

UTREDNING AV SJÄLVDRAGSSYSTEM I BOSTAD

*BILAGA TILL SWESIAQ-MODELLEN -
SWESIAQ'S RÅD VID INNEMILJÖUTREDNINGAR*

Innehållsförteckning

Om dokumentets tillkomst.....	3
Läsanvisning.....	4
Kompletterande dokument (<i>alla utom PFS-programmet finns på SWESIAQs hemsida</i>)	4
Allmänt	5
Allmän och teoretisk bakgrund	6
Grundläggande fysik och formler	6
Luften och luftföroreningarna är i ständig rörelse	6
Grundläggande begrepp.....	7
Självdagsventilationens drivkrafter.....	7
Motstånd mot luftflödet – komponenter	9
Läckflöden genom infiltration	10
Tryckfall och tryckförluster.....	10
Processventilation/Punktutsug/Hjälpläktar	12
Att räkna på självdragssystemet – manuellt, med Excelblad eller beräkningsprogram	12
Begreppet kvadratisk tryckfall	14
Hur självdragssystemet kan påverka inomhusmiljön, allmänt	15
1. Låga luftflöden ger dålig utspädning av emissioner från bostaden	15
Introduktion.....	15
Sambandet mellan emission, utspädande luftflöde och luftföroreningskoncentration.....	15
Krav på luftflöden för att späda ut brukarnas egna emissioner.....	16
Krav på luftflöden för att späda ut övriga luftföroreningar som emitteras i en bostad	18
Sammanfattning	19
2. Luftföroreningar tränger in i bostaden utifrån.....	19
Tre vägar för bostadens tilluft.....	19
Uteluften går inte att filtrera tillräckligt bra.....	20
Undersök omgivningen!	20
Inte bara nackdelar med inläckage genom klimatskalet.....	20
Luftföroreningar kan tränga in i bostaden från oönskade platser inom byggnaden	20
3. Punktutsug är ineffektiva eller stör självdraget	21
Krav på punktutsugens effektivitet	21
Risker med punktutsug.....	21
4. Bostadens fuktillskott omhändertas inte korrekt	22
Fuktillskott som indikator på hur bra ventilationen fungerar.....	23
5. Bristfällig utformning/placering av uteluftdon orsakar dåligt luftutbyte, kyla, drag eller buller. 24	
Under sommarhalvåret	24
Under vinterhalvåret	24
Uteluftdonens utformning	24
Placering av uteluftdonen	24

Bullerkrav på uteluftdonen	24
6. Problem kopplade till ombyggnation, underhåll, skötsel.....	25
Det var bättre förr!	25
Fastighetsägarens egenkontroll och OVK.....	25
Brukarna måste förstå hur självdraget fungerar och ska skötas.....	25
Referenser	26
Utredning av självdragsanläggning	27
Allmänt om utredningen	27
Självdragssystemets utmaningar och undersökningsmetoder	27
Rapporten med mallar	28
Lista över typer av besvär, tänkbara orsaker och förslag till undersökningar	29
Föreslagna undersökningsmetoder.....	30
A1. Översiktlig, rumsvis genomgång av bostaden och alla komponenter	30
B. Undersökningar vid låga luftflöden/bristfällig allmänventilation	30
C. Övriga undersökningsmetoder.....	30
Praktiska råd.....	31
Lämpliga mätinstrument och utrustning.....	31
Mätning/Information om väderförhållanden	31
Använd näsan!	31
Allmänt om mätning av tryckförhållanden - differenstrycksmätningar	32
Beskrivning av metoderna.....	33
A1. Översiktlig, rumsvis genomgång bostaden och av alla komponenter	33
B1. Besök på vind och tak.....	34
B2. <i>Noggrann genomgång av självdragssystemets alla komponenter</i>	34
B3. Beräkning/Uppskattning av bostadens luftflöden och tryckfall.....	35
B4. Differenstrycksmätningar för att avgöra var de största flödesbegränsningarna finns	36
B5. Uppskattning av vindens påverkan genom differenstrycksmätning.....	38
B6. Mätningar och uppskattningar av läckflödet	38
B7. Mätningar läckflöden genom trycksättning	39
B8. Mätning av frånluftsflöden.....	39
B9. Passiv spårgasmätning - långtidsmätning av luftväxlingen	40
B10. Aktiv spårgasmätning för att mäta luftväxling i ett rum	40
C1. Undersökning av risken för att luftföroreningar tränger in i bostaden	40
C2. Loggning av temperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt	41
C3. Bedömning av risken för högt fukttillskott.....	42
C4. Kyla, drag eller buller från uteluftdonen.....	42
C5. Spårgasmätning för att spåra läckage mellan utrymmen	42
Ordförklaringar	43
Bilagor.....	47

