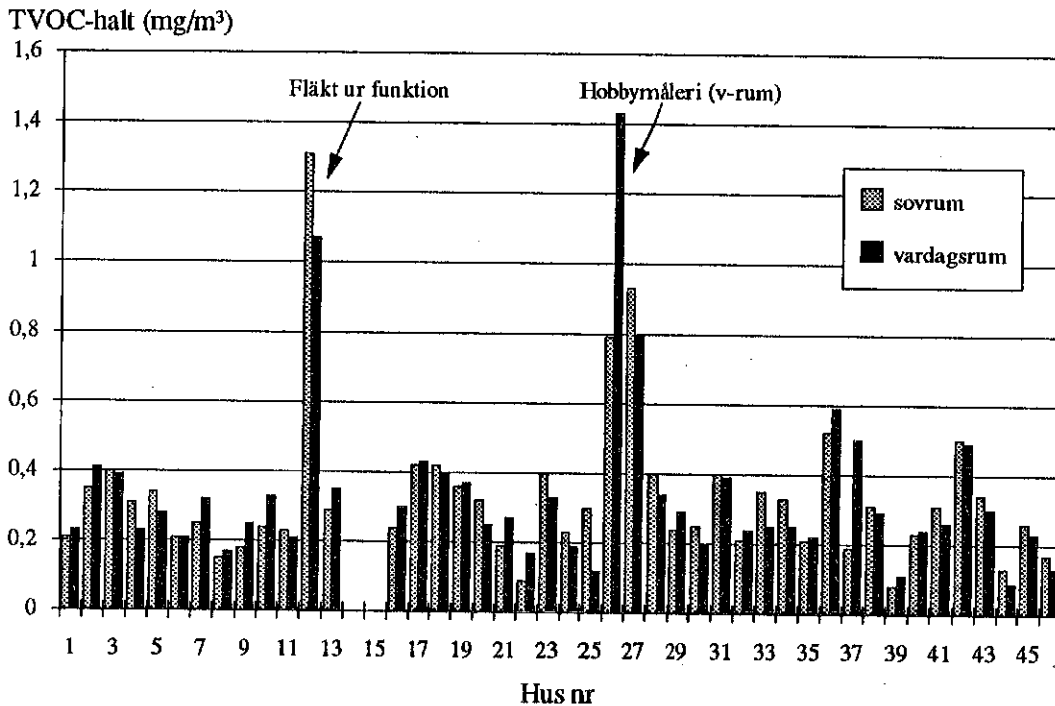
I bilaga 2 redovisas resultaten från mätningarna av klimatskärmens lufttätethet strax efter färdigställandet, vid uppföljningen samt hur lufttätetheten har förändrats.

6.4 Flyktiga organiska ämnen VOC

6.4.1 Totalhalter VOC

Efter analys av Tenaxrören har totalhalten VOC beräknats som toluen-ekvivalenter (se metodavsnittet). De erhållna totalhalterna för samtliga inomhusprov (88 st) redovisas i nedanstående figur.

Mätmetodens onoggrannhet uppskattas till $\pm 20\%$, med avseende på totalhalten VOC.



Figur 6.5 Totalhalter flyktiga organiska ämnen (TVOC) i samtliga undersökta hus. (TVOC uttryckt som toluenekvivalent, FID)

I hus 12 och 26 har speciella omständigheter (se senare förklaringar) orsakat förhöjda halter VOC. Dessa orsaker ingår inte i "normaltillståndet" för de mekaniskt ventilerade husen, och har därför ej medräknats vid medelvärdesberäkningen nedan eller i flertalet av sambandsstudierna i avsnitt 6.7. I hus 27 är orsaken till den något höga halten VOC inte klarlagd, och eftersom orsaken kan vara byggnadsrelaterad kvarstår resultatet i vidare sammanställningar.

Medelvärdet för kvarvarande 42 hus (82 mätvärden) av TVOC är $0,30 \text{ mg/m}^3$ och medianvärdet $0,27 \text{ mg/m}^3$. Standardavvikelsen är $0,14 \text{ mg/m}^3$.

Utomhushalterna av TVOC varierade mellan $0,01$ och $0,09 \text{ mg/m}^3$ med ett beräknat medelvärde av $0,03 \text{ mg/m}^3$ (även medianvärde $0,03 \text{ mg/m}^3$). De högsta värdena uppmättes utanför hus 36. Någon direkt korrelation mellan utelufthalt och inomhushalt tycks inte föreligga i denna undersökning. Detta kan förklaras av att utomhusvärdena är låga (samtliga hus ligger i villaområden eller på landsbygd).

I hus nr 12 är orsaken till en hög totalhalt VOC sannolikt att frånluftsfläkten var ur funktion, med en mycket låg luftomsättning som följd ($< 0,1 \text{ oms/h}$). Emissioner från byggnadsmaterial och andra VOC-källor har då bidragit till att dessa totalhalter uppnåtts i

huset. De dominerande ämnena är terpenier, aldehyder och glykoletter. Se vidare nästa avsnitt, 6.4.2, Identifierade ämnen.

I hus 26 hade målning med oljefärger (tavelmålning) nyss utförts i vardagsrummet. Detta har givit höga halter VOC (främst kolväten och terpenier) både i vardagsrum och i sovrums.

I hus 27 finns däremot ingen enkel förklaring till de relativt höga halterna. Det är en fraktion alifatiska och aromatiska kolväten av lacknafta-typ som dominerar luftprovet. Dessa ämnen är mycket vanliga som lösningsmedel och kan därför ha många olika källor. Emissioner från byggnads- och inredningsmaterial eller tillfällig hantering av petroleumbaserade lösningsmedel och bränslen (ex fotogen) är tänkbara.

6.4.2 Identifierade ämnen

I ett urval luftprover har de ingående ämnena identifierats med masspektrometer med följande resultat.

Tabell 6.3 Identifierade ämnen i ett urval av VOC-proven.

Hus nr rum	TVOC (mg/m ³)	Dominerande ämnen	Övriga ämnen	Hus med liknande VOC-profil*
3 sovrums	0,40	terpenier	aromater, aldehyder (C6, C9)	19, 45
5 sovrums	0,34	toluen	acetone, etylacetat, xylen, terpenier	
10 vard.rums	0,33	limonen	terpenier	6, 12, 9, 24, 34, 35 och 40
16 vard.rums	0,30	org. kiselföreningar, toluen	terpenier,	30
23 sovrums	0,40	toluen, butylacetat	aldehyder, terpenier, bensaldehyd,	
26 vard.rums	1,43	pinener, dekan, undekan	nonan m fl kolväten	
27 sovrums	0,93	nonan-undekan, (totalt 20-30 % av TVOC),	aromater, omättade alifatiska kolväten	
31 sovrums	0,40	undekan-tridekan	toluen, terpenier, nonanal, dodekylbensener, fenol	
36 sovrums	0,52	TXIB, pentan	aromater, terpenier, aldehyder, dodekylbensener	2, 11, 18 och 43 (pentan end. 36)
37 vard.rums	0,50	koldisulfid (33 % av TVOC)	terpenier, aromater, benzothiazol, m m	
42 vard.rums	0,5	undekyl- dodekylbensener	TXIB m m	

* Bedömning efter jämförelser mellan gaskromatogram

I respektive gaskromatogram (bilaga 3) framgår också fördelningen av identifierade ämnen och i viss mån deras relativa mängdförhållanden.

Följande kommentarer kan ges till de identifierade ämnena, här fördelade på respektive ämnesgrupp.

Terpenier (*pinener, caren, limonen* m fl) är ämnen som oftast härrör från trä och träbaserade material. Även terpentiner innehåller stora mängder terpenier, vilket med största sannolikhet är källan i hus 26, där tavelmålning med oljefärg pågick under mättdagen. I de fall

endast *limonen* återfinns (eller kraftigt dominerar över andra terpenier) kan misstänkas att citrusfrukter eller någon citrusparfymierad produkt är källa till detta.

Aldehyder (*hexanal, heptanal, oktanal, nonanal* etc) är också ämnen som avgår från trä och träbaserade material. Även andra källor är möjliga, t ex finns rapporter om aldehydavgivning (främst *hexanal*) från uppfuktad mineralull och från färg applicerat på ett värmeelement (Gustafsson 1990). Linoleummattor kan också avge aldehyder, i här undersökta hus saknas dock detta golvmaterial.

Det bör observeras att mer lättflyktiga aldehyder som *formaldehyd* inte omfattas av denna undersökning. Specifik teknik krävs för provtagning och analys av dessa ämnen.

Kolväten: alifatiska (*hexan, heptan, oktan, nonan, dekan, undekan* etc) och aromatiska kolväten: (*toluen, xylene, etylbensen* etc), tillhör de vanligast förekommande ämnena i inomhusmiljö. De har en lång rad möjliga källor, t ex lackade och målade ytor på bygg- och inredningsmaterial, men även limmer och kemiskt-tekniska hushållsprodukter (städmedel etc). Fotogenlyktor etc är också möjliga källor.

I några hus finns också tyngre aromatiska kolväten av typ *undekyl-* och *dodekylbensener*, vilka enligt vår erfarenhet brukar kunna härledas till PVC-mattor, där de kan ingå som processlösningsmedel. Innomhusmiljöutredningar där avsevärda halter dodekylbensener påvisats och också misstänkts vara orsak till problem av sjuka-hus karaktär finns beskrivna i litteratur (Gustafsson 1990).

Glykoletrar (*1-butoxy-2-propanol* m fl) är en grupp ämnen, mer eller mindre svårflyktiga, som bl a används i vattenspådbara limmer och färger. De ingår där som skiljemedel och avgår till inomhusluften under en kortare eller längre tid efter applicering.

Organiska kiselföreningar kan tänkas avgå från fogmassor och tätningsslister av silikon-gummi. De brukar dock, enligt vår erfarenhet, ganska sällan påvisas i inomhusluft. Här har de återfunnits i hus 16, men orsaken har inte närmare utretts.

Estrar I denna ämnesgrupp finns dels lättflyktiga estrar som *etylacetat, butylacetat*, vilka kan ingå i lösningsmedelsbaserade färger, lacker m m. Dels finns också mer svårflyktiga ämnen som *Texanol** (används som filmbildare i vattenspådbara akrylatfärg) och *TXIB*** (används som mjukgörare i en del PVC-mattor och vinyltapeter) I denna undersökning har TXIB påvisats i ett 10-tal hus. Högsta halten av TXIB, 240 µg/m³, erhöles i hus 28, sovrum. I hus 2 var också halten över 100 µg/m³. En halt över 100 µg/m³ av ett enskilt ämne kan betraktas som högt. I övriga hus var halten lägre än 100 µg/m³.

TXIB har ett visst intresse då det tidigare har påvisats i höga halter i sjuka hussammanhang (Rosell, 1990). Något klart samband med ohälsa finns dock inte dokumenterat. Enligt uppgift innehåller det fabrikat av PVC-golv som används i Hjärtevadshuset inte TXIB, varför vinyltapeter återstår som en möjlig källa. Detta har dock inte bekräftats. Av intresse är också den tidigare erfarenheten att TXIB kan avgå under många år, dvs har en lång avklingningstid. Byggåren för hus 2 och 28 är 1987 respektive 1989, vilket också visar på detta. (Hus 2 har år 1989 byggts om på plan 2, vilket kan innebära att t ex andra typer PVC-mattor tillkommit).

Alkoholer (*etanol, propanol* m fl) kan användas i limmer, färg och lack men också i hushållsprodukter.

* Texanol = 2,2,4-trimetyl-1,3-pentandiol-monoisobutytrat, CAS nr 25 265 77-4

** TXIB = Texanol-isobutytrat = 2,2,4-trimetyl-1,3-pentandiol-diisobutytrat, CASnr 6846-50-0

Fenoler (*fenol, kresol* m m) påvisas relativt ofta inomhus och kan emitteras från PVC-mattor och korkbaserade golvmaterial m m.

Koldisulfid i hög halt har identifierats i ett prov (hus 37, vardagsrum). Förekomsten av detta ämne är ovanligt men orsaken här har inte närmare eftersökts. Svavelföreningar kan dock ingå i vissa fogmassor samt i undersida av vissa typer av textila heltäckningsmattor. En ofrivillig kontaminering av provet kan heller inte helt uteslutas.

6.5 Enkät

Genomsnittliga klagomåls- och symptomfrekvenser i Hjärtevadshusen redovisas i figur 6.6.

Cirklarna markerar andelarna uttryckta i %. Längs varje axel är avsatt hur stor andel av de boende, som är besvärade av respektive miljöfaktor/symptom. Här är endast medtaget de som svarat "Ja, ofta (varje vecka)" på de olika frågorna. Normalt behandlas Örebroenkäten på detta sätt. Det indikerar mera entydigt att förhållandet inte är bra än svaret "Ja, ibland" som är mycket svårt att tolka.

Av resultatet framgår att det generellt är få klagomål i Hjärtevadshusen. De få klagomål som finns gäller mest varierande rumtemperatur och besvär med täppta näsor (speciellt på morgonen). Det var också en del som var irriterade över att matos sprids över hela huset och ibland stannar kvar. Vidare var det en del som tyckte att det kändes instängt i föräldrasovrummen på morgonen.

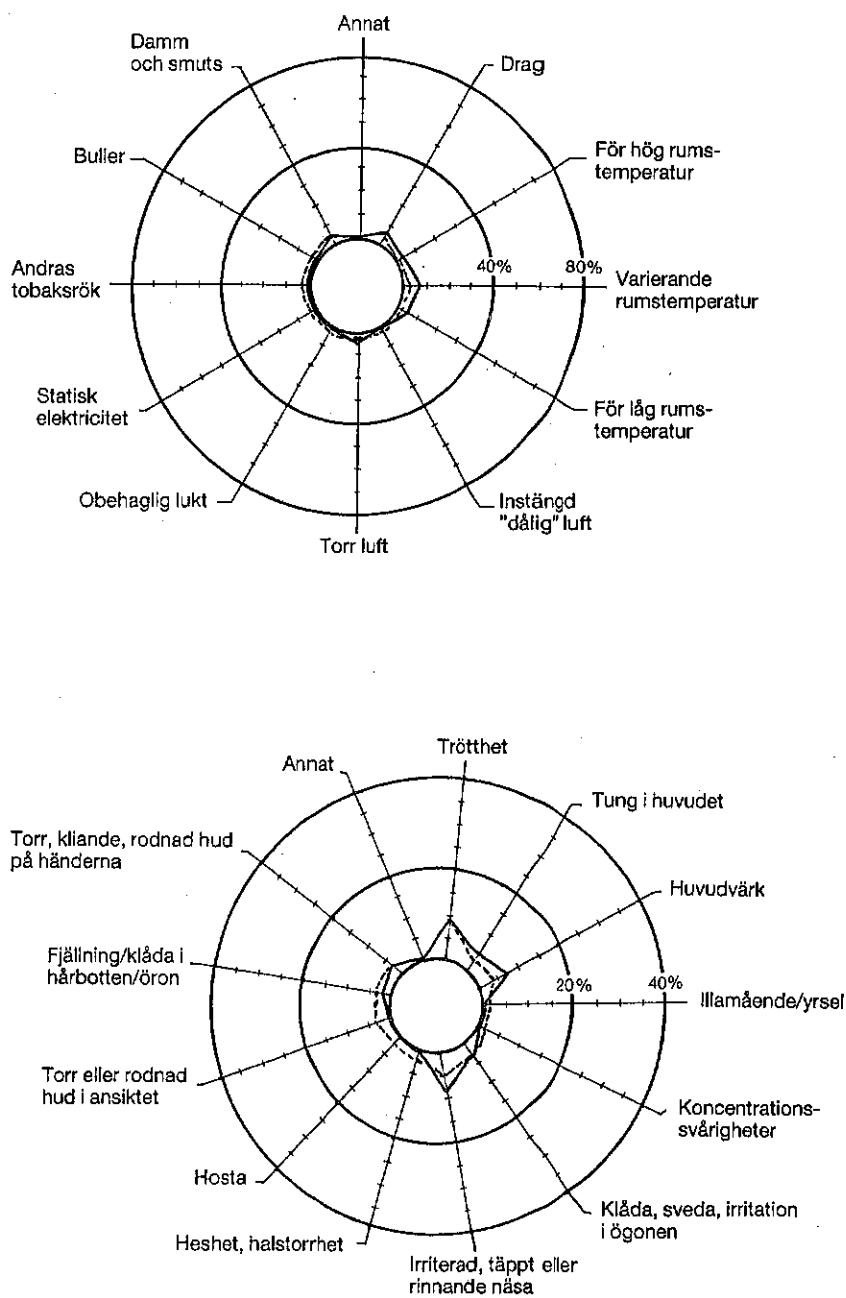
Antalet personer som har besvarat vuxnenkäten är 99 (personer över 16 år). Barnenkäten visade att barnen (n=61) i stort sett är besvärsfria. 19 % av de vuxna är rökare. Andelen som uppgivit att de är allergiker är liten.

I en undersökning av bostadsbeståndet i Sverige, ELIB (Andersson, Norlén 1992), med inriktning på energihushållning och inneklimat, se också avsnitt 1.3, ingår bl a en enkätundersökning. Här finns resultat från totalt 2000 småhus över hela Sverige, statistiskt utvalda att representera hela småhusbeståndet. Detta visas också i figur 6.6 som en streckad linje. Andelen klagomål är små såväl i Hjärtevadshusen som i de 2000 husen i ELIB-undersökningen om man jämför med klagomålsfrekvensen i ett område med problem. Se t ex motsvarande resultat från en enkätundersökning i bostadsområdet Enskededalen i Stockholm, figur 7.2.

6.6 Boendevanor

Underhåll och skötsel av huset varierar mycket bland husägarna. Några är mycket måna om att installationerna skall skötas ordentligt, medan andra är mindre noga.

Rengöring av luftfiltret i frånluftskanalen till värmepumpen görs enligt tabell 6.4. Från NIBE rekommenderas att filtret skall kontrolleras varannan till var tredje månad till att börja med och att med ledning av erfarenheterna från hur smutsiga filtren är vid rengöringen rengörs sedan filtret med ett visst tidsintervall. Rengöringsintervallet är olika för olika hus beroende på levnadsvanor. Byte av filter görs först när det är skadat.



Figur 6.6

Upplevelse av inomhusklimatet och uppgivna symptom i Hjaltevadshuset (heldragen linje). Som jämförelse visas resultat från 2000 småhus i ELIB-undersökningen (streckad linje).

Tabell 6.4 Husägarnas egna uppgifter avseende rengöring av luftfilter i värmepumpen.

Filterrengöring (ggr/år)	Antal hus
0	2
1	6
1 - 2	7
2	10
2 - 3	6
3	3
3 - 4	3
4	4
4 - 6	1
Fler än 6	1

I många hus var frånluftskanalerna smutsiga. Detta gäller speciellt i duschutrymme och klädvård (tvättstuga) vilket troligtvis har att göra med att kanal och don blir fuktiga. Damm och fibrer fastnar och sitter kvar när fukten torkat.

I tabellerna 6.5 och 6.6 redovisas de driftsstörningar som enligt husägarna förekommit i husens värme- och ventilationssystem. Här kan noteras att i 21 hus har mer eller mindre allvarliga driftsstörningar inträffat vilket är många med tanke på att anläggningarna har varit i drift ganska kort tid. Av dessa 21 hus har det varit totalhaveri på fyra värmepumpar vilket är ca 10 % av värmepumparna. Endast 23 husägare har inte haft några problem alls med värmesystemet.

Fem husägare har haft driftsstörningar på ventilationssystemet vilket är drygt 10 % av anläggningarna. Av dessa har fyra bytt fläkt och en husägare har bytt lager i fläkten.

För att luftomsättningen skall fungera krävs att tilluftsdonen är öppna. Så var också fallet i de flesta hus. Undantaget var, uppgav några husägare, vid blåst och låga utetemperaturer då man besvärades av drag.

Tabell 6.5 Uppgivna driftsstörningar i värmesystem

Typ av fel	Antal hus
Inga	23
Kompressor bytt	5
Totalhaveri	4
Fel på radiatorventil	3
Elfel	2
Justering av värmepumpen	1
Ojämn temperatur	2
Avfrostning ur funktion	1
Läckage i pump	1
Motorskydd bytt	1
Fyllt på freon	2

Tabell 6.6 Uppgivna driftsstörningar i ventilationssystem

Typ av fel	Antal hus
Inga	39
Fläkt bytt	4
Fläktlager bytt	1

Tabell 6.7 Vårdningsvanor i Hjaltevadshusen.

Omfattning	Antal hus
Dagligen	9
Vid matos	2
1 gång i veckan	9
2-3 ggr i veckan	1
2 ggr per månad	1
Endast sommartid	7
Aldrig	15

Vårdningsvanor framgår av tabell 6.7. Med vådringsvanor avses hur ofta fönstren öppnas. 15 husägare var av den uppfattningen att luftomsättningen var tillräckligt bra och hade därför inga speciella vådringsbehov. Endast 9 husägare vådrar dagligen och resten vådrar i varierande omfattning. Detta kanske till viss del kan förklara varför inte husägarna märkt att luftomsättningen har minskat. Man anser att luftkvaliteten är bra och ökad vådring behövs inte.

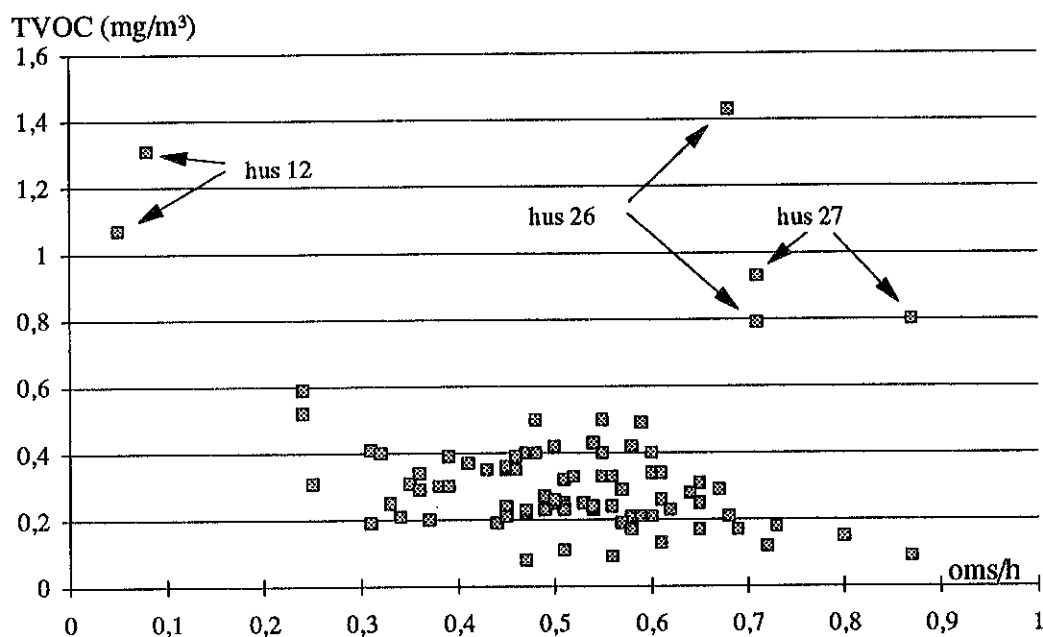
De flesta husägare ger sina kryp- och vindsutrymmen tillsyn någon gång per år. Detta är anser vi i minsta laget och vi uppmanade husägarna att göra kontroll åtminstone 2-3 gånger per år.

6.7 Sambandsanalyser

I följande avsnitt har en del enklare sambandsanalyser utförts i syfte att finna eventuella korrelationer, t ex mellan luftkvalitet och luftomsättning.

6.7.1 TVOC och luftomsättningen

I figur 6.7 anges TVOC som funktion av luftomsättningen i den aktuella mätpunkten vid provtagningstillfället.



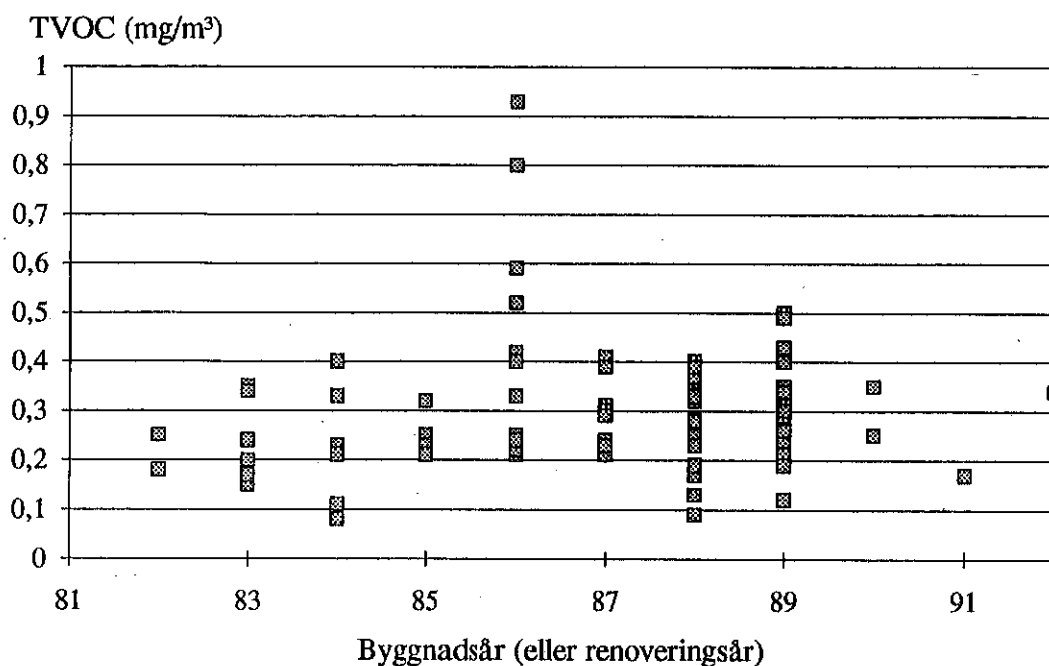
Figur 6.7 De undersökta rummens totalhalt VOC som funktion av luftomsättningen

Hus 26 och 27 avviker från övriga hus genom att samtidigt ha en hög halt TVOC och en god luftomsättning. Detta visar att styrkan på emissionskällan är hög.