Bilaga 1. Exempel på bostad och utredningsmetodik	47
A1, B2. Noggrann genomgång av komponenter med beräkning av A_k -värden	48
B3. Beräkningar för hela självdragssystemet	50
PFS-programmet med exempelbostaden som tillämpningsexempel	51
Nomogram för bestämning av specifik öppningsarea	52
Bilaga 2. Nomogram för termiskt drivtryck och specifik lufthastighet	53

Om dokumentets tillkomst

Initiativ till att starta en arbetsgrupp om självdragsventilation togs av arbetshygieniker Mats Johansson. I ett debattinlägg i nyhetsbrev 66, mars 2019, ansåg han att det behövdes en revidering av bilaga 4 i våra ventilationsråd. SWESIAQs styrelse beslöt 200115 att bilda en arbetsgrupp för detta syfte. Den inledde formellt sin verksamhet 200617 och bestod av Per-Erik Hjelmer, Aquademica, Mats Johansson; Peter Karlsson, Aktea (sammankallande); Anders Lundin, SWESIAQ (sekreterare); Olle Nevenius, Funkis; Joakim Thunborg, fuktsakkunnig och Erik Österlund, Svensk Ventilation. Gruppen hade flera möten och alla deltagarna har lämnat viktiga bidrag till dokumentet. Ett första förslag till dokument skickades ut på bred remiss 210330 och presenterades på SWESIAQs vårmöte 210415.

Remissvar inkom från Folkhälsomyndigheten, Arbetsmiljöverket, Stockholms miljöförvaltning, Växjö Miljö- och hälsoskyddskontor, samt fyra personer verksamma inom inomhusmiljöområdet. Gemensamt för remissvaren var att man ansåg att dokumentet var (för) omfattande men att det innehöll värdefull information. Man önskade att det skulle bli tydligare med bl.a. ordförklaringar. Miljöförvaltningarna ansåg att en självdragsutredning enligt SWESIAQs råd krävde för mycket av en hälsoskyddsinspektör. Folkhälsomyndigheten efterlyste motiveringar till en del påståenden.

Arbetet i gruppen låg sedan nere under ca ett år. Sommaren 2022 fick Anders Lundin kontakt med professor Lars Jensen, Installationsteknik Lund som haft viktiga tankar om den grundläggande fysik som ligger bakom funktionen hos självdragsanläggningar. Lars tog fram en beräkningsmodell och även ett kalkylblad i Excel som gör det möjligt att uppskatta luftflöden och tryckförhållanden i en bostad med självdrag. Lars har även granskat texten i avsnittet "Grundläggande fysik och formler" samt ordförklaringarna. Dokumentet har kompletterats med formler för beräkningar av flöden och tryck samt formler för differenstrycksmätningar. Arbetet med att omarbeta dokumentet drogs igång av Anders hösten 2022 men samtliga utom Mats Johansson lämnade då gruppen. Istället tillkom Åke Möhring, VVS-inspektör/konsult med stor praktisk erfarenhet av självdragsanläggningar. Åke och Anders har nu tillsammans gått igenom dokumentet som omarbetats enligt önskemålen i remissvaren.