Även om man undantar dessa hus erhålls inget tydligt samband mellan luftomsättning och TVOC. Spridningen är stor, vilket visar på avsevärda skillnader i källstyrka, dvs i storleken på emissionen från aktuella inomhuskällor.

6.7.2 TVOC och husets ålder (materialålder)

För att se om byggnadsmaterialens (främst ytskikten) ålder direkt påverkar totalhalten, har TVOC korrelerats mot husets byggnadsår i figur 6.8, eller i vissa fall året för renovering av det aktuella rummet. Med renovering avses målning, nya golv, tapeter eller liknande. I sammanställningen ingår inte hus 12 och 26.



Figur 6.8 TVOC i respektive rum som funktion av husets (rummets) ålder.

Medelvärden TVOC för respektive år enligt ovan redovisas i tabell 6.8.

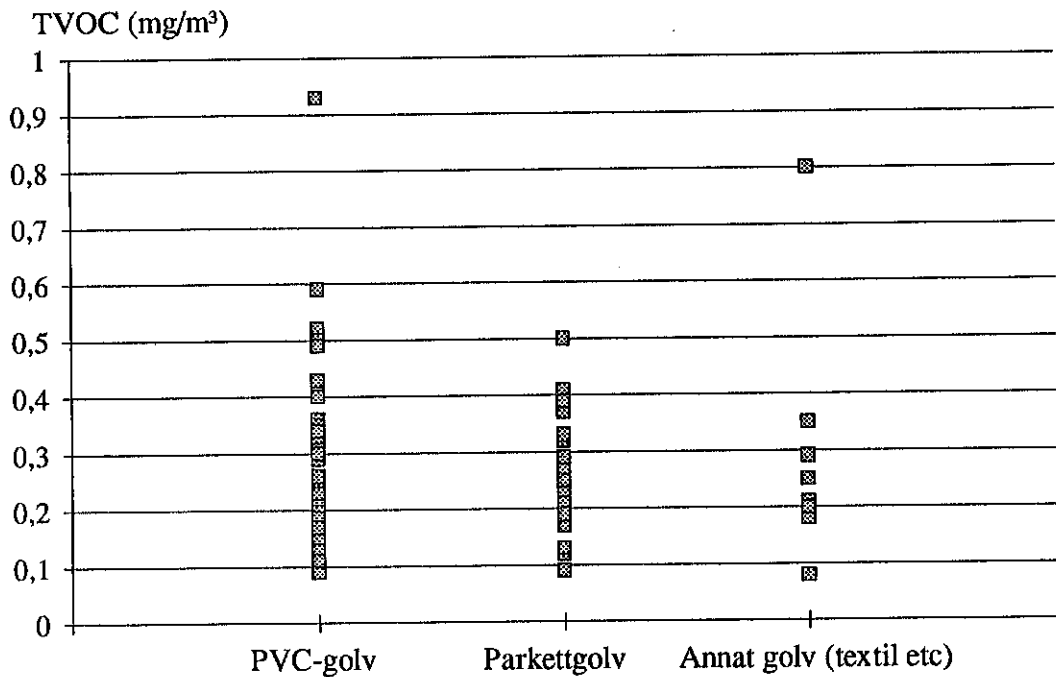
Tabell 6.8

Årtal	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
TVOC mg/m ³	0,22 (n=2)	0,24 (n=6)	0,21 (n=7)	0,24 (n=5)	0,45 (n=15)	0,30 (n=11)	0,26 (n=17)	0,32 (n=21)	0,30 (n=2)	0,17 (n=1)	0,34 (n=1)

Husets ålder tycks ej korrelera mot totalhalt VOC. Detta kan också anses förväntat, eftersom den huvudsakliga emissionen från byggnadsmaterial normalt sker under husets första år. Efter denna tid tycks andra VOC-källor ha större andel i den erhållna totalhalten. Dessa källor kan vara möbler, övrig inredning och brukarvanor (städning, rökning etc).

6.7.3 TVOC och golvmaterial

I många undersökningar (t ex Gustafsson 1990) har golvmaterialet visat sig svara för den dominerande emissionen i ett rum. I flertalet fall har det då varit fråga om PVC-mattor. I samband med de här utförda mätningarna har typen av golvmaterial noterats i de aktuella rummen. I figur 6.9 har totalhalten VOC korrelerats mot aktuellt golvmaterial. I sammanställningen ingår inte hus 12 och 26.



Figur 6.9 Totalhalten VOC som funktion av olika golvmaterial.

Medelvärden på TVOC från rummen fördelat på de olika golvmaterialen redovisas i tabell 6.9.

Tabell 6.9

Golvmaterial	PVC	Parkett	Annat (textil mm)
TVOC (mg/m ³)	0,31 (n=53)	0,27 (n=22)	0,29 (n=9)

Av detta dras slutsatsen att ingen generellt samband mellan PVC-golv och höga TVOC-halter kan ses i denna undersökning.

6.7.4 Filterrengöring och ventilationsförändring

I tabell 6.11 redovisas husens reducering av luftomsättning och hur ofta husägarna gör rent luftfiltret i frånluftskanalen till värmepumpen.

Tabell 6.10

Rengöring av filter Antal gånger/år	0	1	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-6	8
Luftomsättning i medeltal när husen var nya, oms/h	0,65 (n=2)	0,60 (n=6)	0,67 (n=7)	0,66 (n=10)	0,74 (n=6)	0,68 (n=3)	0,75 (n=3)	0,67 (n=4)	0,57 (n=1)	0,64 (n=1)
Luftomsättning i medeltal vid uppföljning, oms/h	0,26	0,47	0,58	0,51	0,56	0,53	0,65	0,47	0,55	0,40
Reducering av luft- omsättningen i medeltal, %	60	22	13	23	24	22	13	30	4	27

De två hus där filtren aldrig görs rena har den klart största redueringen av luftomsättningen. I ett av dessa två hus var dock tilluftsventilerna i stort sett stängda vilket ger betydligt sämre luftomsättning.

Hur ofta filtren görs rena tycks inte ha någon betydelse för hur stor redueringen blir av luftomsättningen. Det skall dock påpekas att antalet hus är få varför några säkra slutsatser ej går att få.

7 Diskussion

Om ventilation

Undersökningen visar att luftomsättningen har minskat i omfattning i stort sett i samtliga hus. De kontroller vi gjort tillsammans med NIBE är inte i den omfattningen att det går att fastslå att trasiga kondensatorer förklarar den sämre luftomsättningen i samtliga hus. Dock måste man mot bakgrund av resultaten alltid ta med i beräkningen att detta kan vara en av orsakerna till reducering av luftomsättningen.

Vid planeringen av projektet ingick inte att finna orsaken till varför luftomsättningen hade blivit sämre eftersom vi inte hade några misstankar om att så skulle bli fallet. Orsaken är alltså inte utredd. Nedan följer därför en diskussion om vad som kan vara orsaken till reduceringen av luftomsättningen förutom trasig kondensator.

- Igensättning av filter i frånluftskanal. Filtrets genomsläpplighet dvs hur mycket luft som passerar genom filtret, beror bl a på hur förorenat filtret är (damm, fibrer m m). Därför borde minskningen av ventilationen i en bostad bli mindre där filtren rengörs ofta. Något sådant samband är emellertid inte möjligt att finna vid en jämförelse mellan hur ofta filtren rengörs och reduceringen av luftomsättningen (se tabell 6.11).
- Bristfälliga lager och fibrer på fläktvingarna. Fläktens kapacitet avgör hur stort luftflödet/luftomsättningen blir i bostaden. Utöver bristfälliga kondensatorer kan fläktens kapacitet påverkas av obalans i fläkthjulet med lagerskador som följd. En husägare uppgav att lagren hade bytts men det kan finnas fler fläktar med dåliga lager eftersom husägarna kanske inte märker när lagren börjar bli dåliga. Dessutom görs ju normalt inga mätningar eller andra kontroller som skulle visa att lagren behöver bytas. Att fläktvingarna smutsas ned är känt men hur mycket detta påverkar luftomsättningen är såvitt vi vet inte känt. Kanske borde detta undersökas så att drifts- och skötselinstruktioner kunde ges till husägaren.
- Damm och fibrer i frånluftskanaler. Nedsmutsade kanaler ger en "råare" yta och i extrema fall mindre tvärsnittsarea vilket ger mindre luftflöde. De två hus vi kontrollerat om nedsmutsningen av kanalerna reducerade luftflödet visar att det inte blev någon större förändring efter rengöringen. Om detta skulle vara representativt för samtliga hus i undersökningen går naturligtvis inte att säga men möjligtvis är detta problem överskattat. Även här borde kanske mer omfattande undersökningar göras för att få en uppfattning om rengöringsbehov av frånluftskanaler.
- Igensatta insektsnät. På utsidan av fasaden där tilluften tas in till huset sitter ett insektsnät. Om nätet blir mer eller mindre igensatt kommer också tilluftsflödet genom donet att minska.

Oavsett orsaken till varför frånluftsflödena/luftomsättningen har minskat finns det ett par biverkningar som kan vara nog så väsentliga. För det första påverkas luftkvaliteten inne negativt eftersom föroreningarna inte förs bort lika effektivt. Det finns dock inget i undersökningen som pekar på att de boende uppfattat att luftomsättningen blivit lägre eftersom ingen angett att luftkvaliteten blivit sämre jämfört med när huset var nytt. För det andra minskar frånluftsvärmepumpens verkningsgrad något eftersom den inte får den mängd luft som är avsedd.

Några husägare i undersökningen har klagat på att det vid låg utetemperatur blir kallt vid tilluftsdonen (termiska problem). Trots att donen oftast är placerade ovanför radiatorer (varmluft strömmar upp och blandas med uteluften) så kan det vid låga utetemperaturer

eller höga vindhastigheter ute bli drag. Det skall dock påpekas att antalet klagomål i Hjärtevadshuset inte är fler än i ELIB-undersökningen eller Örebroenkätens referensmaterial vilket innebär att det är få klagomål. Donet har på senare tid utvecklats på så sätt att det har ett kallrasskydd på sin undersida vilket gör att uteluften ej lika lätt strömmar rakt nedåt.

En av frågeställningarna i undersökningen var om det är befogat att rekommendera 2-4 gånger högre luftomsättning än vad byggnormen anger idag. De svar som de boende gett i enkäten tyder inte på att dagens ventilationskrav är för låga eftersom det finns få klagomål på luftkvaliteten. De mätningar som är gjorda på flyktiga organiska ämnen visar heller inte på sådana halter att det skulle vara befogat med högre ventilation. Se vidare kommentarer under rubriken "Om VOC" i detta kapitel. Det finns alltså inget i denna undersökning som visar att kraven i byggnormen vad gäller ventilation skulle innebära ett otillfredsställande inomhusklimat. Däremot visar undersökningen att för att bibehålla en från början godtagen luftomsättning krävs drift- och skötselinstruktioner, så att husägaren kan se till att ventilationsanläggningen fungerar. Eventuellt behöver också ventilationsanläggningarna utrustas med någon typ av larm som visar när luftomsättningen minskar.

Om lufttätethet

En byggnads lufttätethet kan med åren försämrats. Exempel på detta är när tätningsslister i fönster och dörrar åldras, taylor och armaturer monteras vilket kan punktera tätskiktet eller när nya genomföringar tas upp i klimatskärmen (t ex braskamin). Även en sådan detalj som montering av persienner i fönsterbågar påverkar lufttätetheten.

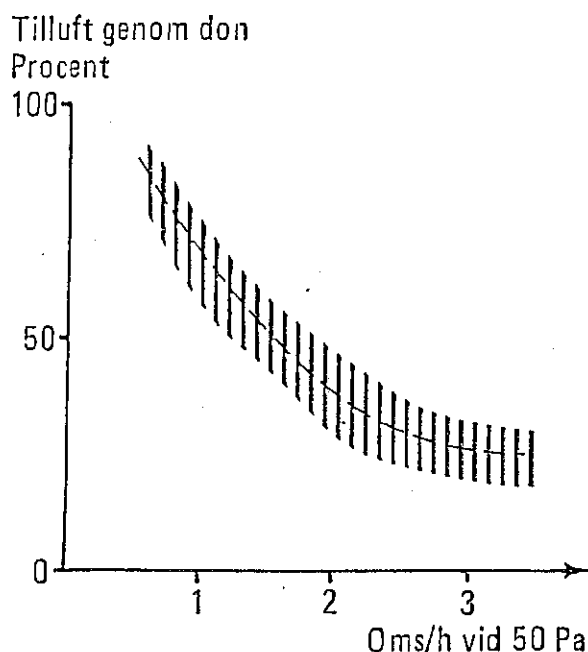
I de få hus som har stora försämringar av lufttätetheten kan man sannolikt inte hänföra detta till förändringar eller åldring av tätskiktet i klimatskärmen. Försämringarna beror snarare på att husägarna byggt till ett plan, gjort genomföringar i klimatskärmen etc och inte lyckats få klimatskärmen lufttät. Husen är dock fortfarande betydligt tätare än byggnormens krav.

Som tidigare sagts har Hjärtevadshuset haft en målsättning att husen vid färdigställandet skall ha en högsta otätethet på 1,0 oms/h. Av de 44 hus som SP kontrollerat strax efter färdigställandet och som ingår i den här undersökningen uppfyllde 34 denna målsättning. Av de tio hus som hade större läckage är nio 1 ½-planshus. Detta visar, vilket många känner till, att 1 ½-planshus är svåra att få täta. Framför att gäller detta mellanbjälklagets anslutning mot yttervägg. Dock bör framhållas att husen ändå var täta. Endast ett av dessa hus klarade inte kravet på 3,0 oms/h enligt SBN 80. Hjärtevadshuset har också visat att det går att även få denna hustyp att bli lufttät, eftersom nio andra 1 ½-planshus hade en otätethet under 1,0 oms/h vid färdigställandet.

Att bygga ett tätt hus kan vara svårt även för professionella hustillverkare. När husägarna själva gör ett ingrepp i klimatskärmen eller bygger om huset vet de ofta inte om hur känsligt det är att klimatskärmen kan skadas och att därmed lufttätetheten försämrats. I drifts- och skötselinstruktioner borde därför finnas ett kapitel som påpekar detta.

Husets lufttätethet har inte enbart betydelse för energiåtgången utan också för det termiska klimatet och luftomsättningen. För att kunna styra luftomsättningen så att uteluftsflödena verkligen kommer in i huset där det är tänkt krävs ett mycket tätt hus. I figur 7.1 framgår hur mycket luft som kommer in via don respektive infiltration (läckage i konstruktionen) vid olika otätetheter i huset.

Andel tilluft genom don som funktion av husets otäthet vid F-ventilation



Figur 7.1 Andel tilluft via infiltration respektive don. Observera att sambandet gäller mekaniskt frånluftsventilerade hus. Källa Energisvar 87.

Av figuren framgår att om huset har en otäthet som precis klarar byggnormens krav, dvs 3,0 oms/h vid 50 Pa, kommer ca 70 % av uteluftsflödet in via infiltration dvs denna del av uteluften är helt okontrollerad. Så länge som otätheterna är jämnt fördelade i huset spelar det kanske inte så stor roll men så är ofta inte fallet. Målsättningen måste därför vara att bygga husen så täta som möjligt och frågan kan ställas om byggnormens krav är för högt satt för att luftomsättningen skall fungera som avsett.

Om VOC

Mätbara delar av begreppet luftkvalitet har i denna undersökning begränsats till att gälla flyktiga organiska ämnen, VOC. Relevansen i detta kan naturligtvis diskuteras. Det finns flera andra luftföroreningar av intresse att studera i ineluften, t ex formaldehyd, partiklar, glukoner mm. På gott och ont har dock intresset kommit att fokuseras på VOC när man pratar om inomhusmiljö och då speciellt emissioner från byggnadsmaterial etc. I vår undersökning, liksom i många andra, har begreppet totalhalt VOC (=TVOC), använts. Detta är dock inte ett väldefinierat uttryck, utan det erhållna värdet beror på vilken teknik som använts i det aktuella fallet, både vad gäller provtagning, analys och beräkningar. Någon standardiserad metod finns ännu inte och eftersom knappast två institutioner/laboratorier gör dessa mätningar identiskt lika, innebär detta att resultat från olika undersökningar kan vara svåra att jämföra med varandra. Den teknik och det beräknings sätt som använts här är dock densamma som SP normalt använder i egna fältuppdrag, i emissionsmätningar på

material och i den rena analysverksamheten som bedrivs på inskickade adsorbentprov från olika miljöer. Därför kan jämförelser göras i första hand med SPs egna erfarenheter.

Från jämförbara hemmiljöer kan VOC-mätningar i 60 olika bostäder till astmatiska ungdomar nämnas (Ekstrand-Tobin 1993). I den undersökningen, utförd med SPs VOC-metod, erhöles medelvärdet $0,32 \text{ mg/m}^3$ i de mekaniskt frånluftsventilerade husen (21 hus).

Andra undersökningar från bostadsmiljö är den tidigare nämnda ELIB-undersökningen i 97 småhus och 103 flerbostadshus. Här erhöles medelvärden för TVOC på $0,38$ respektive $0,31 \text{ mg/m}^3$. Mättekniken är i flera avseenden annorlunda i ELIB-undersökningen, t ex har provtagningen av VOC utförts som diffusion, dvs utan aktiv pumpning av luft, vilket bl a innebär längre mätperiod. Även analystekniken skiljer sig från vår metod.

Uppmätta TVOC-värden i Hjärtevadshuset ligger på en något högre nivå än vad vi oftast finner inomhus i offentliga eller andra lokaler som skolor, daghem och kontor. Några av orsakerna till lägre halter i t ex skolmiljö kan bl a vara att man i regel har högre luftomsättning och på att rumsareorna vanligen är större, vilket ger en lägre andel omgivningsyta (väggar, tak, golv) i förhållande till rumsvolymen, dvs mindre belastning från emitterande ytmaterial. Som en jämförelse kan nämnas en studie utförd åt Malmö Kommun som bl a omfattade 21 skolor (Malmö Fastighetskontor, 1992). I dessa skolor låg TVOC-medelvärdet inomhus på $0,16 \text{ mg/m}^3$ ($n=42$) jämfört med Hjärtevadshusens $0,30 \text{ mg/m}^3$.

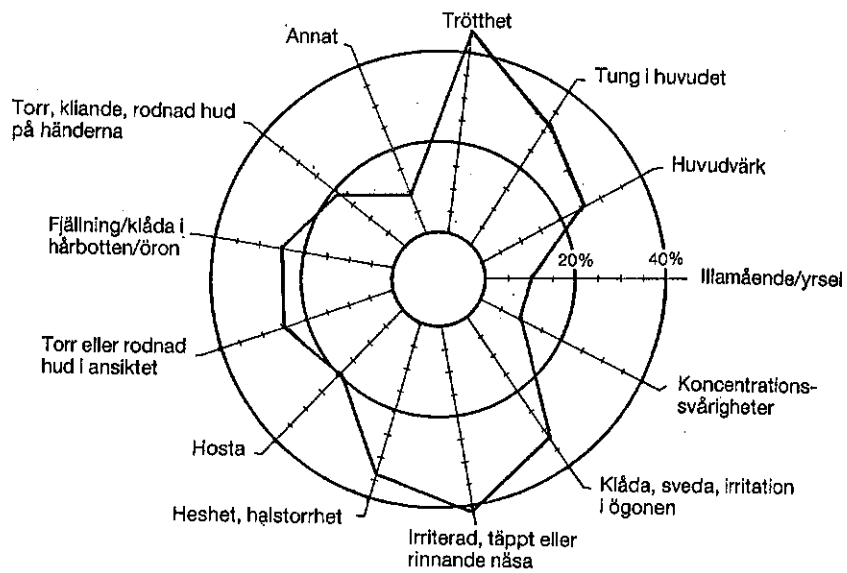
Totalhalterna i Hjärtevadshuset korrelerar dåligt mot luftomsättningsvärdena, vilket visar att styrka och karaktär på emissionskällorna i husen är högst olika. Även i hus av samma ålder skiljer sig totalhalterna och fördelningen av ingående ämnen åt. Att flera andra emissionsfaktorer än just byggmaterial är viktiga källor är en del av förklaringen. Det kan vara möbler, hushållskemikalier, verksamhet m m som tillfälligt eller mer konstant påverkar luftens VOC-sammansättning.

Några av de ämnen som åtminstone delvis kan hänföras till själva husen är terpenener och aldehyder (från trä), en del glykoletrar (eventuellt från takfärg), TXIB (möjligen från vinyltapet) och kolväten (från limmer och lacker). Naturligtvis kan samma ämnen ha flera av varandra oberoende källor.

Eftersom besvärsfrekvensen är låg i Hjärtevadshuset har det inte varit meningsfullt att utvärdera eventuella hälsoeffekter. Materialet är alltför litet för detta.

Om enkäten

I jämförelse med områden där många klagar på dålig inomhusmiljö, t ex så som skedde i bostadsområdet Enskededalen i Stockholm under 1980-talet, har de boende i Hjärtevadshuset ytterst få klagomål. (I figur 7.2 visas resultatet från ett område i Enskededalen före åtgärd. Jämför med figur 6.6).



Figur 7.2 Resultat från en enkät i Enskededalen i Stockholm. Källa Inomhusmiljön i Dalen (Bornehag 1991). Observera att Enskededalen är ett område med flerbostadshus.

8 Slutsatser

- Det finns inget i undersökningen som tyder på att kravet på ventilation i småhus skulle behöva skärpas, dvs att luftomsättningen borde vara högre.
- Luftomsättningen har försämrats med i genomsnitt 25 % sedan husen var nya. En av förklaringarna är trasig kondensator som styr strömstyrkan till husets frånluftsvärme-pump. Detta pekar på behov av funktionskontroll och lämpliga drift- och skötsel-instruktioner.
- Lufttåtheten i de Hjaltevadshus som inte är ombyggda eller renoverade har i stort sett inte förändrats alls sedan de var färdigställda. Däremot har lufttåtheten försämrats i några av de hus som byggts om, renoverats eller fått braskamin installerad. Ritnings-underlag för ombyggnad med tydliga råd och anvisningar bör finnas med i drifts- och skötselinstruktioner som husföretaget ger husägaren.
- Totalhalterna VOC varierar inom ett stort intervall (0,08-1,43 mg/m³) och har ingen tydlig koppling till vare sig husens ålder eller luftomsättningens storlek. Betydelsen av andra emissionskällor än byggmaterial och ytskikt överväger, t ex möbler, inventarier, brukarvanor etc.
- I några hus förekommer relativt höga halter av enskilda ämnen eller ämnesgrupper. En del av dessa är ospecifika och kan ha många olika källor (t ex lacknaftkolväten), andra är typiska för vissa byggmaterial (t ex TXIB från vinyltapeter och PVC-mattor).
- En enkät som besvarats av de boende visar att luftkvaliteten upplevs som bra med några få undantag.

9 Referenser

- Andersson, K., Norlén, U., (red). Bostadsbeståndets inneklimat. ELIB-rapport nr 7. Forskningsrapport TN:30. Statens Institut för Byggnadsforskning, Gävle. 1993.
- Andersson, K. et al. Questionnaire as an instrument when evaluating indoor climate. Proc. of Healthy Buildings '88, Stockholm, 1988, Vol. 3, pp.139-145.
- Att förebygga allergi/överkänslighet. Betänkande av allergiutredningen. Socialdepartementet, Stockholm, 1989, SOU 1989:76.
- Bornehag, C-G. Inomhusmiljön i Dalen. Statens råd för byggnadsforskning, R48:1991. Stockholm 1991.
- Ekstrand-Tobin, A. Samband mellan astma och inomhusmiljö. Undersökning i 60 unga astmatikers bostäder, BFR-rapport under tryckning, 1993.
- Elmroth A et al. Energisvar 87. Statens råd för byggnadsforskning, G17:1987. Stockholm 1987.
- Gustafsson, H. Kemisk emission från byggnadsmaterial. SP Rapport 1990:25. Statens Provningsanstalt, Borås. 1990.
- Malmö Fastighetskontor, Inomhusmiljöutredning i förskolor och skolor, 1992.
- Nybyggnadsregler (NR1). BFS 1988:18. Boverket, Stockholm.
- Rosell, L. High levels of a semi-voc in indoor air due to emissions from vinyl floorings. Proc of Indoor Air '90. Toronto, 1990. Vol. 3, pp 707-712.
- Rosell, L. Optimering av provtagningsvariabler vid VOC-mätning med 35 mg Tenax-adsorbent. SP Arbetsrapport 1992:07. Statens Provningsanstalt, Borås. 1992.
- Sundell, J. Ventilationsbehov - uteluftsflöden. Rapport från Nordiskt seminarium januari 1989. Rapport R2:1991. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm, 1991.
- Svensk Byggnorm, SBN 1980. Utgåva 2. Statens Planverks Författningssamling PFS 1983:2.
- Åberg, N. Allergic diseases in childhood and adolescence in relation to background factors. Dept. of Pediatrics I, Gothenburg University. Göteborg. 1988.

Luftomsättning i 44 Hjaltevadshus

Husnr	Luftomsättning vid färdigställandet, oms/h	Luftomsättning vid uppföljningen, oms/h	Reducering av luftomsättningen oms/h	Reducering av luftomsättningen %	Anmärkningar
1	0,57	0,55	0,02	4	
2	0,70	0,38	0,32	46	
3	0,51	0,44	0,07	14	Fläkt bytt
4	0,64	0,50	0,14	22	Fläkt bytt 91
5	0,77	0,62	0,15	19	
6	0,69	0,43	0,26	38	Lägre inställning på frånluftsfläkten
7	0,76	0,54	0,22	29	Alla tilluftsventiler stängda vid besök två
8	0,80	0,70	0,10	13	En tilluftsventil stängd vid besök två
9	0,70	0,56	0,14	20	
10	0,83	0,44	0,39	47	
11	0,70	0,55	0,15	21	Fläkt bytt 90
12	0,58	<0,10	>0,48	>83	Stillastående fläkt 92
13	0,71	0,52	0,19	27	
16	0,60	0,41	0,19	32	Fläkt bytt 89
17	0,59	0,57	0,02	3	
18	0,50	0,35	0,15	30	Fläktlager bytt
19	0,52	0,39	0,13	25	
20	0,69	0,58	0,11	16	Alla tilluftsventiler stängda vid besök två
21	0,59	0,48	0,11	19	
22	0,69	0,59	0,10	14	
23	0,74	0,56	0,18	24	
24	0,58	0,38	0,20	34	
25	0,70	0,54	0,16	23	
26	0,74	0,70	0,04	5	
27	0,78	0,77	0,01	1	
28	0,77	0,41	0,36	47	
29	0,56	0,41	0,15	27	
30	0,61	0,40	0,21	34	
31	0,67	0,54	0,13	19	
32	0,74	0,59	0,15	20	
33	0,64	0,48	0,16	25	
34	0,65	0,55	0,10	15	
35	0,68	0,57	0,11	16	
36	0,70	0,21	0,49	70	Alla tilluftsventiler stängda vid besök två
37	0,70	0,59	0,11	16	
38	0,63	0,67	-0,04	-6	
39	0,76	0,50	0,26	34	
40	0,80	0,52	0,28	35	
41	0,64	0,40	0,24	38	
42	0,74	0,59	0,15	20	
43	0,59	0,31	0,28	47	
44	0,69	0,59	0,10	14	
45	0,56	0,50	0,06	11	
46	0,83	0,75	0,08	10	
Medel	0,67	0,51	0,17	25	
Min	0,50	0,10	-0,04	-6	
Max	0,83	0,77	0,49	83	
Std	0,086	0,131	0,114	16,957	
Median	0,69	0,53	0,15	22	

Lufttätet i 44 Hjaltevadshus

Husnr	Byggår	Otätthetsfaktor vid färdigställandet, oms/h	Otätthetsfaktor vid uppföljningen, oms/h	Förändring av otätthetsfaktor, oms/h	Plan, antal	Volym, m ³	Anmärkingar
1	87	0,85	0,95	0,10	1½	386	
2	87	0,65	1,50	0,85	1½	370	Inrett vinden
3	87	1,15	1,20	0,05	1½	392	
4	87	2,70	1,70	-1,00	2	460	
5	88	2,00	2,60	0,60	1½	230	
6	85	2,10	2,00	-0,10	1½	386	
7	85	0,68	1,20	0,52	1	295	
8	83	0,82	0,89	0,07	1	257	Pulserande fläkt
9	82	0,83	1,07	0,24	1	257	
10	83	0,65	0,88	0,23	1½	375	Inrett vinden
11	84	0,77	1,20	0,43	1	295	
12	86	0,78	0,57	-0,21	1½	386	
13	89	0,80	0,85	0,05	1	230	
16	87	1,00	1,20	0,20	1½	386	
17	89	0,60	0,63	0,03	1	230	
18	86	0,89	1,10	0,21	1½	386	
19	88	0,90	Ej mätt		2	460	Kamin under installation 92
20	88	0,80	2,20	1,40	1½	340	Inrett vinden 91
21	89	1,00	1,30	0,30	1½	386	
22	84	0,60	0,66	0,06	1	295	
23	84	0,90	1,00	0,10	1	278	WC-fönster tätat vid uppföljning
24	88	1,00	1,20	0,20	2	460	
25	89	0,70	1,00	0,30	1	346	
26	86	0,53	0,74	0,21	1	230	
27	86	0,95	1,20	0,25	1	230	
28	89	0,90	2,00	1,10	1½	340	
29	87	0,88	1,18	0,30	1	226	
30	83	2,40	2,40	0	1½	378	
31	88	0,70	0,53	-0,17	1	230	
32	89	0,70	0,80	0,10	1	278	
33	83	0,69	1,70	1,01	1½	340	Inrett vinden 86
34	88	3,20	2,90	-0,30	1½	386	
35	86	1,10	1,20	0,10	1½	218	
36	86	1,40	1,40	0	1½	218	
37	89	1,10	1,60	0,50	1	344	
38	89	1,60	Ej mätt		1½	386	Ej mätt på grund av att det ej gick att täta ventilationssystemet
39	84	0,44	0,44	0	1	257	
40	85	0,74	0,74	0	1½	380	Inrett vinden 86
41	89	0,70	1,20	0,50	1½	386	
42	89	0,60	0,90	0,30	1	278	
43	83	0,80	3,80	3,00	1½	378	Inrett vinden 89
44	88	0,80	0,85	0,05	1	230	
45	88	0,90	0,96	0,06	1½	380	Inredning av vind pågår
46	88	0,60	0,70	0,10	1	278	
Medel	87	1,02	1,29	0,28	1 plan: 19	324	
Min	82	0,44	0,44	-1,00	1½ pl: 22	218	
Max	89	3,20	3,80	3,00	2 plan: 3	460	
Std		0,589	0,688	0,582		73	
Median	87	0,83	1,19	0,15		340	

Gaskromatogram

På följande sidor presenteras gaskromatogram erhållna från FID-signalen vid analys av rumsluftprover och utomhusprover från samtliga hus. I de flesta fall är provvolymen luft 10 l varför gaskromatogrammen är både kvalitativt och kvantitativt jämförbara med varandra. I några fall är gaskromatogrammen från 3,5 litersprov, vilket då har angetts.

Totalhalten VOC (TVOC) har beräknas från den integrerade totalarean av alla toppar, 0 till 45 minuter.

I de prov där identifiering har skett av ingående ämnen med hjälp av masspektrometri har topparna namngetts. Även i en del andra prov har karakteristiska ämnen markerats, om risken för felaktig identifiering enbart med hjälp av retentionstiden bedömts vara försumbar.

Vid några tidiga analystillfällen visade sig en del adsorbentrör vara kontaminerade. Detta upptäcktes genom att flyktiga organiska ämnen påvisades även i "nollprov", dvs Tenaxrör som ej provtagits men som medföljt övriga rör ut i husen. Efter avsevärt detektivarbete visade sig ett visst parti av de proppar som används för att försluta rören vara orsaken. Dessa var nya och till skillnad från tidigare leveranser kontaminerade med lösningsmedel (främst 1,1,1-triklorethan, 1,4-dioxan samt 2-etoxyetylacetat), vilka sedan "smittade" de adsorbentrör de egentligen var avsedda att skydda. Bidraget av dessa tre ämnen har räknats av från totalhalten i de prov där de förekommit. I bilagda kromatogram är ämnena markerade med ett x.

Analysdata: (se även metodavsnittet)

Termisk desorption: 250 °C i 5 minuter till kylfälla Tenax, -30 °C, därefter 250 °C i 2 minuter på kylfällan Transferline: 200 °C

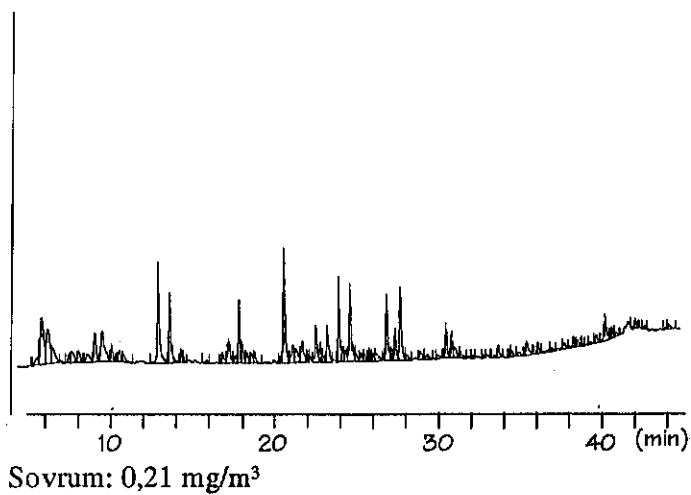
Kolonn: "HP1" (Hewlett Packard), en 50 m opolär kapillärkolonn, "fused silica", 0,32 mm i.d., 1 µm fastjocklek.

Splitt till FID respektive MSD

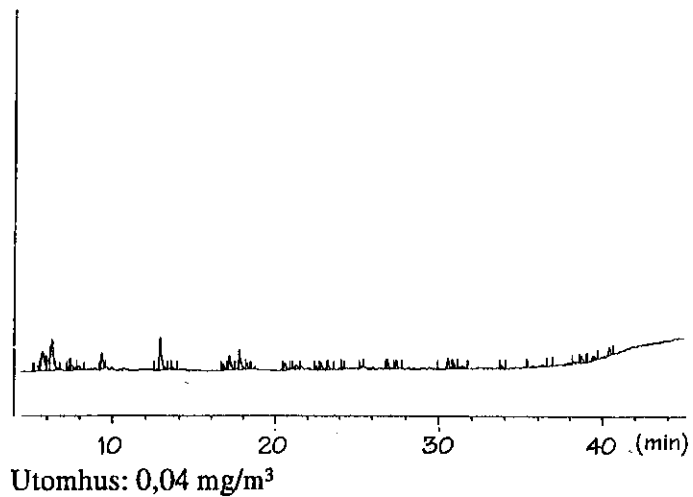
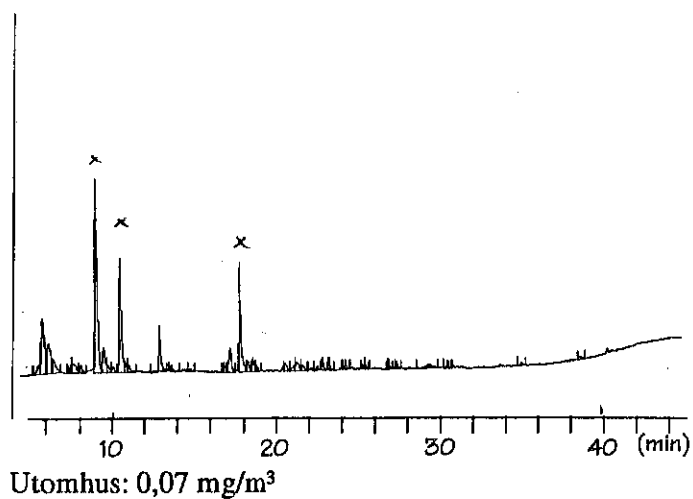
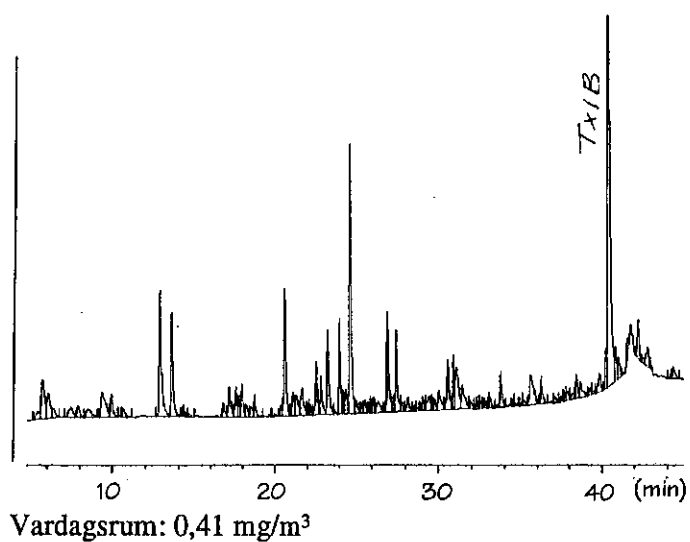
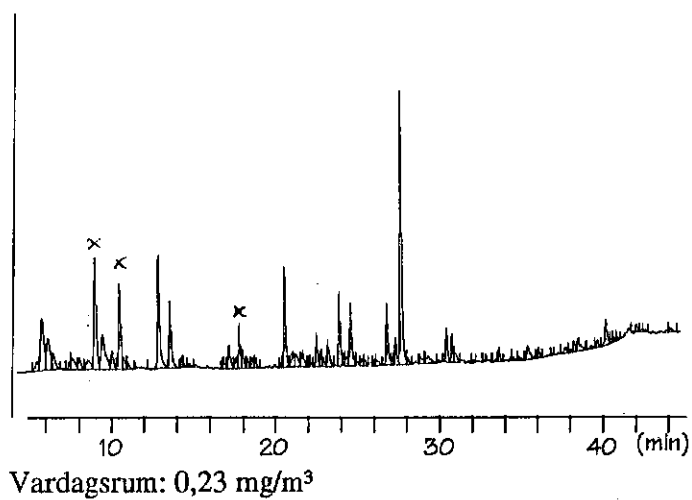
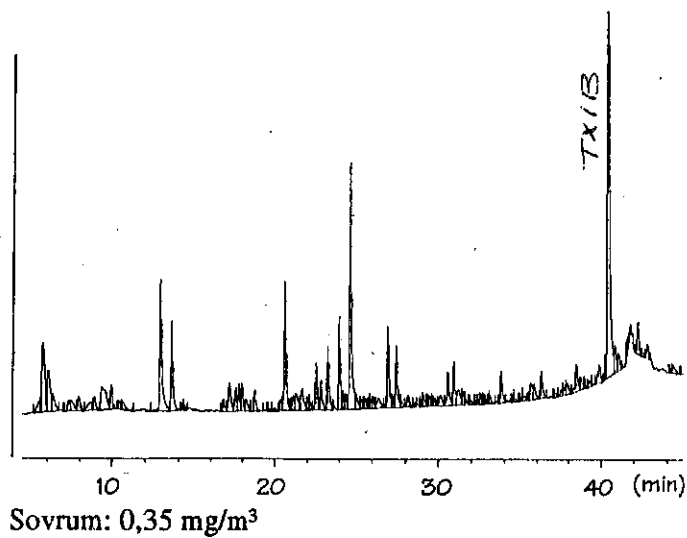
Detektortemperatur (FID): 300 °C

Bärgas: He Tryck: 81 kPa

Gaskromatogram från hus nr 1.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

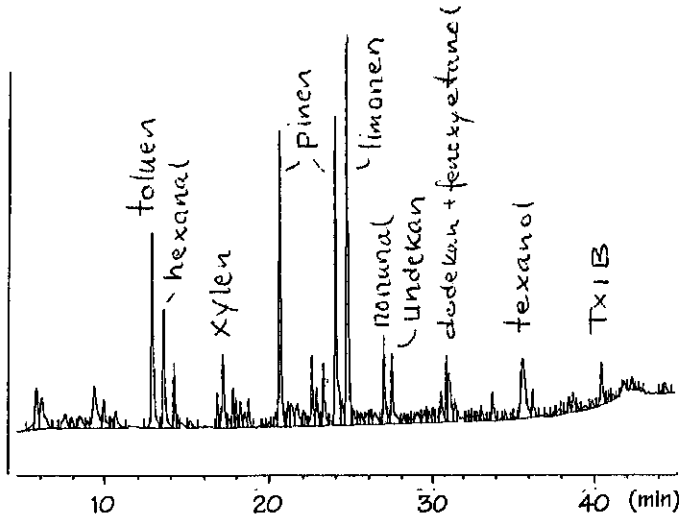


Gaskromatogram från hus nr 2.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Gaskromatogram från hus nr 3.

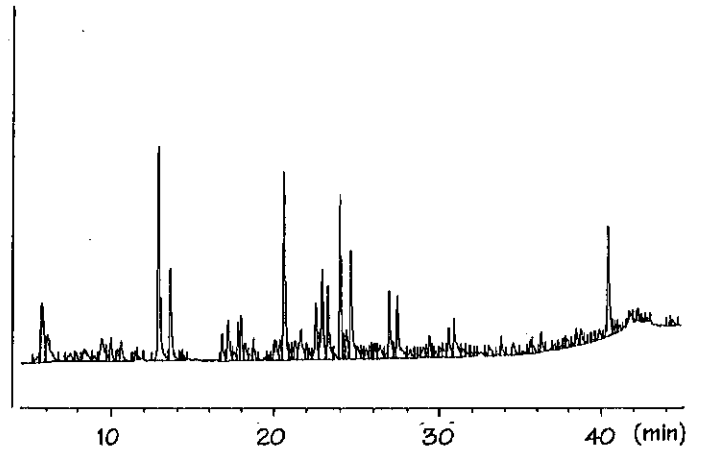
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



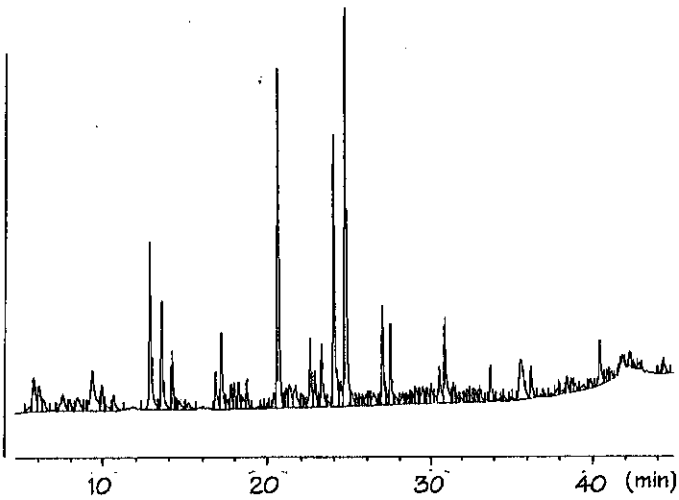
Sovrum: 0,40 mg/m³

Gaskromatogram från hus nr 4.

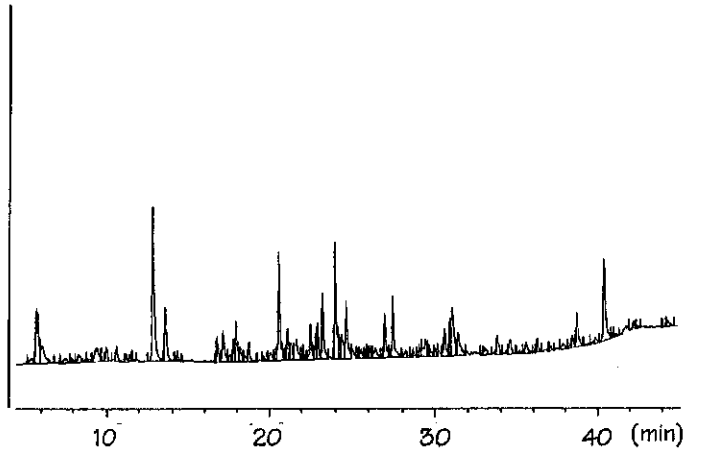
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



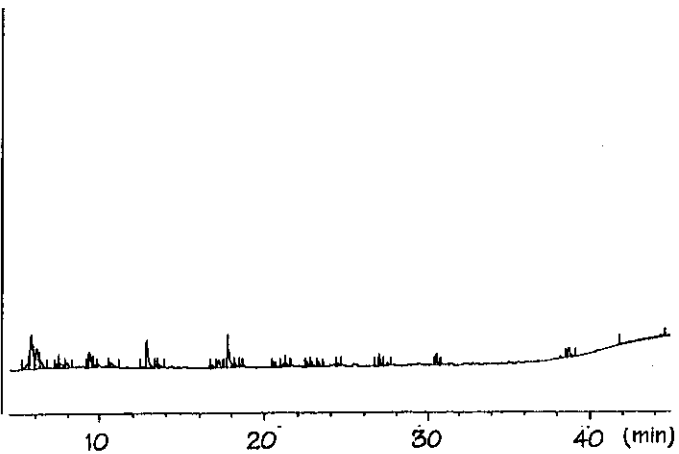
Sovrum: 0,31 mg/m³



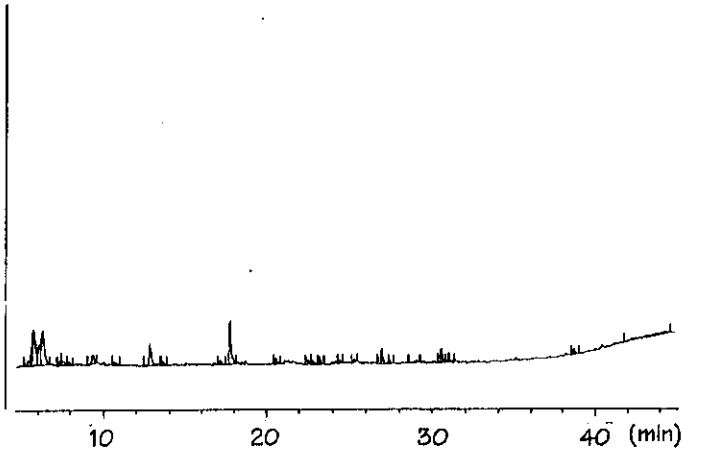
Vardagsrum: 0,39 mg/m³



Vardagsrum: 0,23 mg/m³

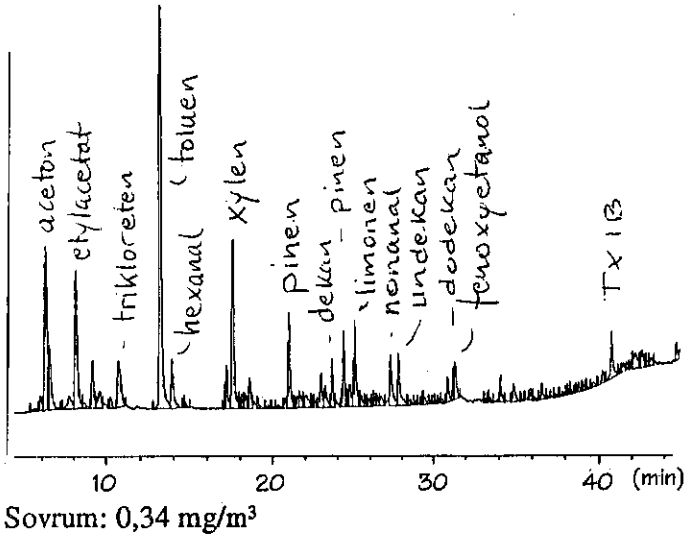


Utomhus: 0,04 mg/m³

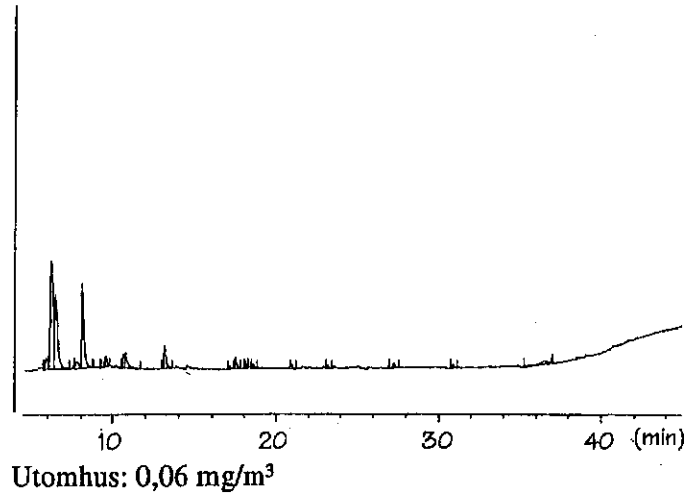
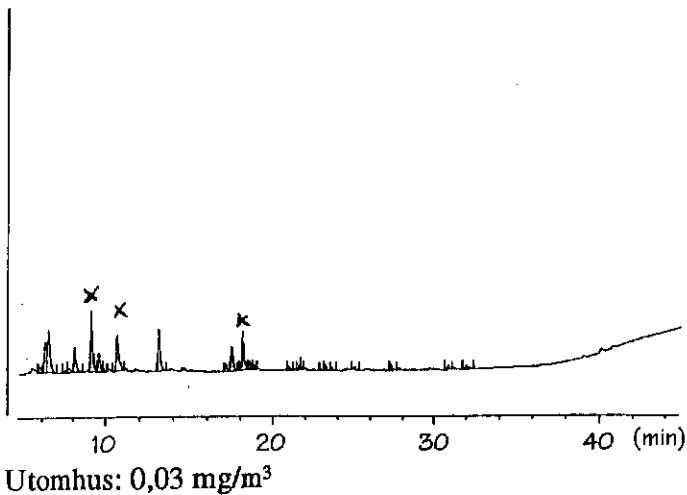
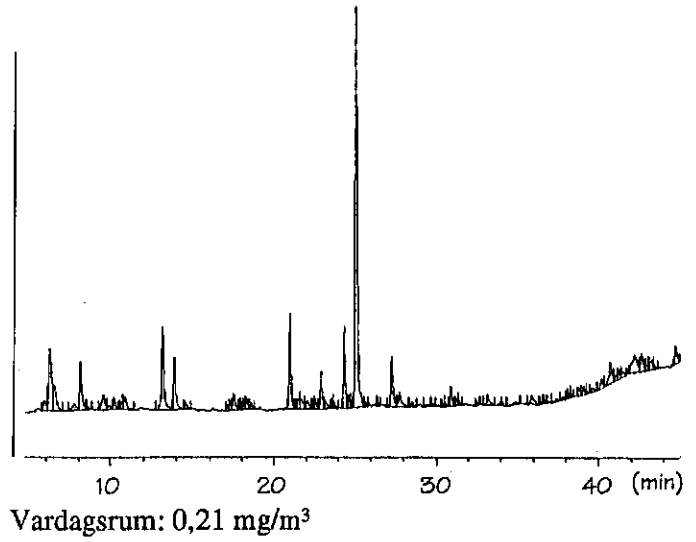
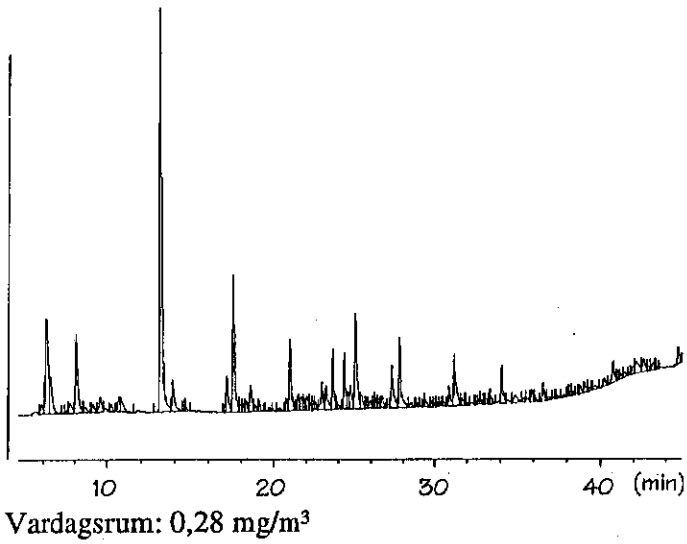
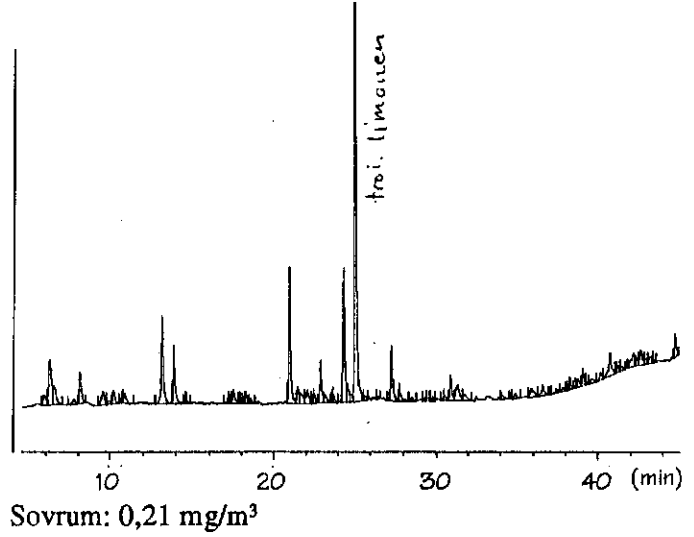