Tyvärr har dokumentet blivit ännu mer omfångsrikt. Det ersätter inte bara bilaga 4 i våra ventilationsråd utan kan läsas oberoende av ventilationsråden och som en komplettering till SWESIAQ-modellen när det gäller självdragsventilation. För att förstå självdragssystem och hur de påverkar inomhusmiljön, krävs omfattande kunskaper. Vår förhoppning är att dokumentet ska ge nödvändig bakgrundsinformation men att det ändå ska vara lätt att hitta det man är intresserad av. Och framförallt att det ska ge lättförståeliga praktiska råd för den som vill undersöka hur självdraget fungerar. Vi är självklart intresserade av att veta hur de här råden fungerar i praktisk tillämpning och tacksamma för förslag till förbättringar. Kontakta oss via info@swesiaq.se

2023-05-15 Anders Lundin, huvudansvarig för texten

Läsanvisning

Om du läser dokumentet som pdf-fil på en dator kan du ha nytta av interna länkar som gör att du kan hoppa mellan olika delar. De känns igen på att de är skrivna med **blå, understruken text**, t.ex. [figur 8](#), [formel 4](#), metod [C3](#), sidan [16-19](#). Referenser skrivs med **brun** siffra. När du klickar på siffran hamnar du i referenslistan där du snabbt hittar t.ex. referens **7**. Vissa viktiga begrepp markeras med **brun** text. För en del viktiga ord, t.ex. **infiltration** finns en ordförklaring. Om du klickar på ordet hamnar du vid rubriken **Ordförklaringar** och kan snabbt få ordet förklarat. När du klickat på en intern länk kan du hoppa tillbaka genom att klicka på **Alt+Vänsterpil**. En del [blå länkar](#) går till externa referenser.

Dokumentet har rubriker med olika färger och utformning. Här är huvudrubrikerna:

Allmänt

Allmän och teoretisk bakgrund

Grundläggande fysik och formler

Hur självdragssystemet kan påverka inomhusmiljön, allmänt

1. Låga luftflöden ger dålig utspädning av emissioner från bostaden
2. Luftföroreningar tränger in i bostaden utifrån
3. Punktutsläpp i kök och våtrum är ineffektiva eller stör självdraget
4. Bostadens fuktillskott omhändertas inte korrekt
5. Bristfällig utformning/placering av utluftsdon orsakar dåligt luftutbyte, kyla, drag eller buller
6. Problem kopplade till ombyggnation, underhåll, skötsel

Referenser

Utredning av en självdragsanläggning

Allmänt om utredningen

Föreslagna undersökningsmetoder

Praktiska råd

Beskrivning av metoderna

Ordförklaringar

Underrubriker används vid behov:

Att räkna på självdragssystemet

*Formler för olika komponenttypers genomströmningsarea
En komponent med uppmätt tryckflödeskurva*

Kompletterande dokument (alla utom PFS-programmet kommer att finnas på SWESIAQs hemsida)

Kopplade till Självdragsråden:

- [Mallar](#) vid rapportskrivning
- [Kalkylblad](#) i Excel för beräkningar av flöden och tryckförhållanden vid självdrag
- [Bruksanvisning](#) till kalkylbladet

Dessutom finns programmet PFS för avancerade ventilationsberäkningar och som tillhandahålls via Kali Olsson, Lunds tekniska högskola; kali.olsson@hvac.lth.se. Det kostar 4000 kr (ingen moms).

Andra [SWESIAQ-dokument](#) som bör vara till hjälp vid utredningen:

- SWESIAQ-modellen
- SWESIAQs mall för inventeringsrapport vid inledningen av en inomhusmiljöutredning
- SWESIAQs formulär vid beställning av inomhusmiljöutredningar enligt SWESIAQ-modellen
- SWESIAQs råd vid utredning av ventilationssystem i byggnader med inomhusmiljöproblem
- SWESIAQs råd vid utredning av mikrobiell påväxt i byggnader med inomhusmiljöproblem

Allmänt

Det här är SWESIAQs råd vid utredning av självdragsventilation i bostäder*. Utgångspunkten är att en eller flera brukare i en bostad eller i ett bostadsområde upplever besvär, **innemiljöproblem**, som de kopplar till inomhusmiljön i bostaden. En inomhusmiljöutredning inleds för att ta reda på orsakerna. Vi rekommenderar då att man använder sig av **SWESIAQ-modellen** som är våra råd för systematisk utredning av inomhusmiljöproblem (1). **Innemiljön**, och de olika miljöfaktorer som den består av, har betydelse för hur vi mår i en viss byggnad. Flera miljöfaktorer kan påverka oss: luftkvalitet, temperatur, drag, buller, belysning, psykosociala faktorer mm. Det är viktigt att alla dessa faktorer utreds översiktligt inledningsvis så inte någon viktig inomhusmiljöfaktor missas eller man lägger onödig energi på meningslösa undersökningar. Man bör också vara medveten om att inomhusmiljön har olika stor betydelse för olika människor och att alla människor inte påverkas på samma sätt.