Utomhus: 0,04 mg/m³

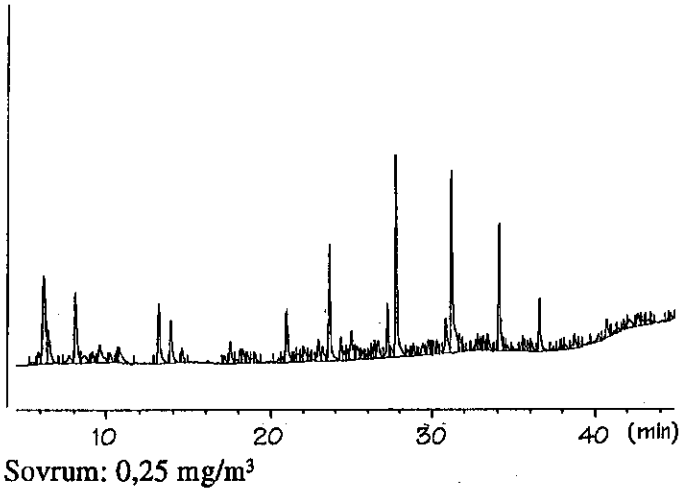
Gaskromatogram från hus nr 5.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



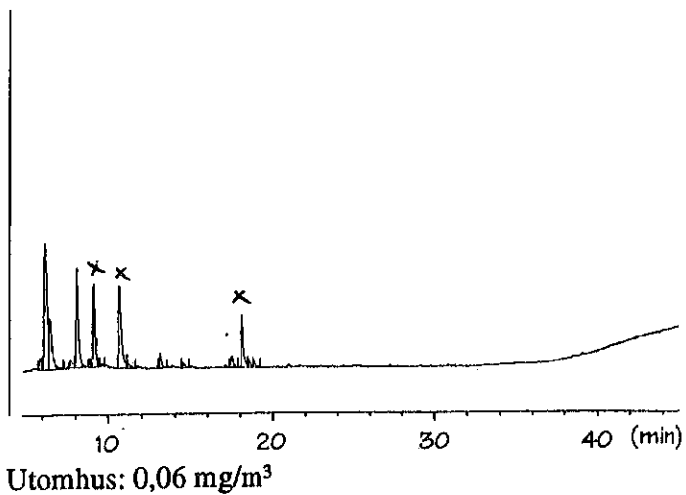
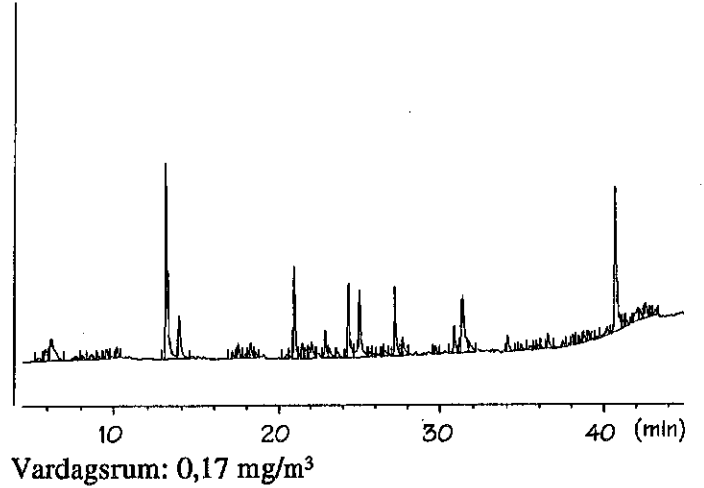
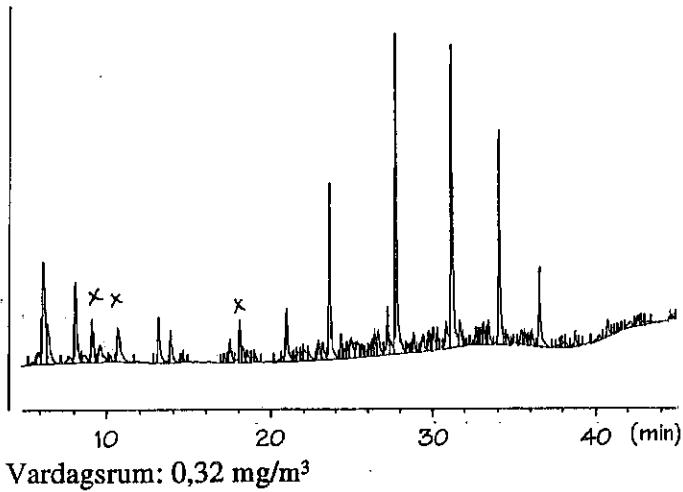
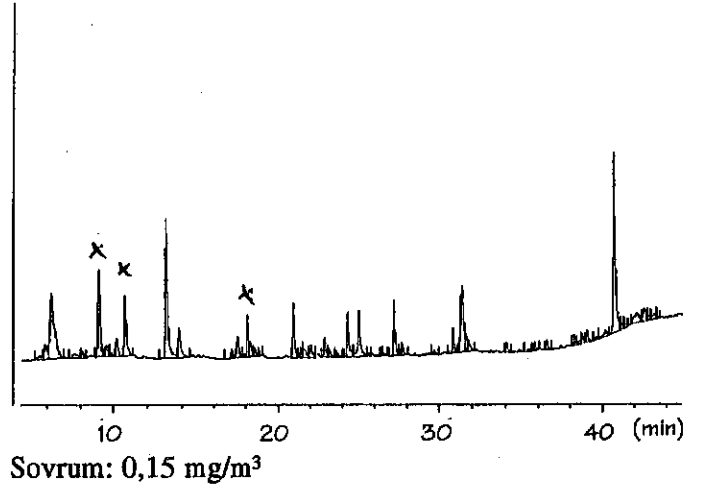
Gaskromatogram från hus nr 6.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Gaskromatogram från hus nr 7.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



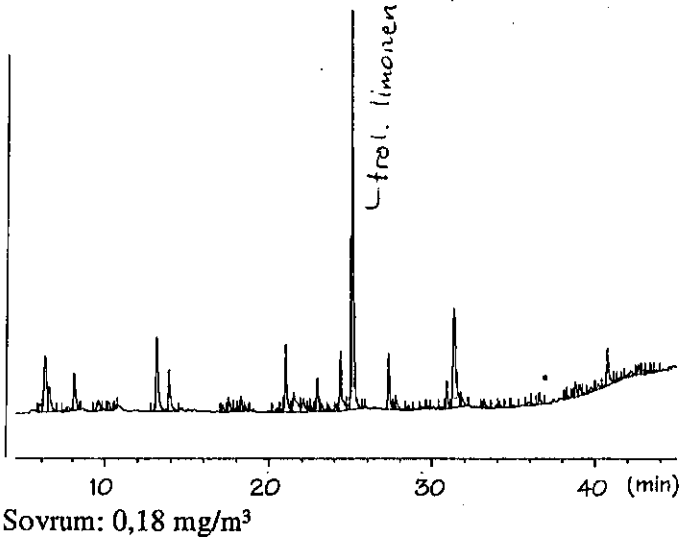
Gaskromatogram från hus nr 8.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



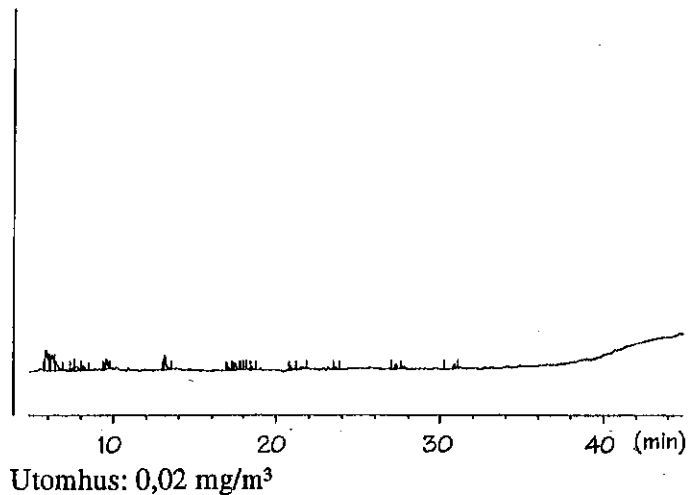
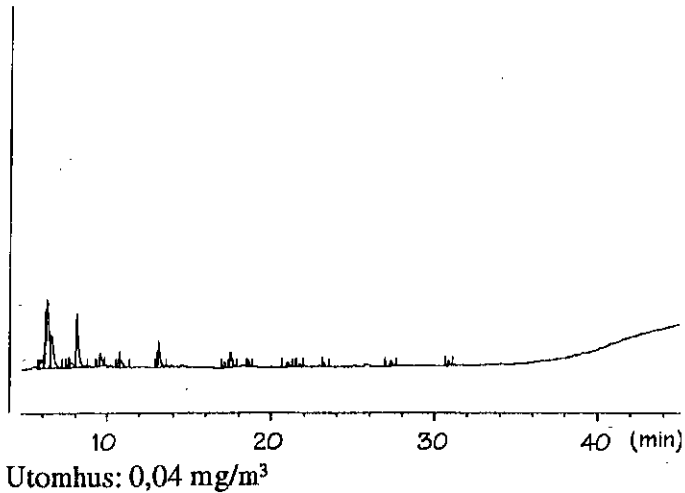
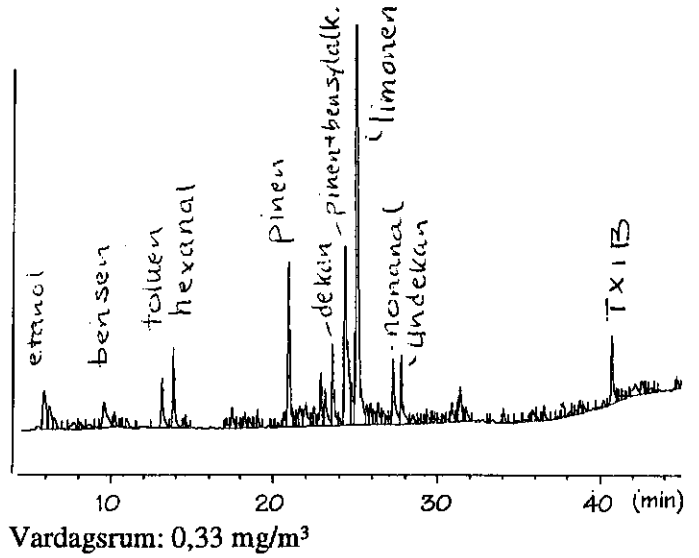
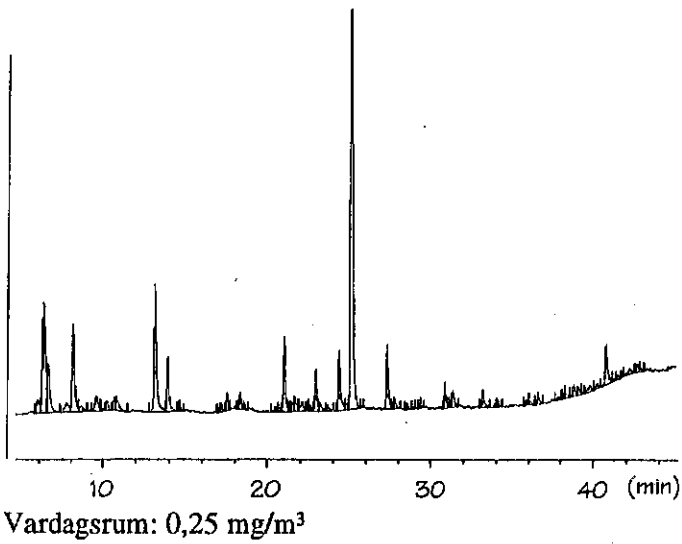
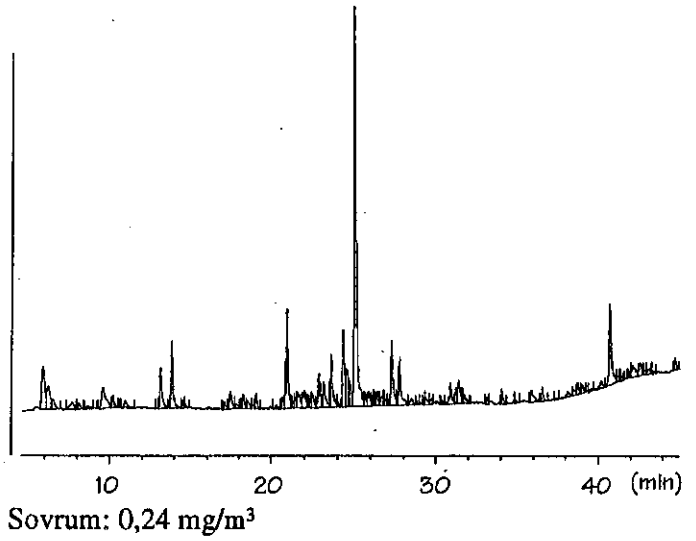
Se hus nr 9, gemensamt uteluftprov.

Utomhus: 0,04 mg/m³

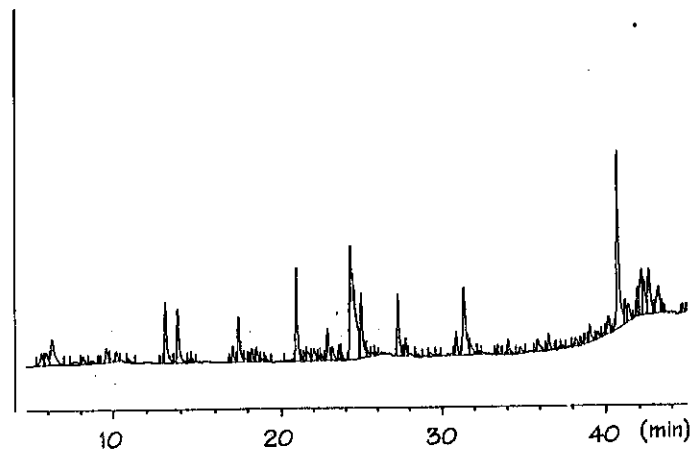
Gaskromatogram från hus nr 9.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Gaskromatogram från hus nr 10.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

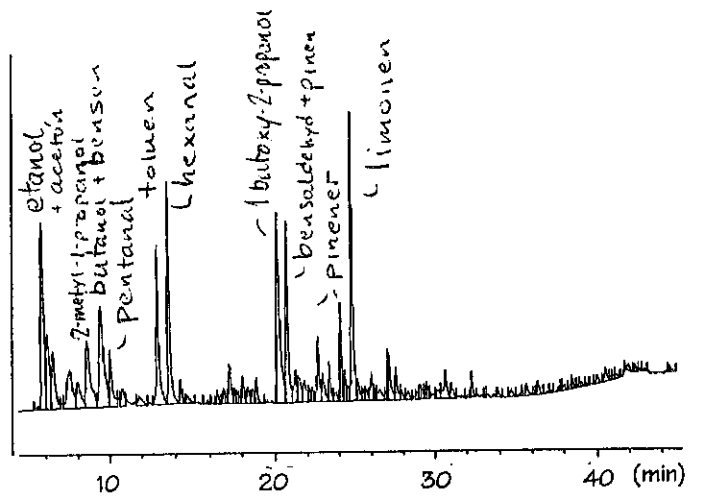


Gaskromatogram från hus nr 11.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

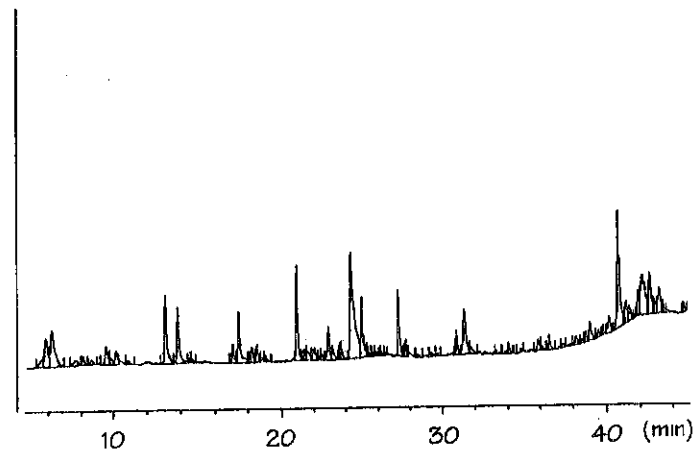


Sovrum: 0,23 mg/m³

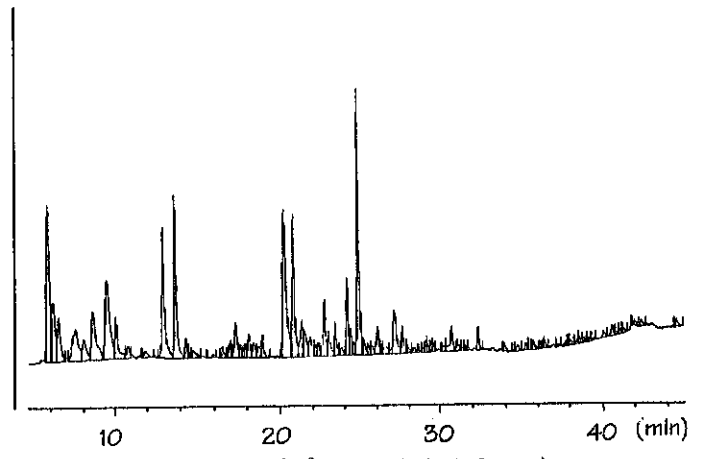
Gaskromatogram från hus nr 12.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



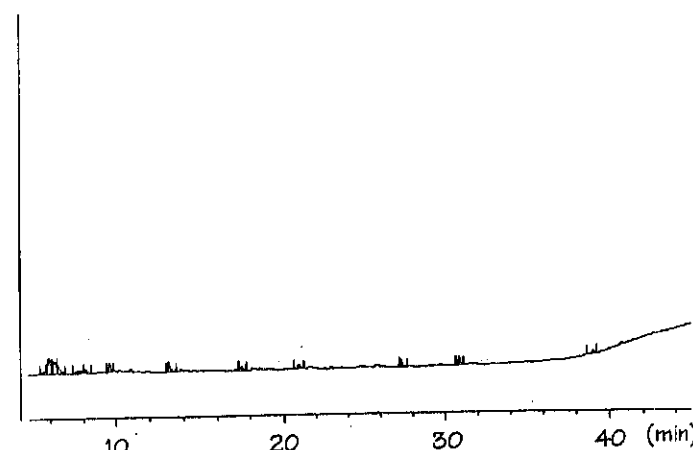
Sovrum: 0,31 mg/m³. (Obs. 3,5 l luftprov)



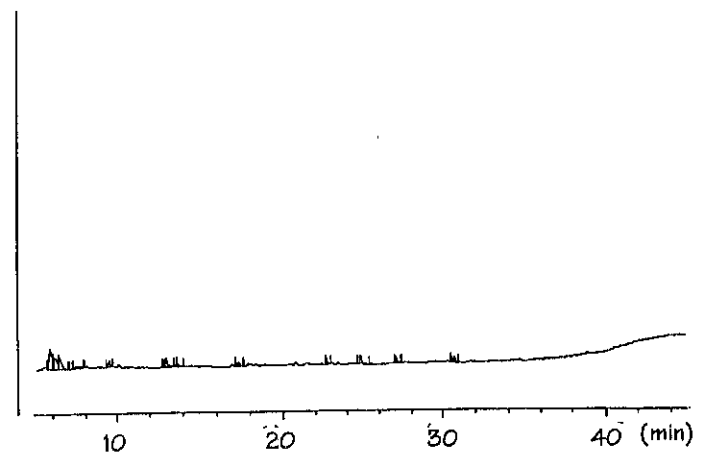
Vardagsrum: 0,21 mg/m³



Vardagsrum: 1,07 mg/m³. (Obs. 3,5 l luftprov)



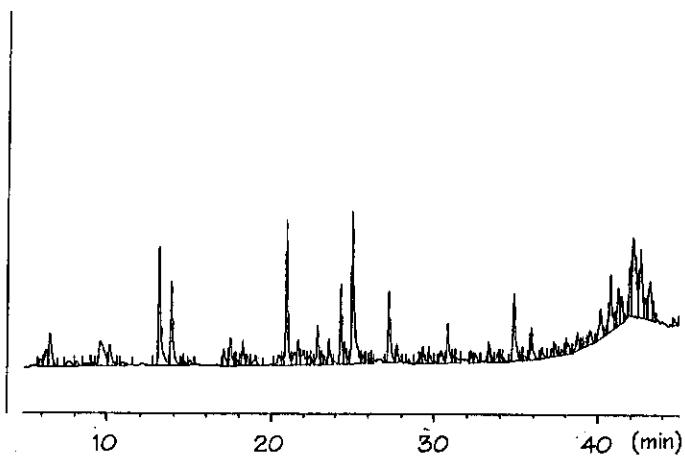
Utomhus: 0,01 mg/m³



Utomhus: 0,04 mg/m³. (Obs. 3,5 l luftprov)

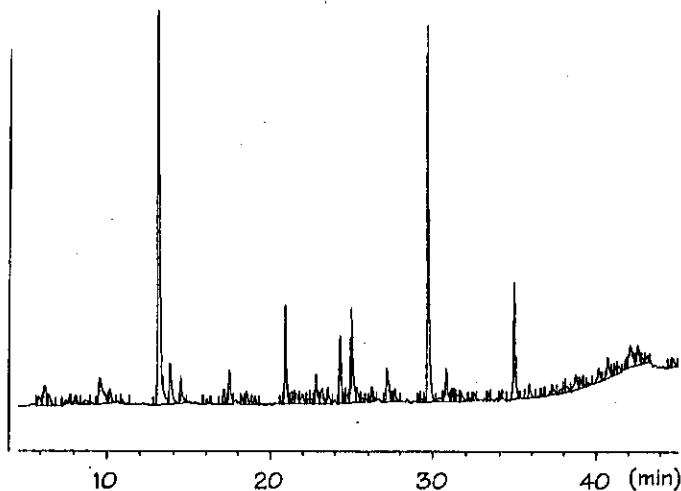
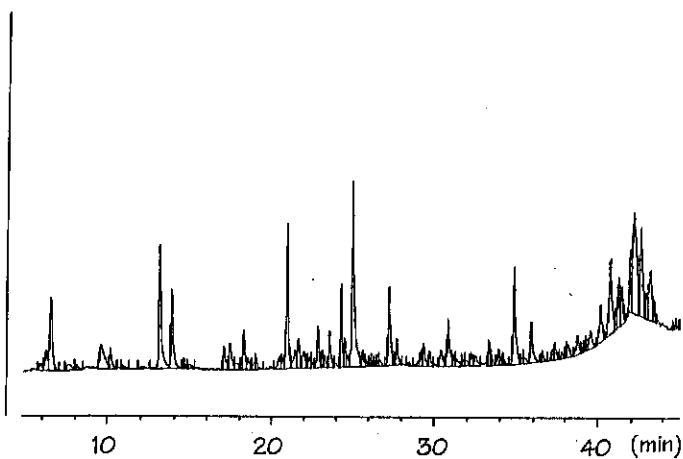
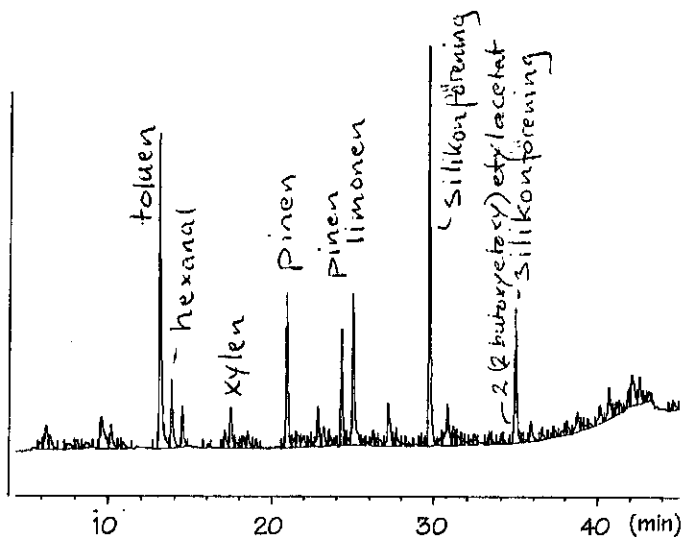
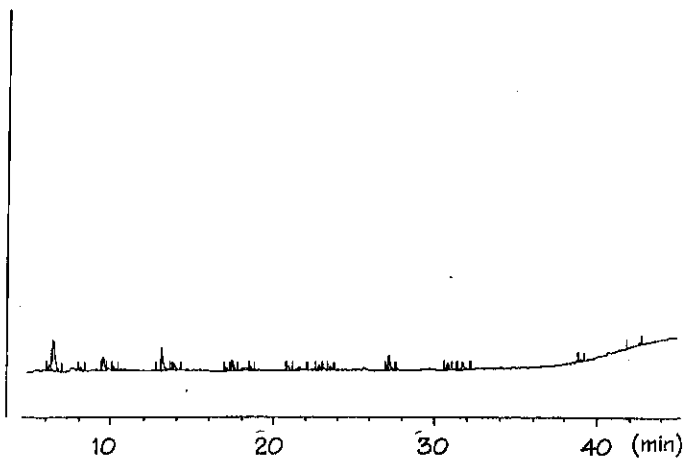
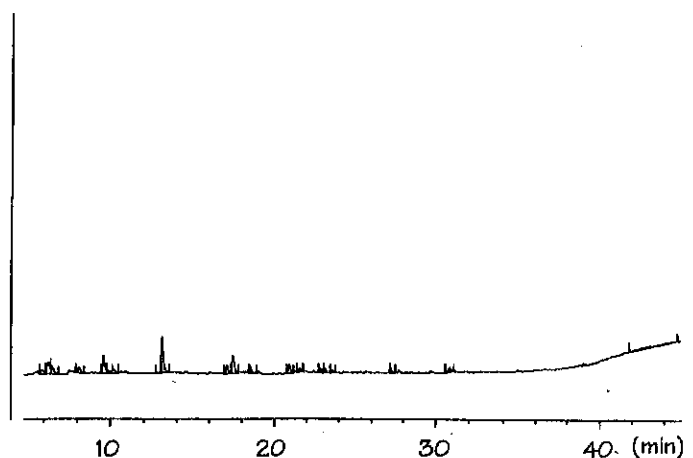
Gaskromatogram från hus nr 13.

Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

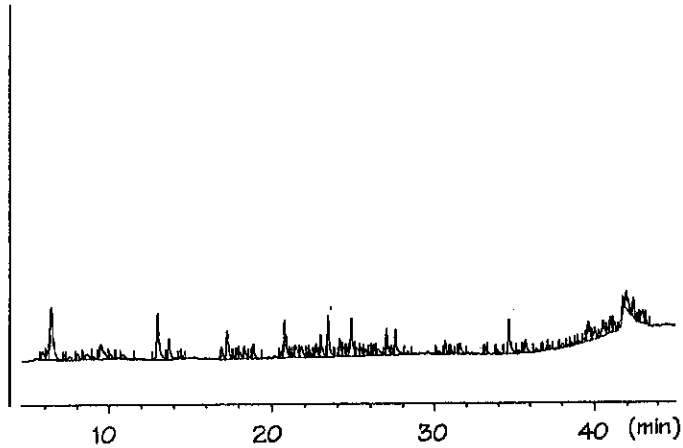
Sovrum: 0,29 mg/m³

Gaskromatogram från hus nr 16.

Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

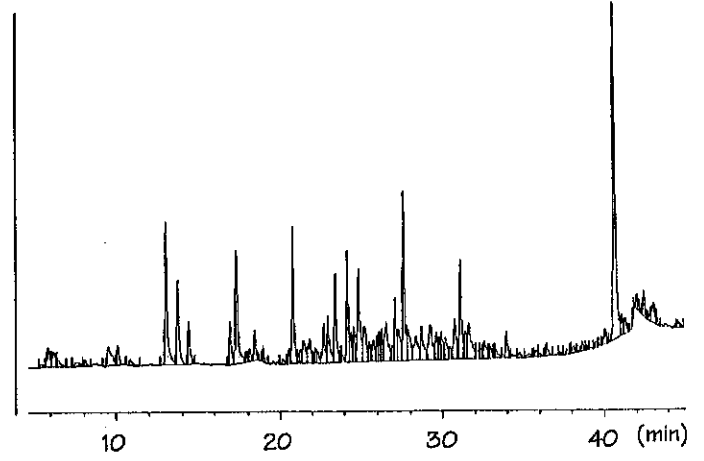
Sovrum: 0,24 mg/m³Vardagsrum: 0,35 mg/m³Vardagsrum: 0,30 mg/m³Utomhus: 0,02 mg/m³Utomhus: 0,02mg/m³

Gaskromatogram från hus nr 17.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

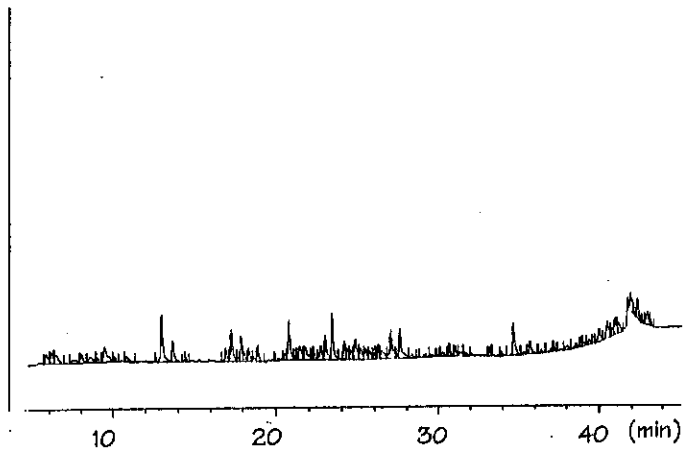


Sovrum: 0,42 mg/m³. (Obs. 3,5 l luftprov)

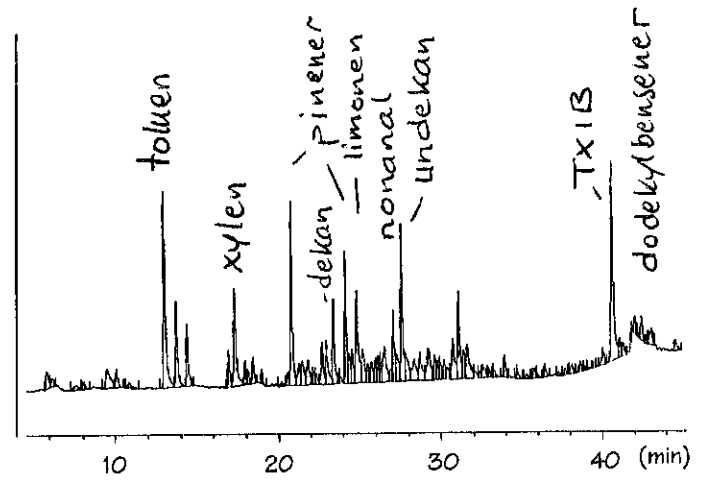
Gaskromatogram från hus nr 18.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



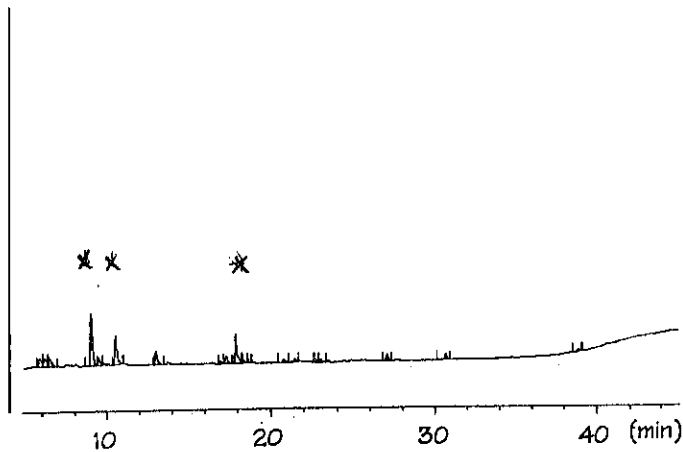
Sovrum: 0,42 mg/m³



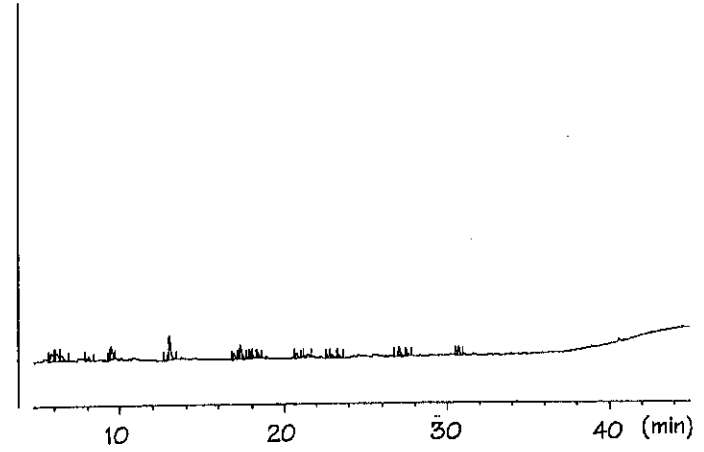
Vardagsrum: 0,43 mg/m³. (Obs. 3,5 l luftprov)



Vardagsrum: 0,40 mg/m³

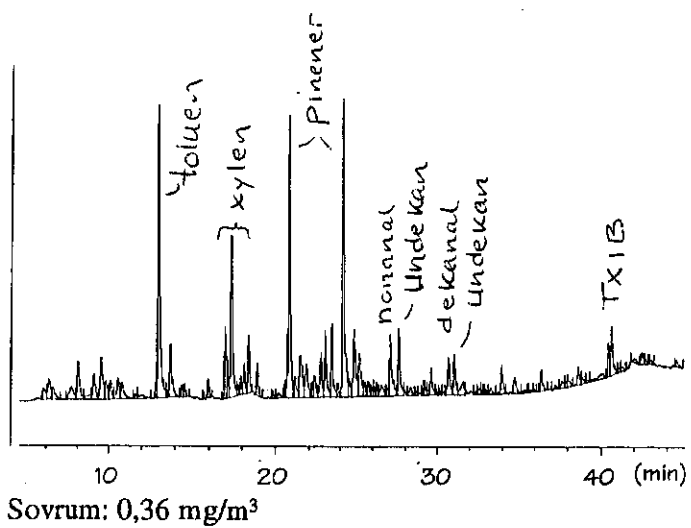


Utomhus: 0,03 mg/m³. (Obs. 3,5 l luftprov)

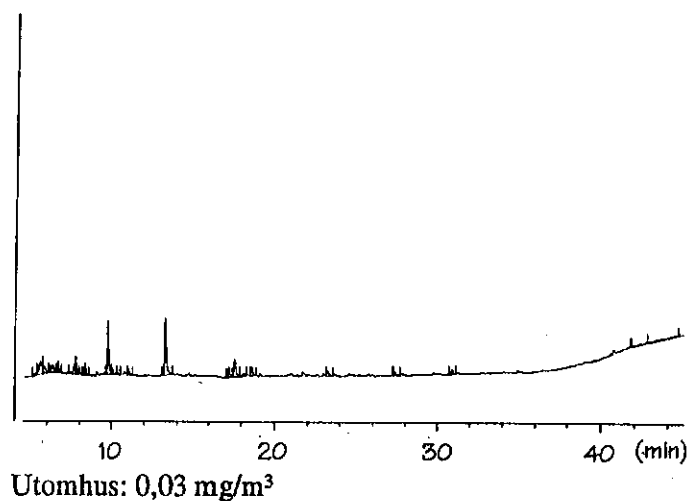
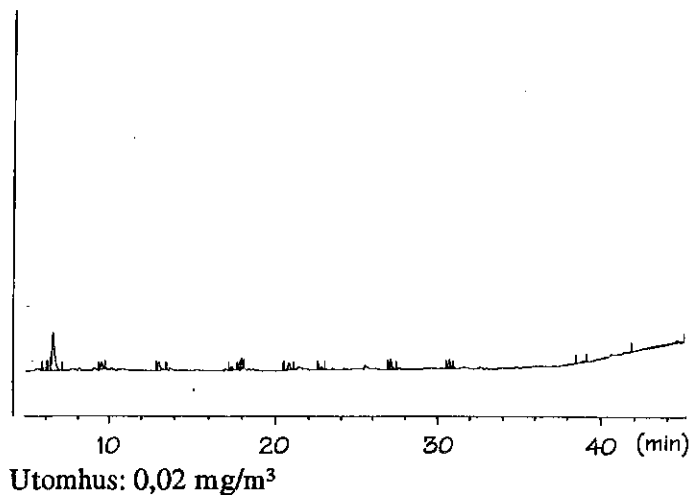
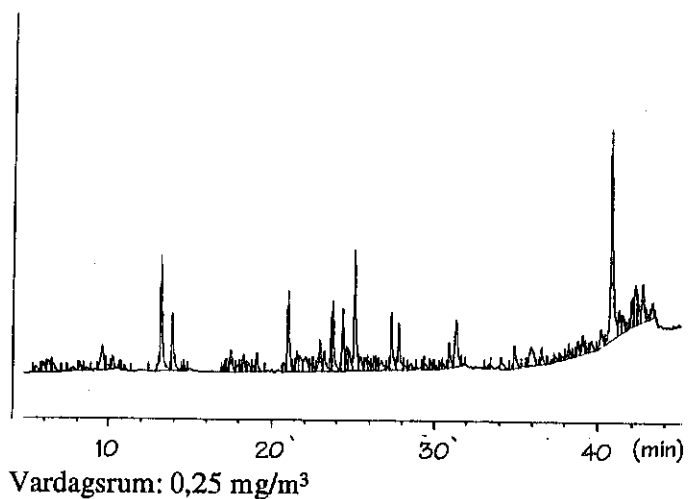
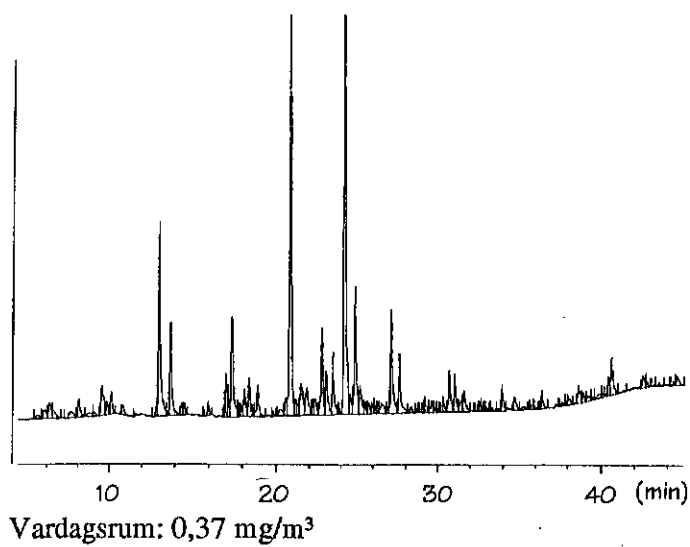
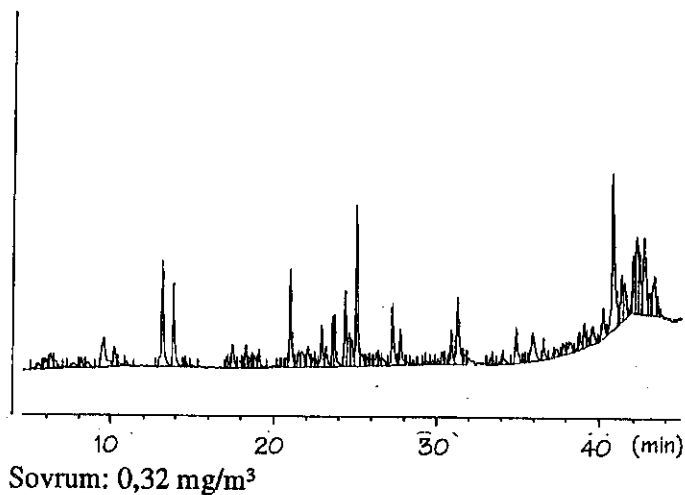


Utomhus: 0,02 mg/m³

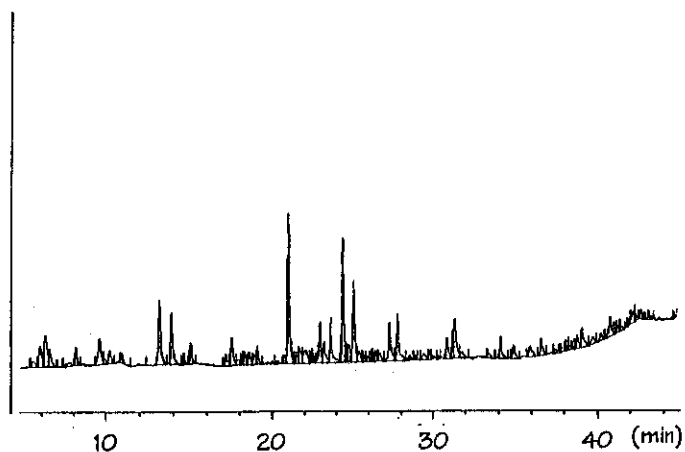
Gaskromatogram från hus nr 19.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Gaskromatogram från hus nr 20.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

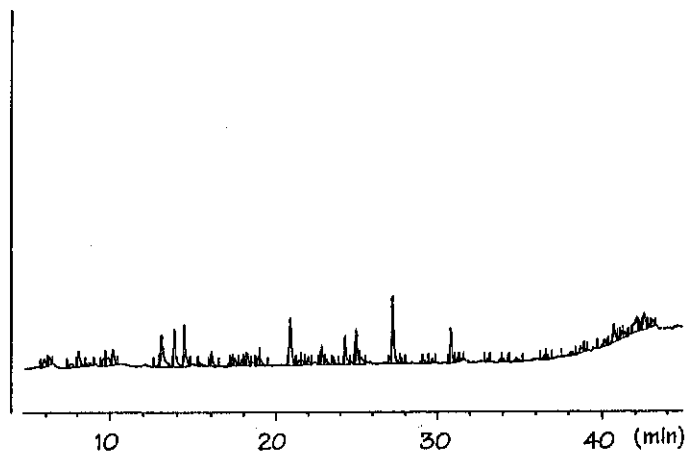


Gaskromatogram från hus nr 21.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

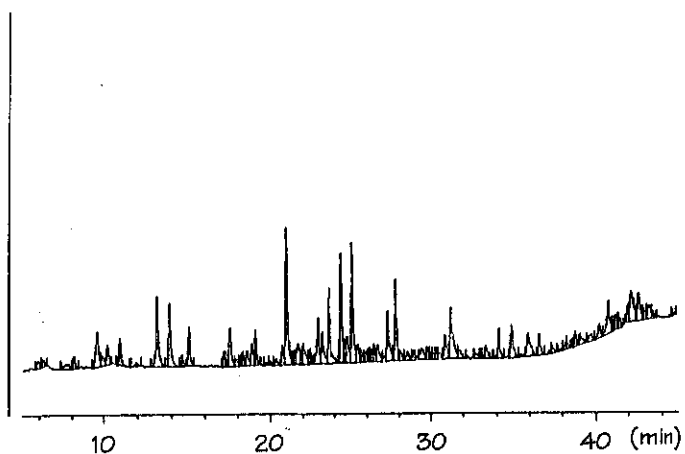


Sovrum: 0,19 mg/m³

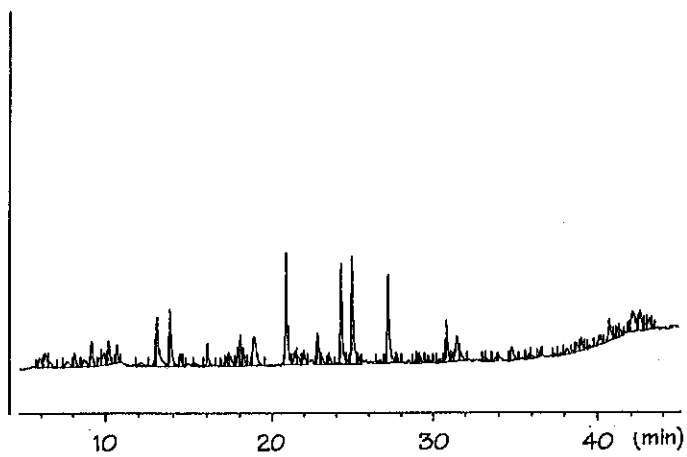
Gaskromatogram från hus nr 22.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