Huvudfokus i SWESIAQ-modellen är utredning av luftkvaliteten, dvs. förekomsten av olika **luftföroreningar** som omger oss i en viss inomhusmiljö. Man kan diskutera hur stor betydelse dessa luftföroreningar har. Koncentrationerna är oftast låga jämfört med de koncentrationer som är kända för att orsaka hälsoeffekter. Men det finns många typer av luftföroreningar och för de flesta är hälsoeffekterna dåligt utforskade. Det finns många exempel på byggnader där brukare mått dåligt utan att man kunnat klargöra vilka luftföroreningar som skulle ha orsakat besvären. Trots detta har brukarna mått bättre när man lyckats åtgärda vissa tekniska brister, t.ex. tagit bort fuktskadat material eller förändrat ventilationen. Vi som står bakom SWESIAQ-modellen och detta dokument har en stark tro på luftföroreningarnas betydelse för inomhusmiljön. De här råden **kompletterar** SWESIAQ-modellen, de är våra förslag till hur man utreder hur självdragsventilationen fungerar och eventuellt bidrar till inomhusmiljöproblem. Det förutsätts att utredaren är väl insatt i SWESIAQ-modellens tankegångar.

Att undersöka ventilationen handlar tekniskt sett om att se hur luften rör sig i byggnaden och hur stora luftflödena är. I en inomhusmiljöutredning är det framförallt ventilationens *koppling till luftföroreningar* som är intressant. Vilka är luftföroreningarna som ska vädras ut, finns det värme eller fukt som bör ventileras bort, tränger det in luftföroreningar eller kyla utifrån? Ventilations- och inomhusmiljöutredningarna är inte oberoende av varandra!

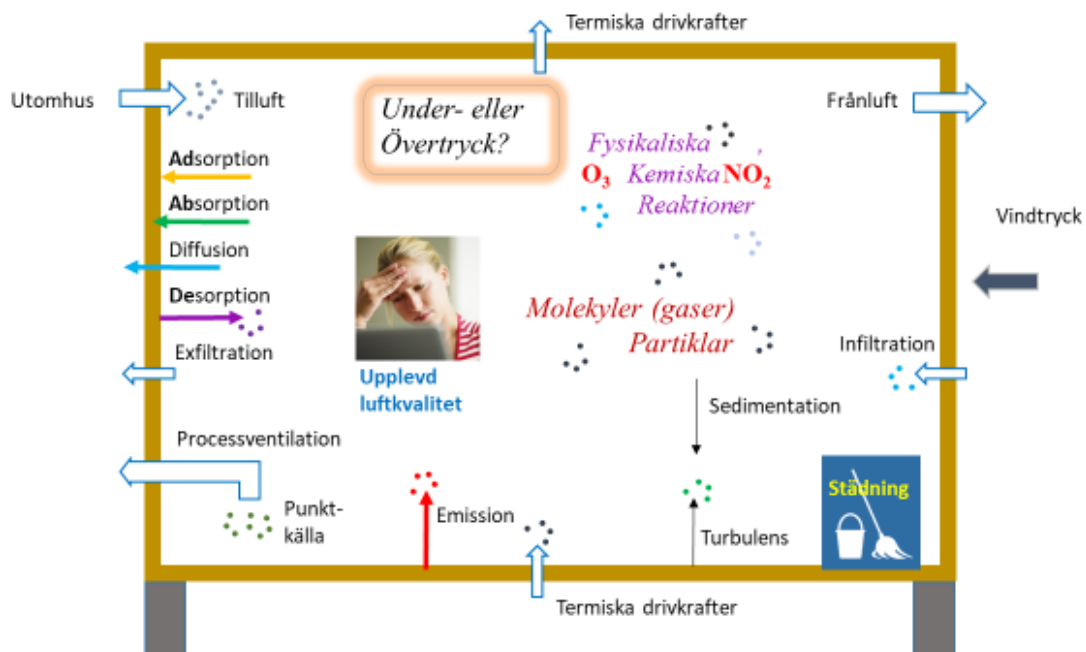
En utredning enligt SWESIAQ-modellen/Självdragsråden handlar normalt om akuta besvär, inte om hälsoeffekter på sikt. Den kan ibland behöva kompletteras med en utredning grundad i Miljöbalken. Inomhusmiljöutredningen enligt SWESIAQ-modellen har som utgångspunkt kända vetenskapliga/erfarenhetsmässiga samband mellan miljöfaktorer och hälsa. Den bör utmynna i råd som utgår från en helhetssyn på problemen, råd som får de aktuella brukarna att må bättre. Dessa råd kan ibland skilja sig mot en **myndighetsbedömning** som ibland resulterar i tvingande krav på åtgärder. Myndigheters riktlinjer är mer generella och är inte kopplade till vad som är bäst för en viss brukare i ett visst fall. Myndigheter grundar också sina föreskrifter på vetenskap men kan även göra andra överväganden. Råden skiljer sig från myndighetsrekommendationer framförallt när det gäller hur stora utspäddande luftflöden som behövs för att hålla luftföroreningskoncentrationerna under rimlig nivå ([s. 15-19](#)).