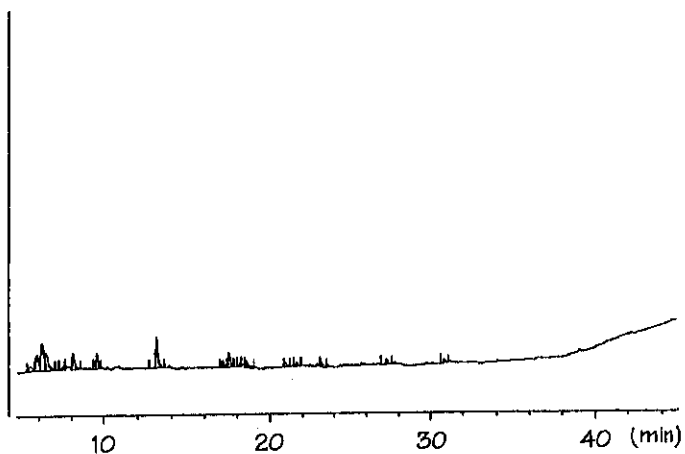
Sovrum: 0,09 mg/m³



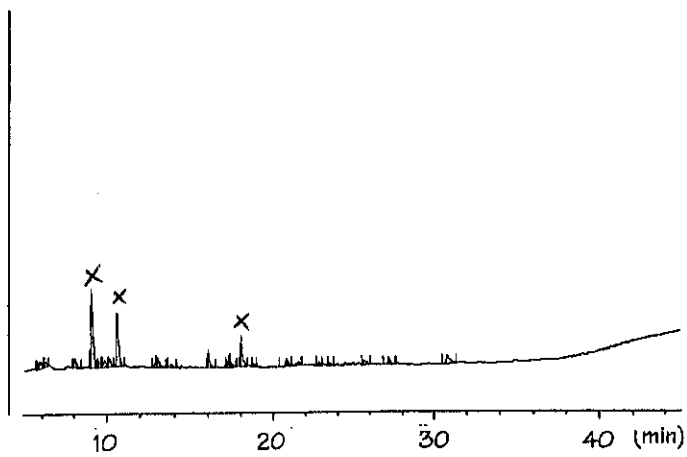
Vardagsrum: 0,27 mg/m³



Vardagsrum: 0,17 mg/m³



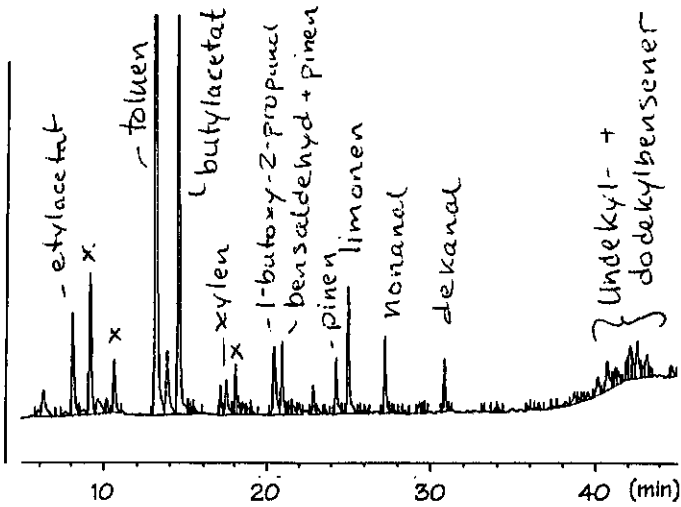
Utomhus: 0,03 mg/m³



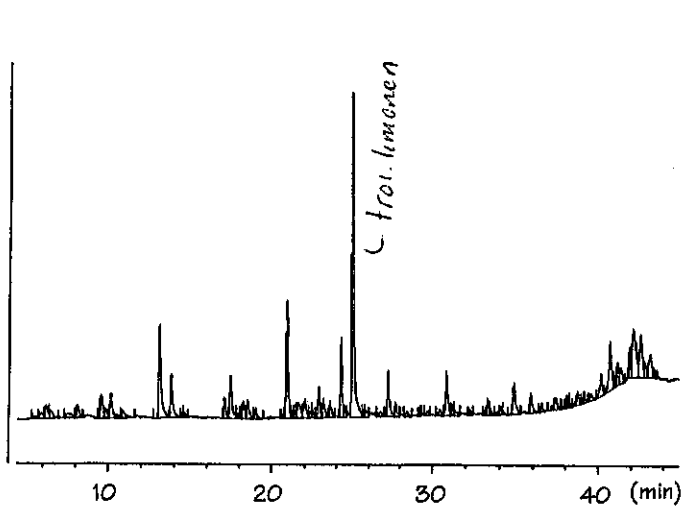
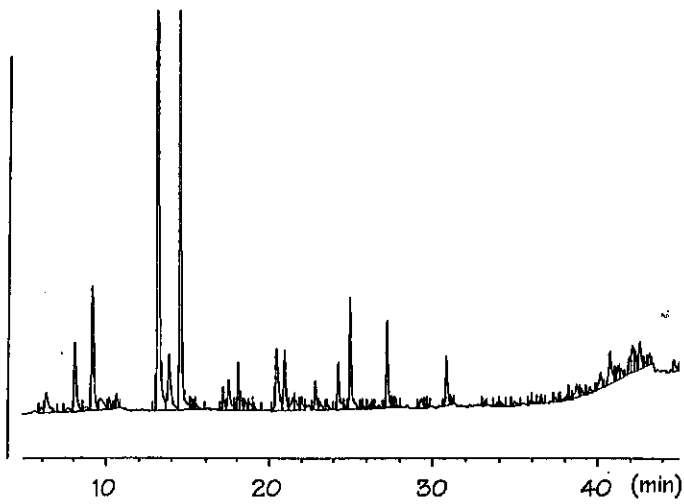
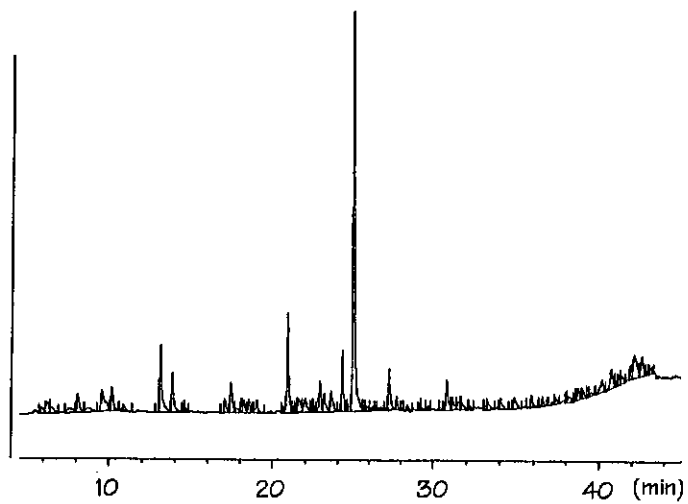
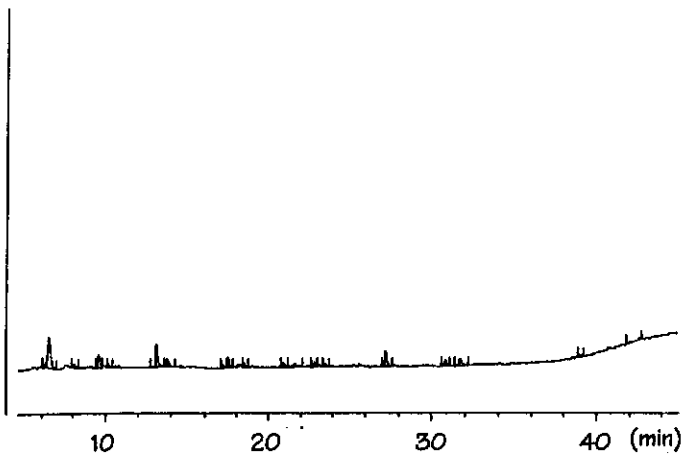
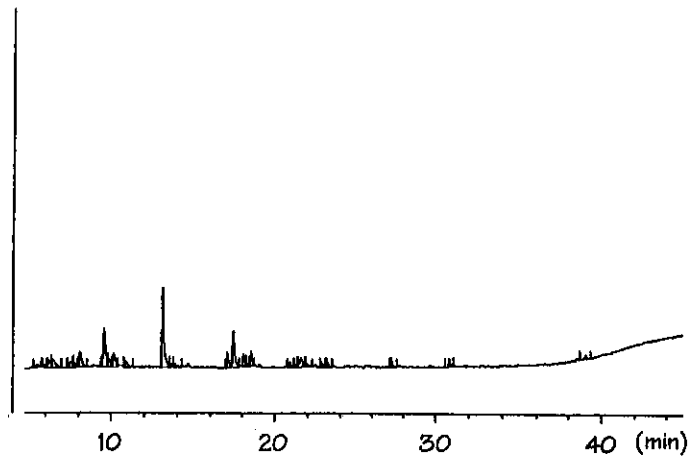
Utomhus: 0,04 mg/m³

Gaskromatogram från hus nr 23.

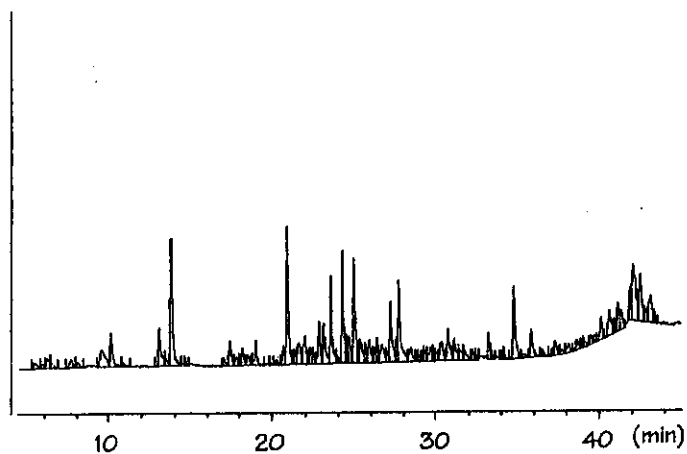
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

Sovrum: 0,40 mg/m³**Gaskromatogram från hus nr 24.**

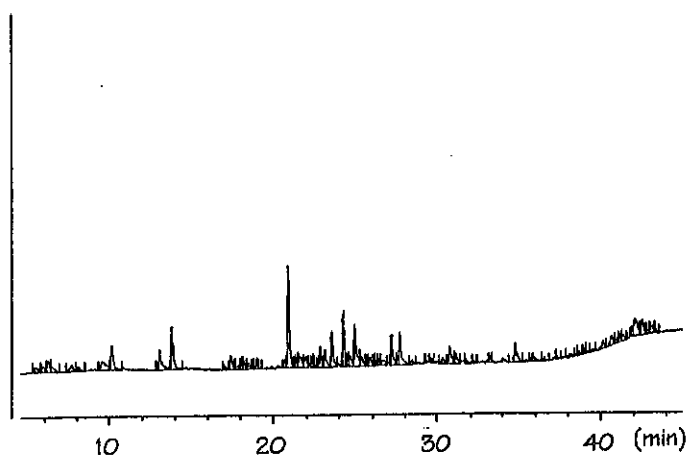
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

Sovrum: 0,23 mg/m³Vardagsrum: 0,33 mg/m³Vardagsrum: 0,19 mg/m³Utomhus: 0,04 mg/m³Utomhus: 0,05 mg/m³

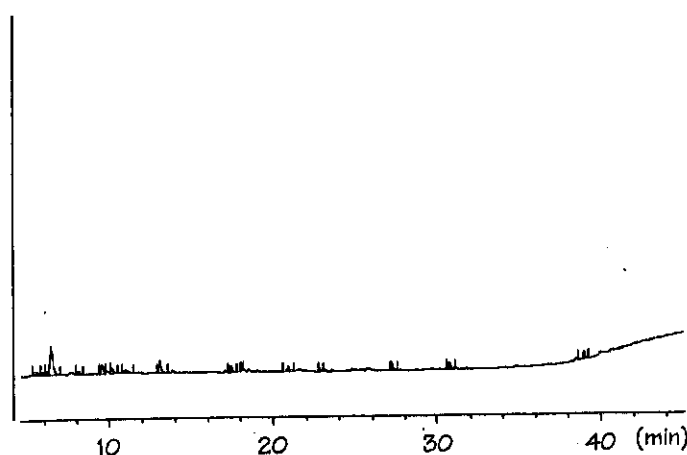
Gaskromatogram från hus nr 25.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Sovrum: 0,30 mg/m³

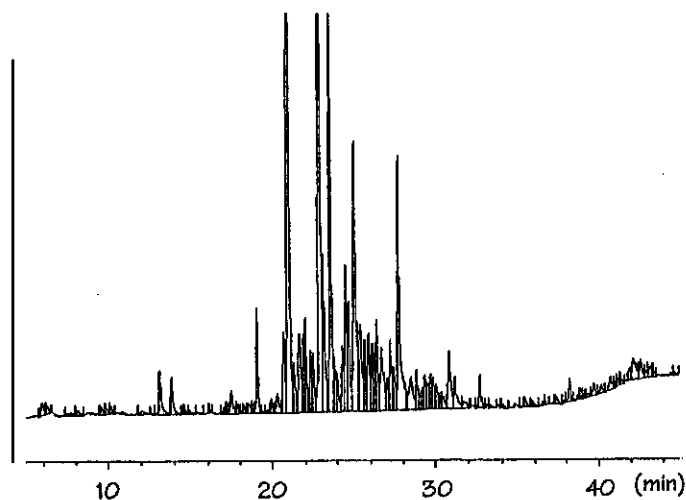


Vardagsrum: 0,12 mg/m³

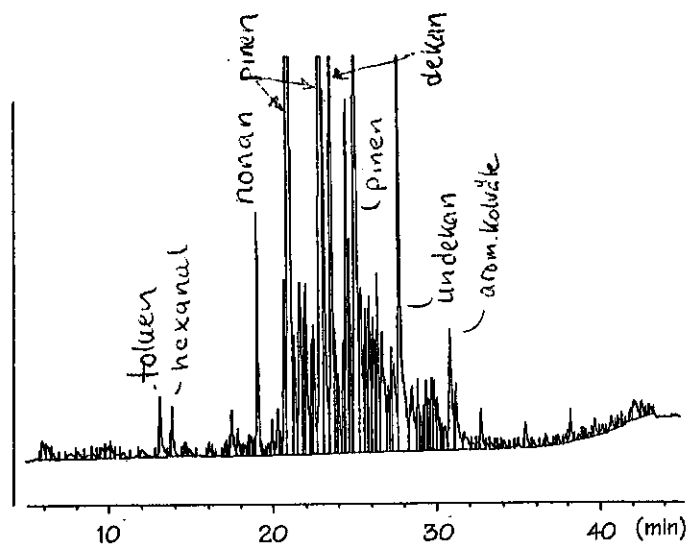


Utomhus: 0,02 mg/m³

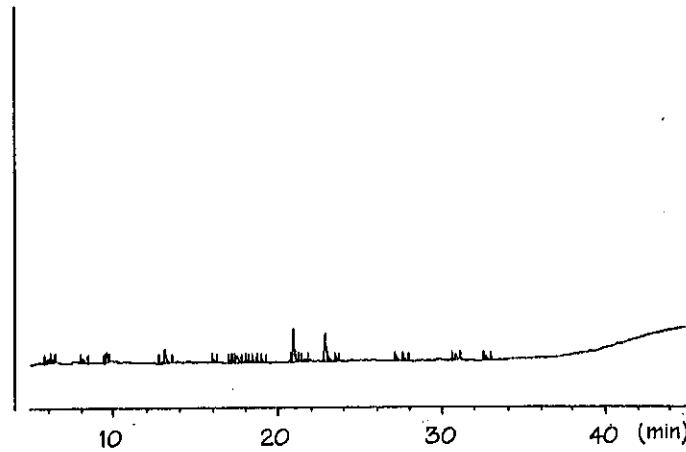
Gaskromatogram från hus nr 26.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Sovrum: 0,79 mg/m³



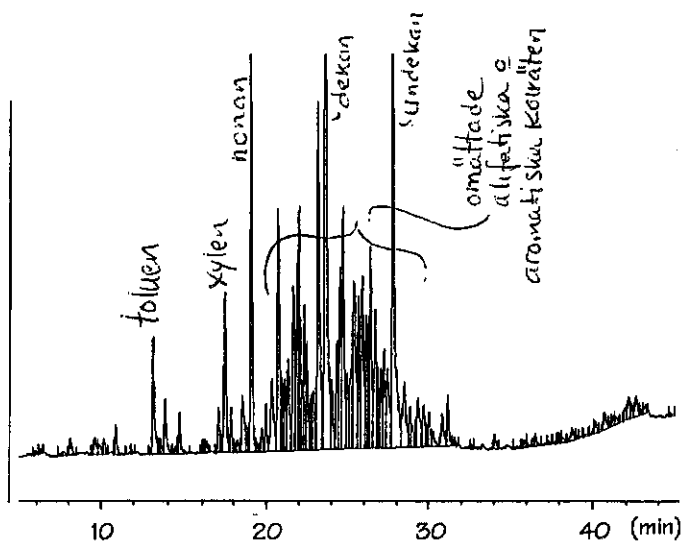
Vardagsrum: 1,43 mg/m³



Utomhus: 0,02 mg/m³

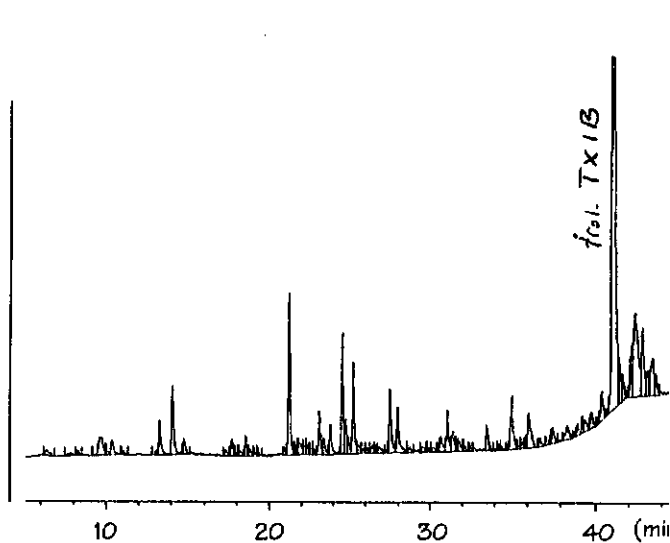
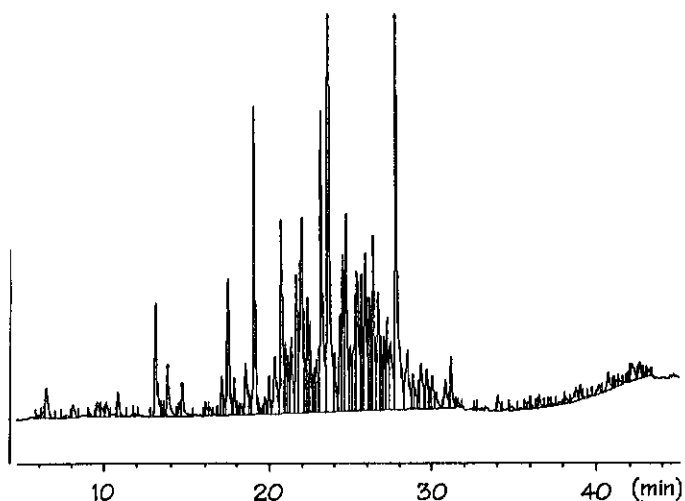
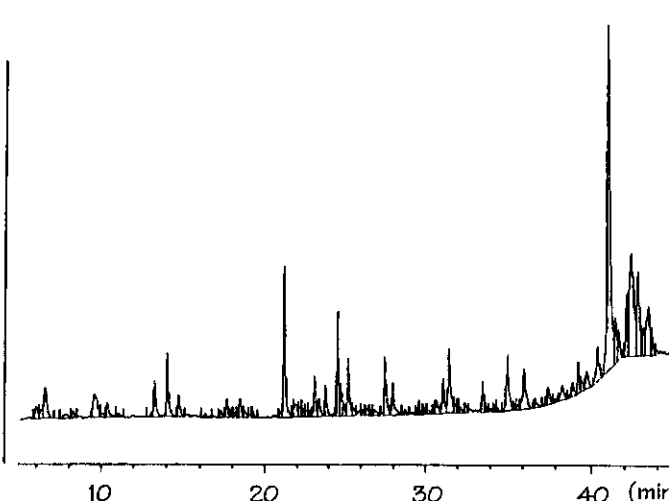
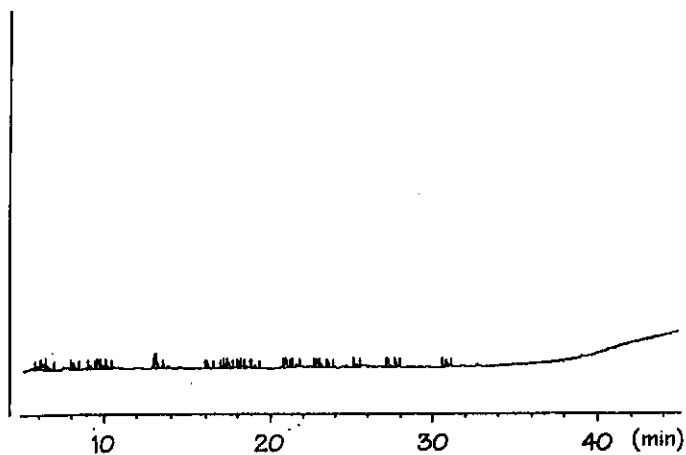
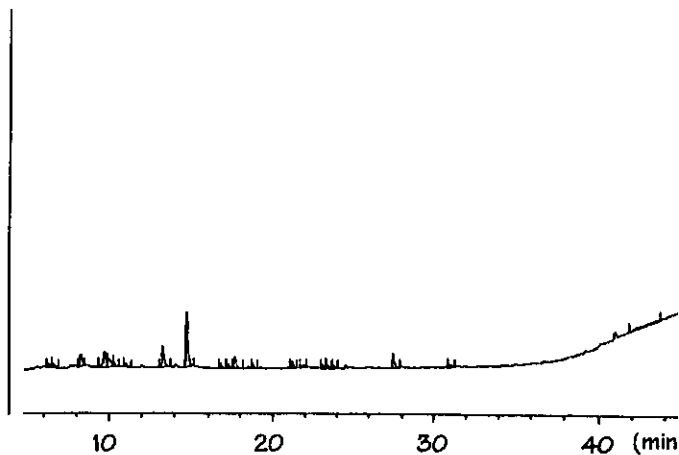
Gaskromatogram från hus nr 27.

Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

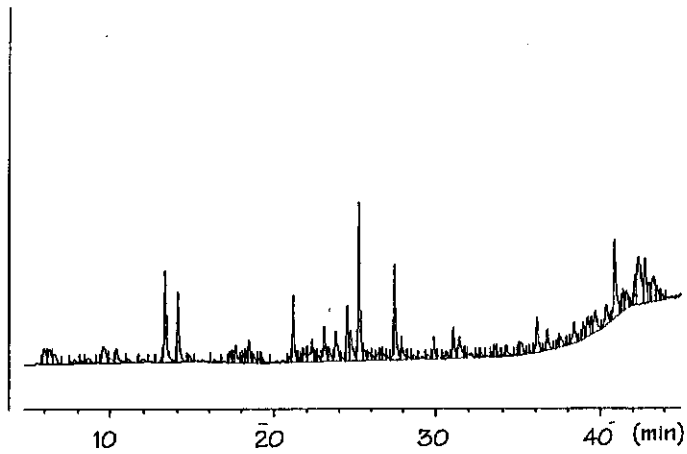
Sovrum: 0,93 mg/m³

Gaskromatogram från hus nr 28.

Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

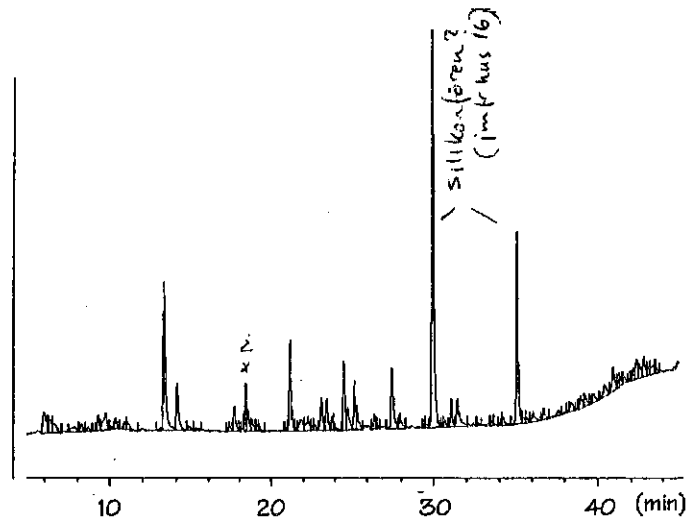
Sovrum: 0,40 mg/m³Vardagsrum: 0,80 mg/m³Vardagsrum: 0,34 mg/m³Utomhus: 0,02 mg/m³Utomhus: 0,03 mg/m³

Gaskromatogram från hus nr 29.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

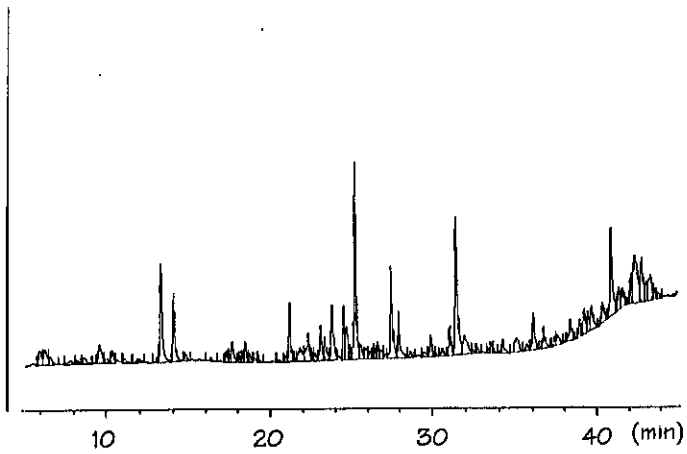


Sovrum: 0,24 mg/m³

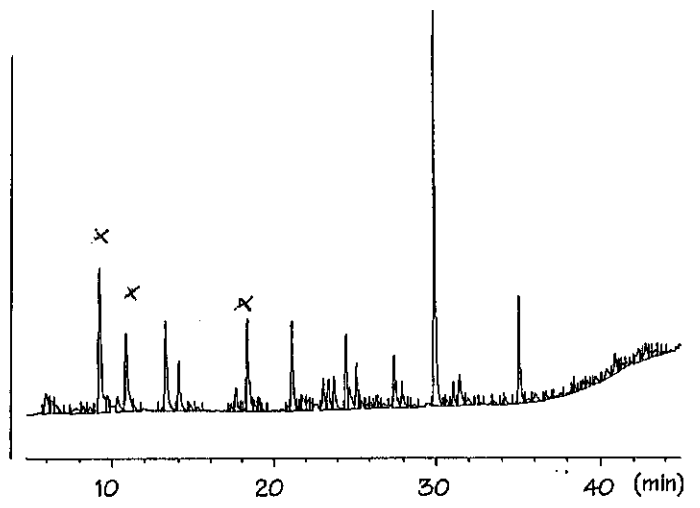
Gaskromatogram från hus nr 30.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



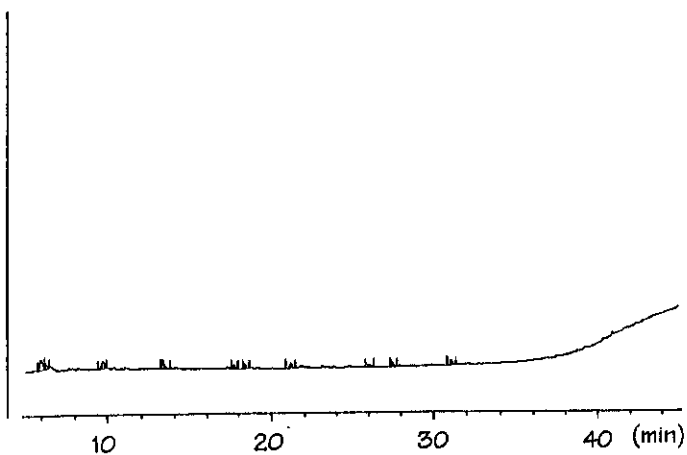
Sovrum: 0,25 mg/m³



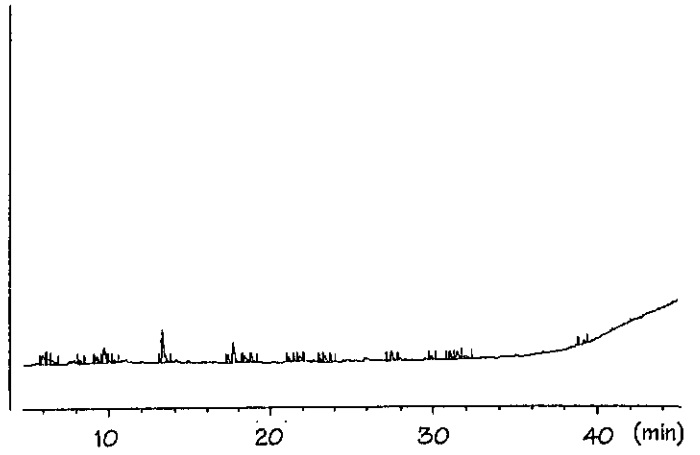
Vardagsrum: 0,29 mg/m³



Vardagsrum: 0,20 mg/m³

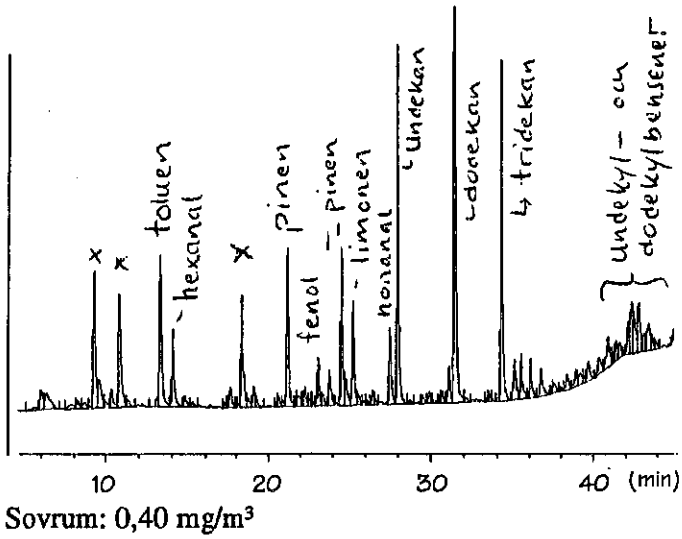


Utomhus: 0,01 mg/m³

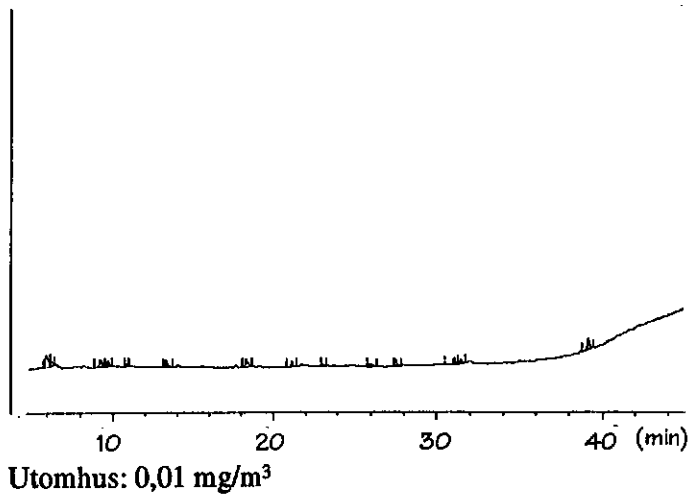
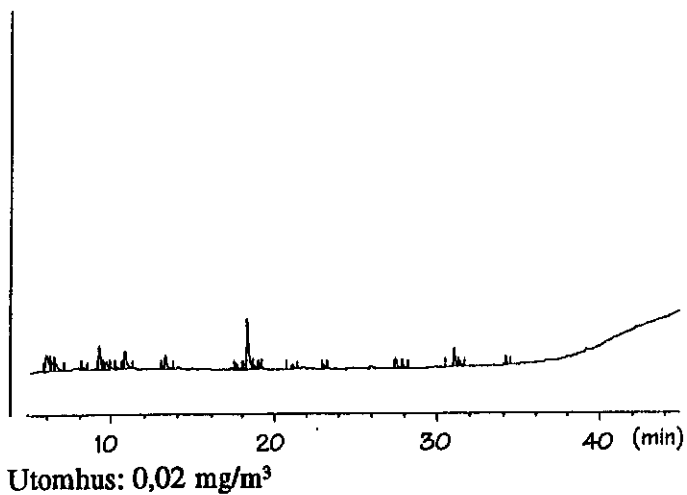
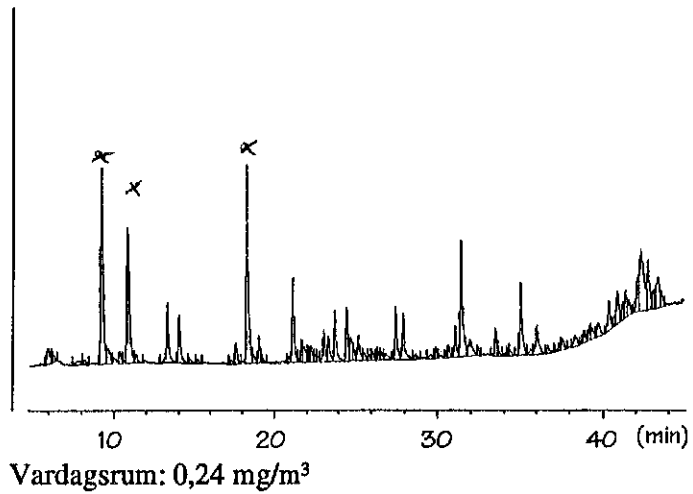
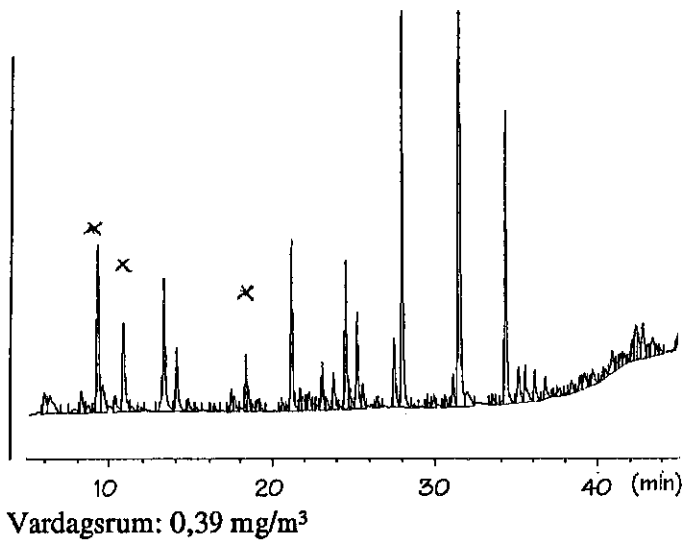
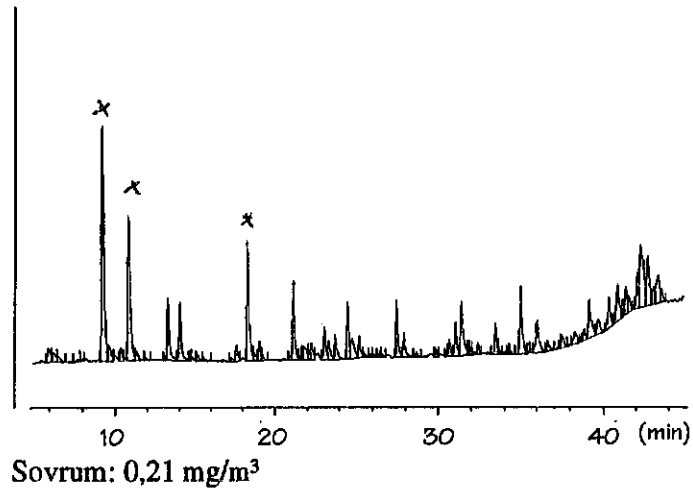


Utomhus: 0,03 mg/m³

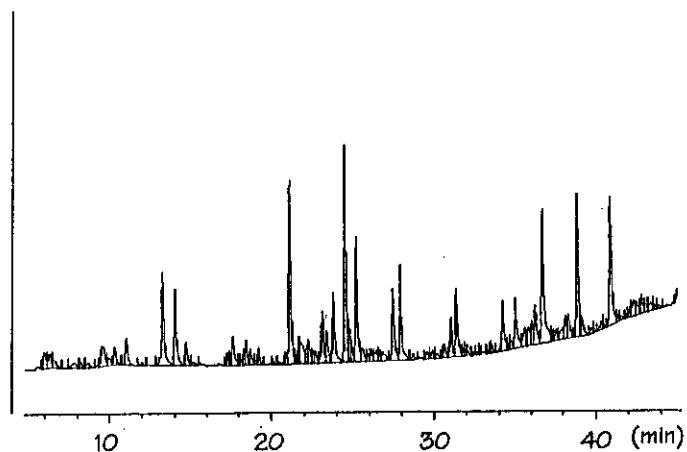
Gaskromatogram från hus nr 31.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Gaskromatogram från hus nr 32.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

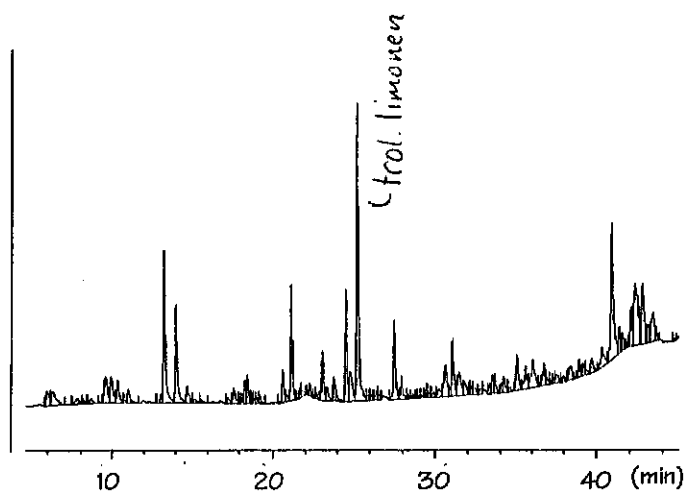


Gaskromatogram från hus nr 33.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

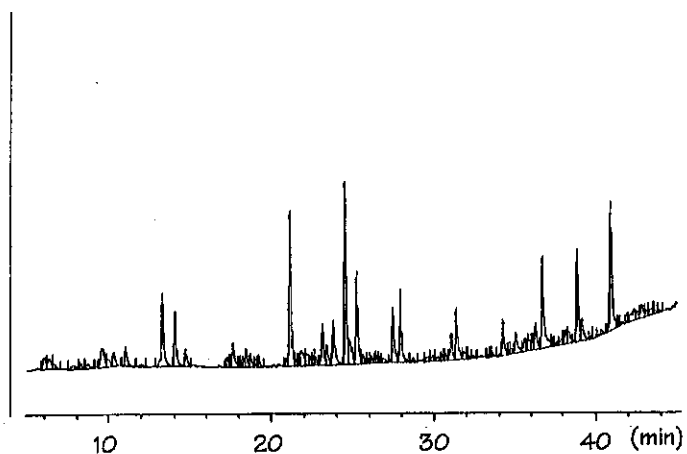


Sovrum: 0,35 mg/m³

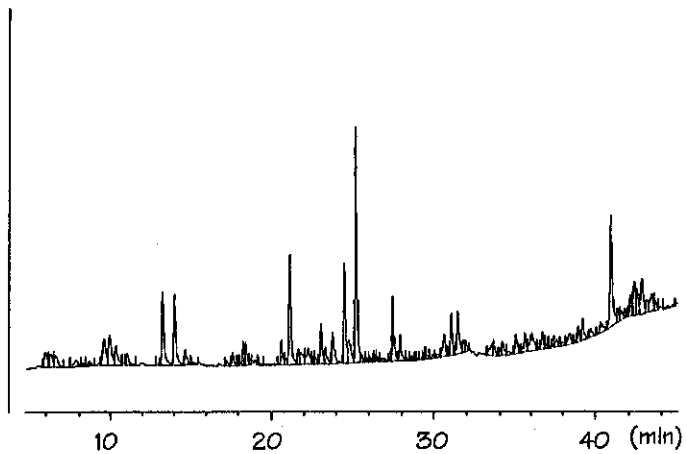
Gaskromatogram från hus nr 34.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



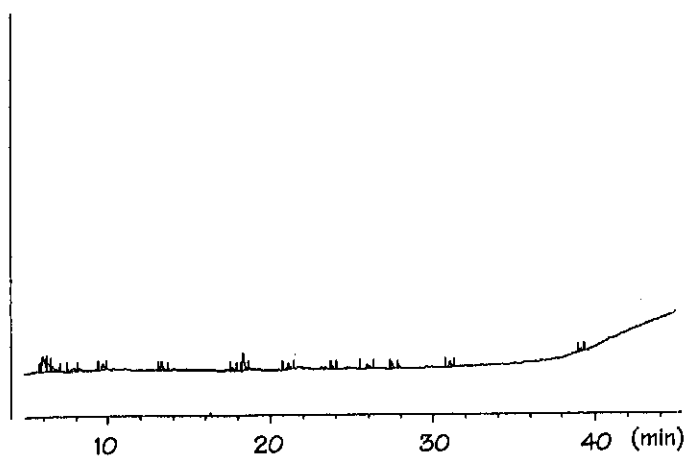
Sovrum: 0,33 mg/m³



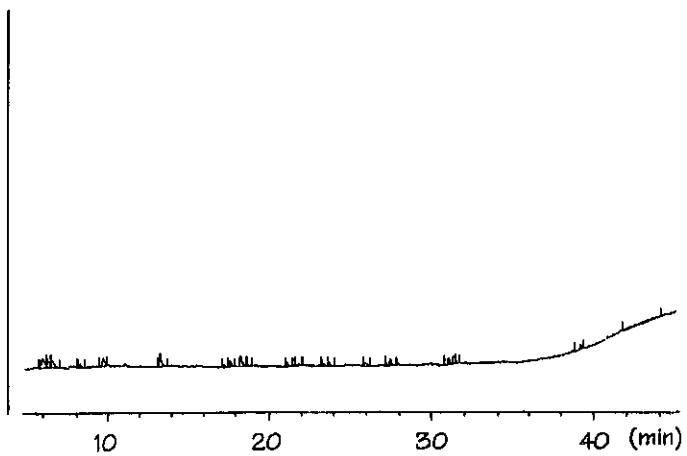
Vardagsrum: 0,25 mg/m³



Vardagsrum: 0,25 mg/m³

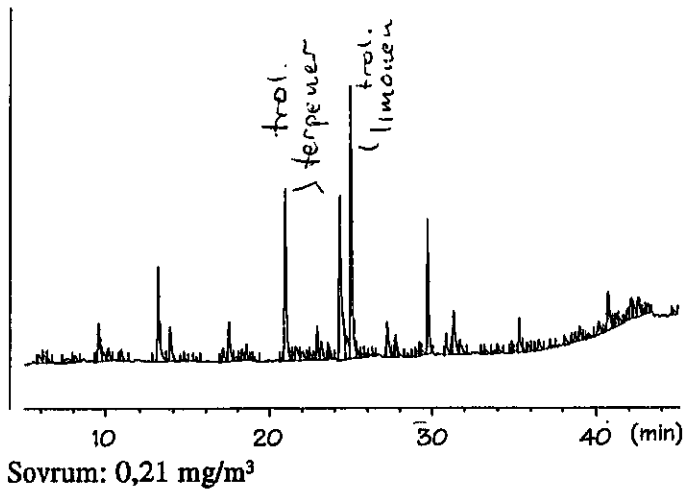


Utomhus: 0,01 mg/m³

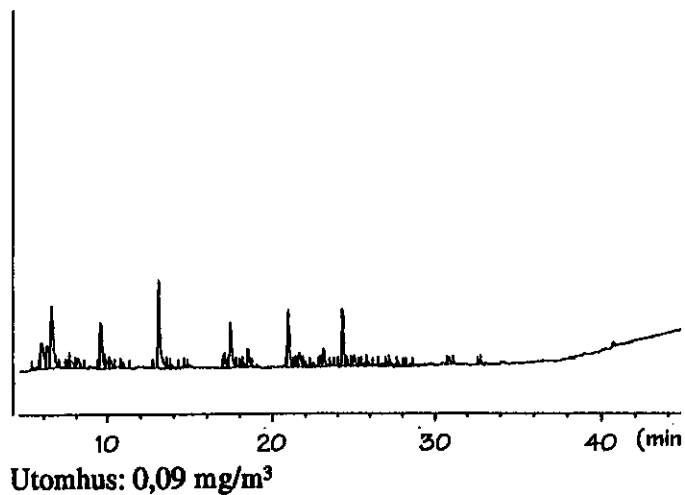
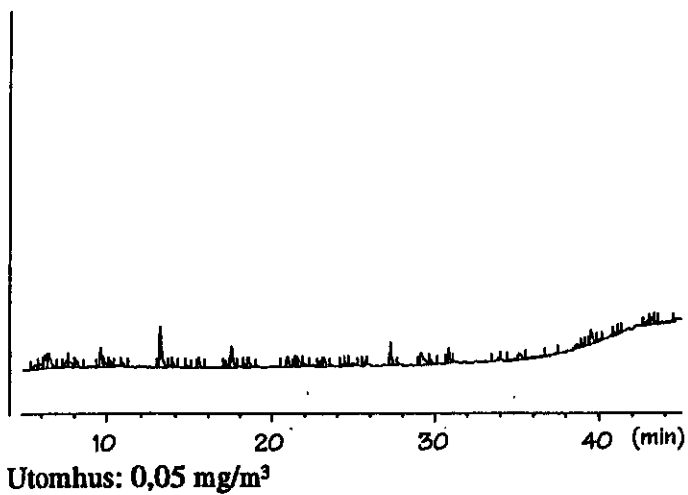
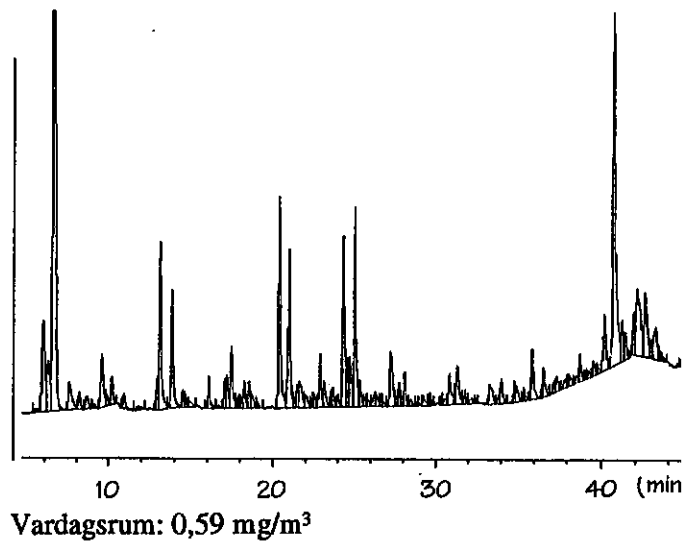
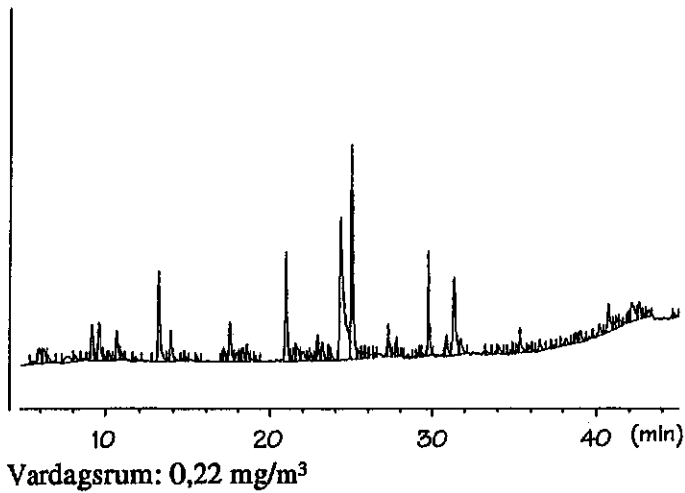
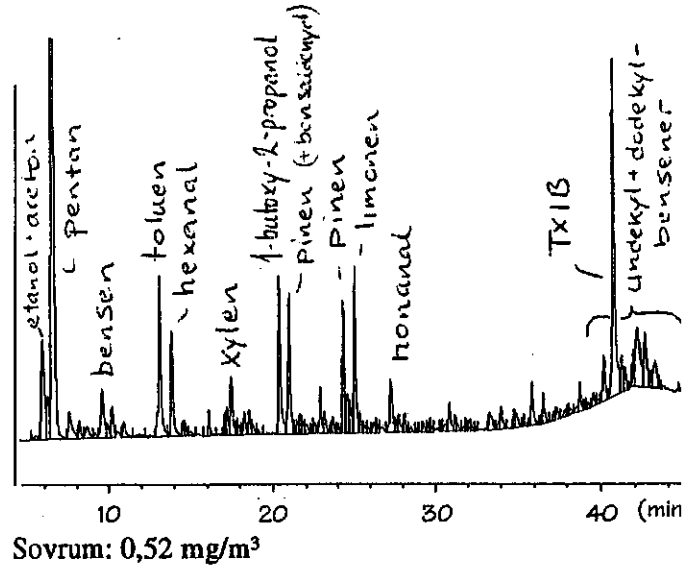


Utomhus: 0,02 mg/m³

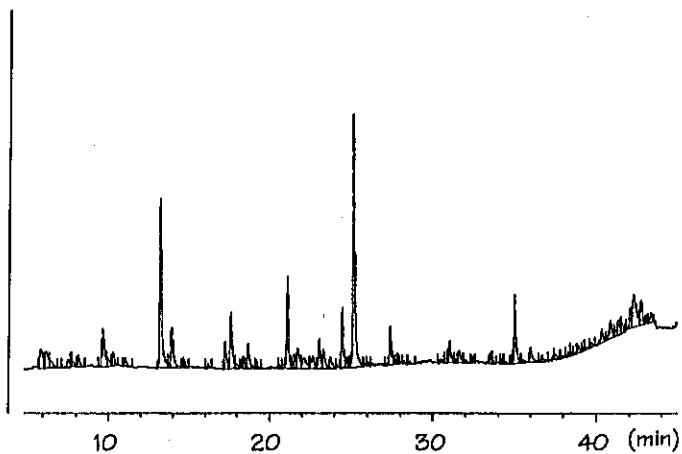
Gaskromatogram från hus nr 35.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Gaskromatogram från hus nr 36.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

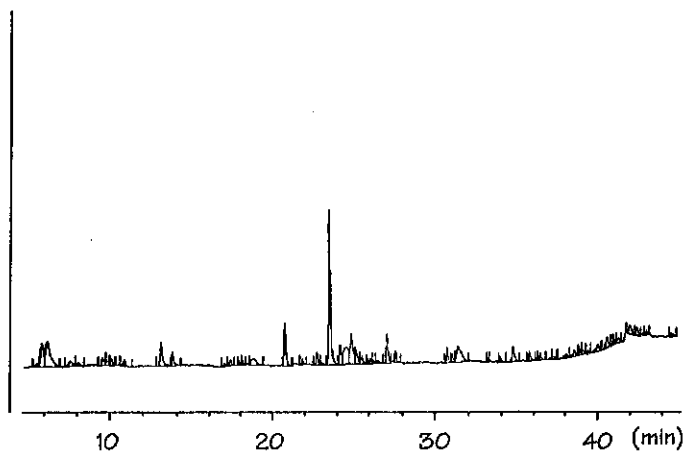


Gaskromatogram från hus nr 37.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

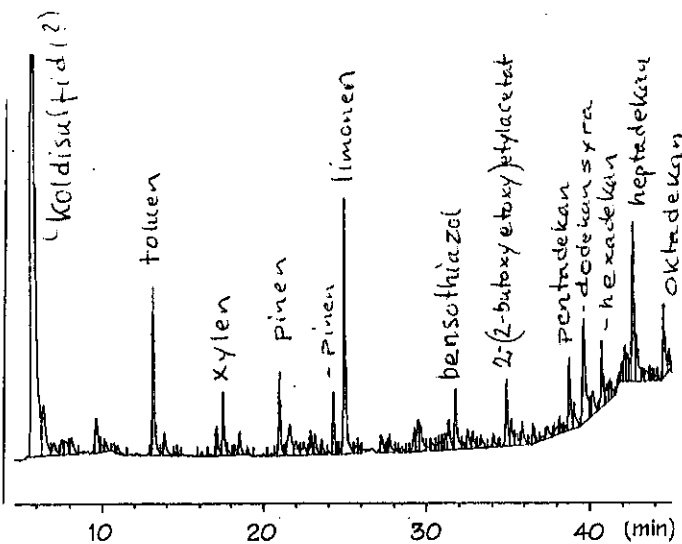


Sovrum: 0,19 mg/m³

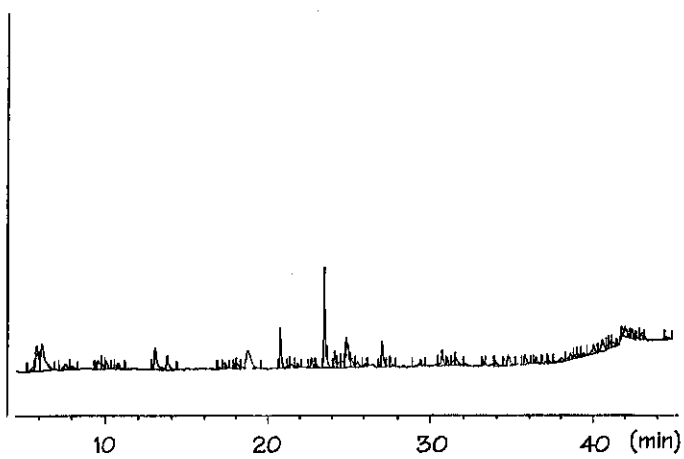
Gaskromatogram från hus nr 38.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



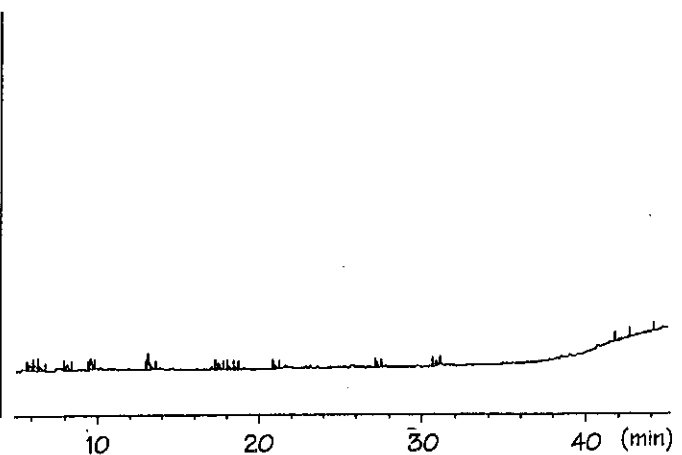
Sovrum: 0,31 mg/m³. (Obs. 3,5 l luftprov)



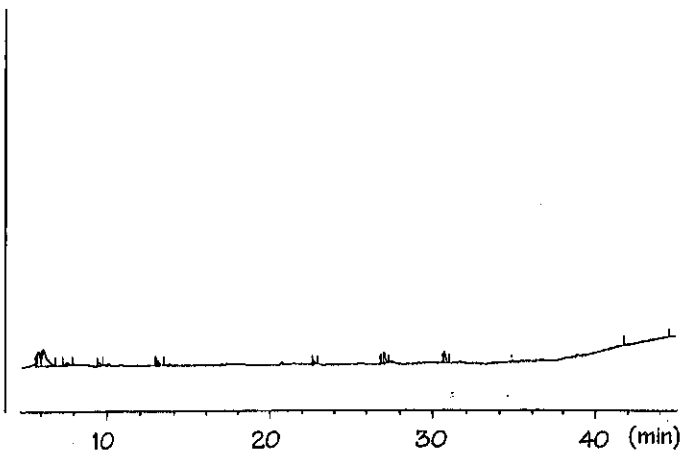
Vardagsrum: 0,50 mg/m³



Vardagsrum: 0,29 mg/m³. (Obs. 3,5 l luftprov)

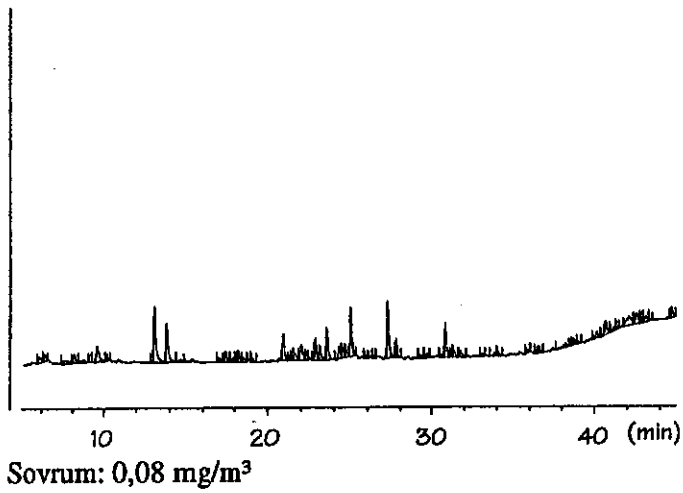


Utomhus: 0,01 mg/m³

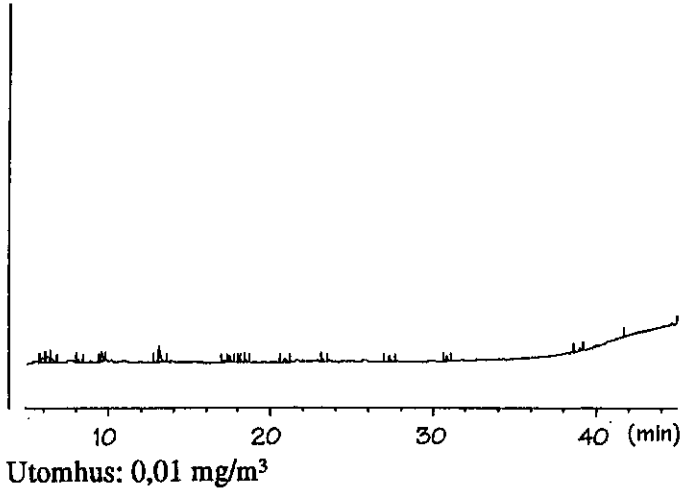
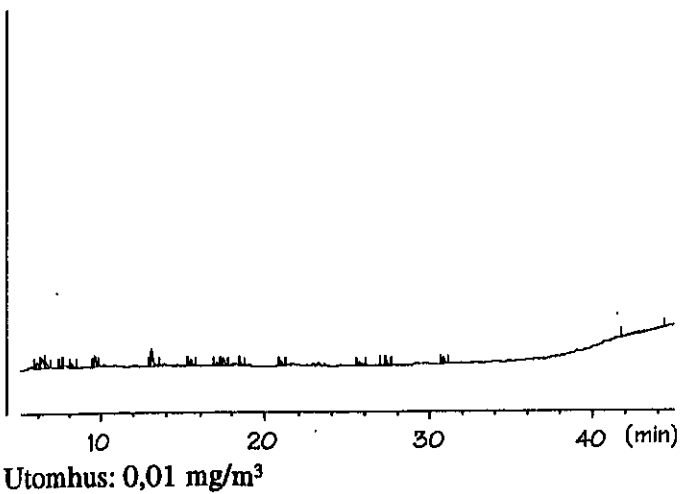
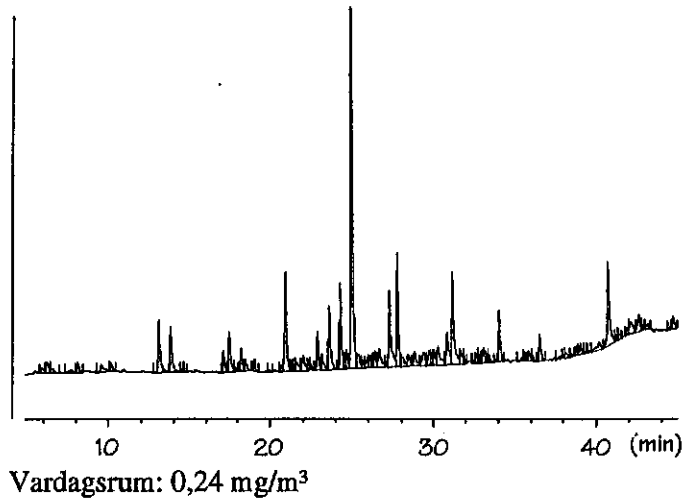
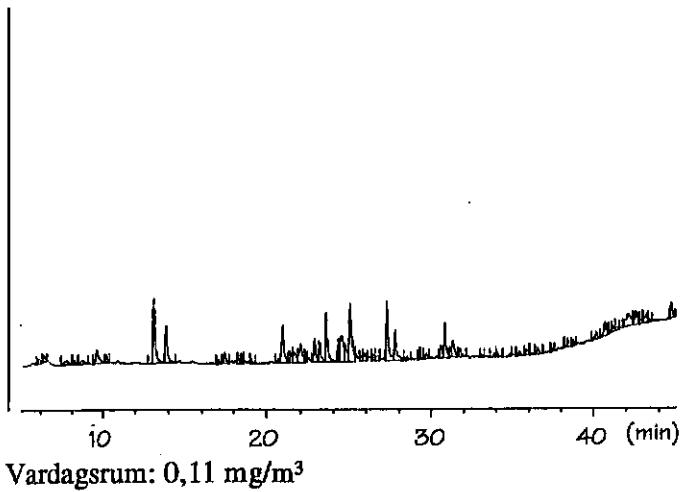
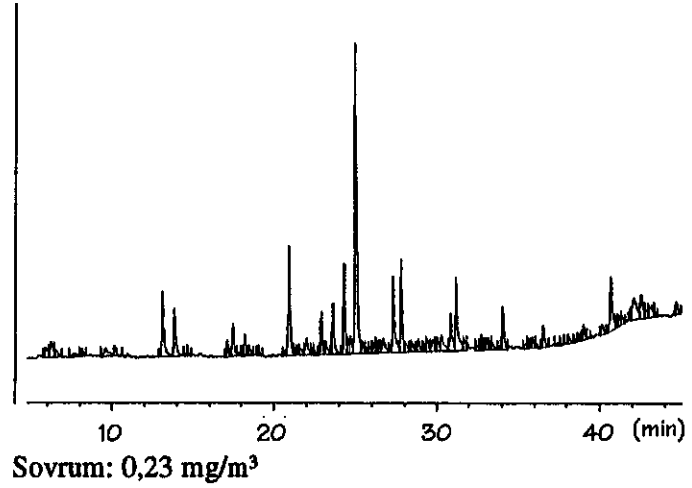


Utomhus: 0,01 mg/m³. (Obs. 3,5 l luftprov)

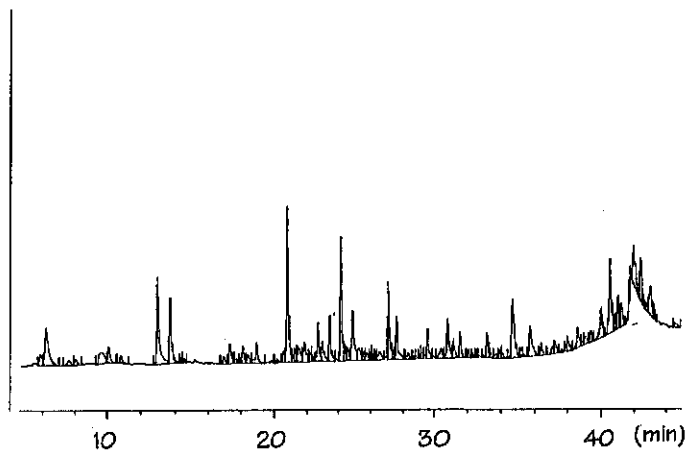
Gaskromatogram från hus nr 39.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Gaskromatogram från hus nr 40.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

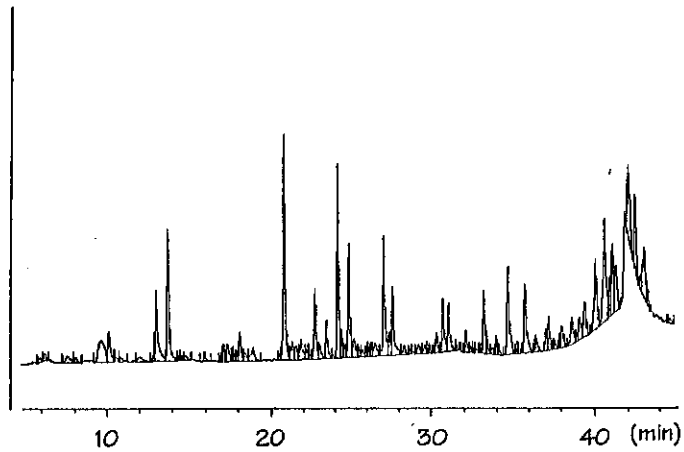


Gaskromatogram från hus nr 41.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

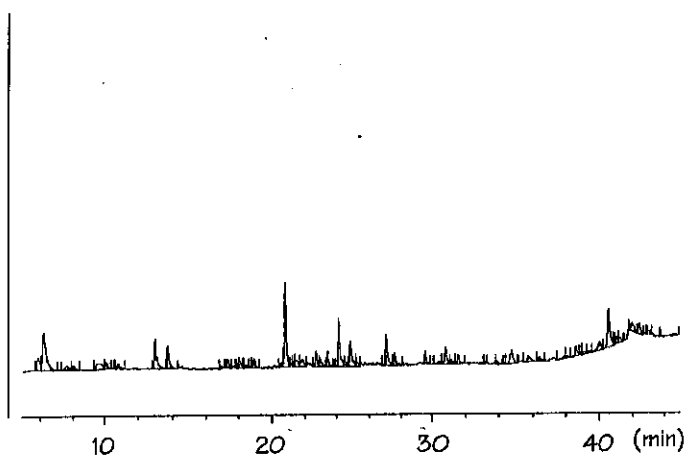


Sovrum: 0,31 mg/m³

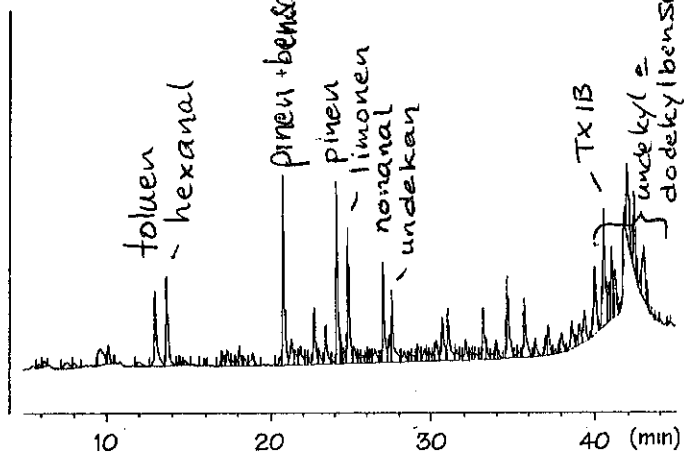
Gaskromatogram från hus nr 42.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



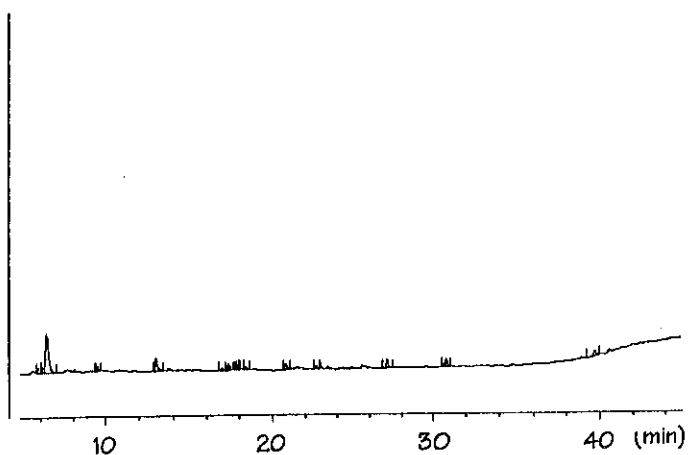
Sovrum: 0,50 mg/m³



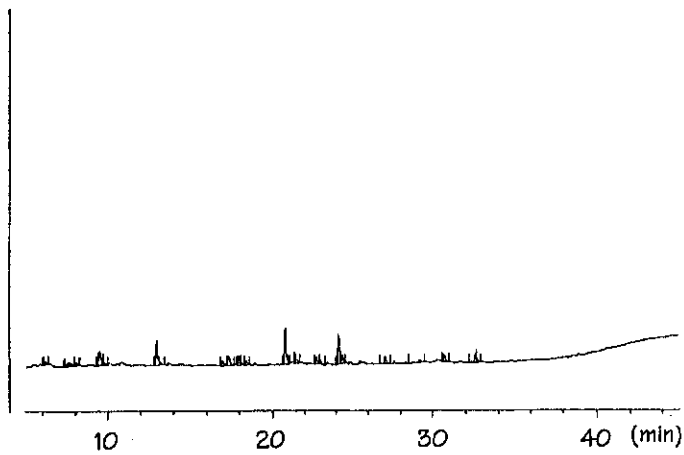
Vardagsrum: 0,26 mg/m³



Vardagsrum: 0,49 mg/m³

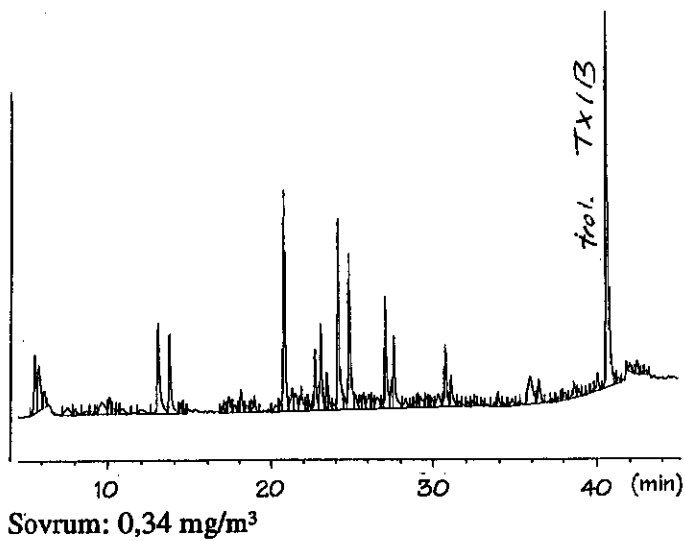


Utomhus: 0,02 mg/m³

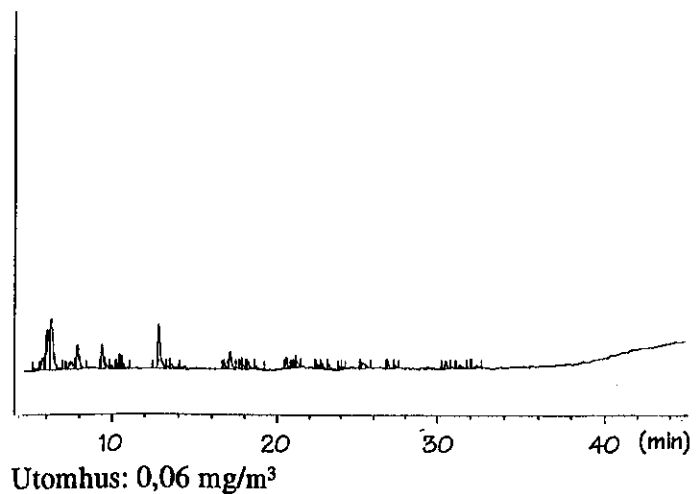
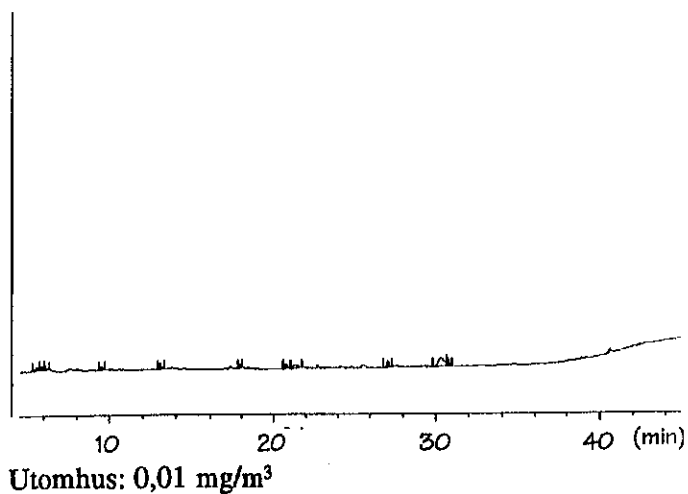
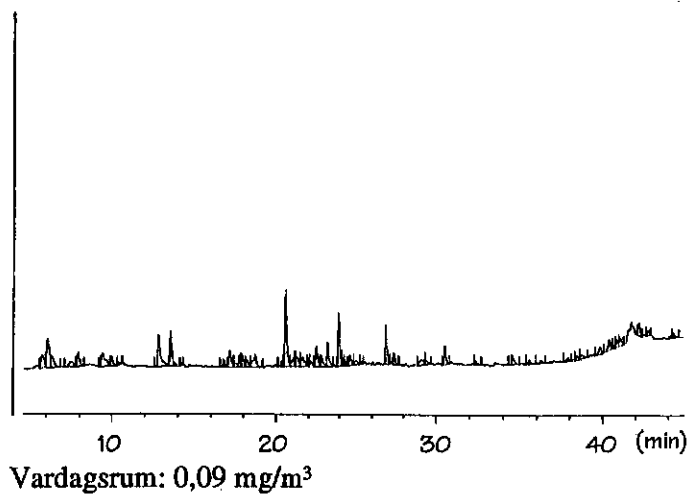
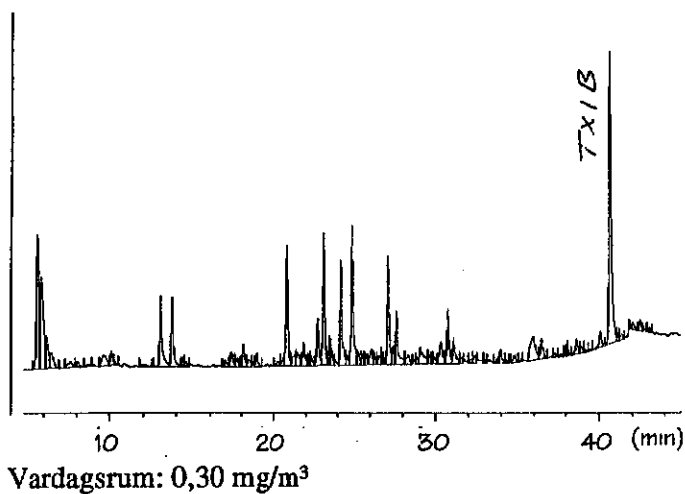
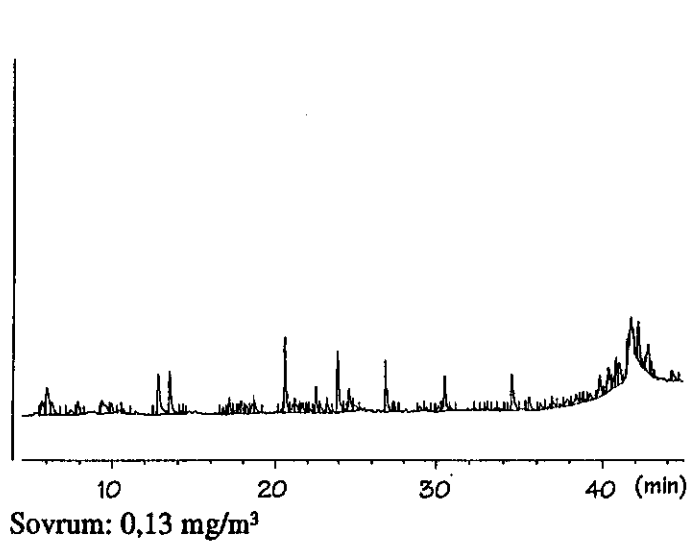


Utomhus: 0,02 mg/m³

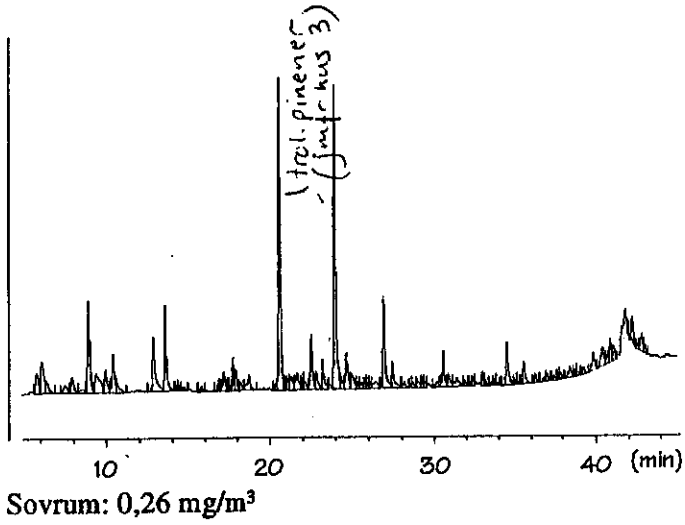
Gaskromatogram från hus nr 43.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Gaskromatogram från hus nr 44.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Gaskromatogram från hus nr 45.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.



Gaskromatogram från hus nr 46.
Totalhalt VOC angiven för varje provplats.