Att utreda hur en viss självdragsanläggning fungerar är ingen enkel uppgift. Det är svårare än att utreda en anläggning med fläktstyrd ventilation. Dokumentet är ingen steg-för-steg-handledning om hur man ska göra. Istället presenterar vi ett smörgåsbord av möjliga utredningsmetoder. Metoderna är grupperade i grundläggande och mer avancerade metoder. De konkreta råden när det gäller utredningen inleds med allmänna förslag som ska underlätta för utredaren att välja metod och arbetsordning. I sista hand blir det utredningens krav och utredarens ambitioner som avgör vilka metoder som väljs. **Målgruppen** för de här råden är i första hand seriösa **innemiljöutredare** och **OVK-kontrollanter**. Råden bör även vara av nytta för **tillsynsmyndigheter**, **fastighetsägare**, **brukare** m.fl. som – förutom att få en allmän förståelse av hur självdraget fungerar – även får ett underlag för diskussion med inomhusmiljöutredaren om vad som skulle kunna vara möjligt att undersöka.

* SWESIAQ har även tagit fram *Råd vid utredning av ventilationssystem i byggnader med inomhusmiljöproblem* som mer allmänt tar upp utredning av olika typer av ventilationssystem (2). Det här dokumentet var ursprungligen tänkt att ersätta bilaga 4 i de råden. Men det har blivit mer omfattande och kan läsas självständigt som en komplettering till SWESIAQ-modellen när det gäller självdragsventilation i bostäder.

Allmän och teoretisk bakgrund

Grundläggande fysik och formler



Figur 1. Luftföroreningar bildas och försvinner ständigt

Luften och luftföroreningarna är i ständig rörelse

Luften i ett rum består av mängder av olika typer av luftburna molekyler och små svävande partiklar i ständig rörelse och i ständiga kollisioner med varandra. De slumpvisa kollisionerna får till följd att det hela tiden sker en utjämning, dvs. att partiklar/molekyler med hög koncentration i en viss del av rummet flyttar sig till områden med lägre koncentration. Teoretiskt sett och efter lång tid skulle koncentrationerna av alla partiklar/molekyler därför vara lika höga överallt. Men detta händer aldrig i verkligheten. Större partiklar faller nedåt och stannar på ytor. Samtidigt frigörs molekyler och små partiklar från olika ytor och avges/emitteras till rumsluften. Molekyler i rumsluften reagerar med varandra, med ämnen på ytor eller börjar vandra in i material. Rummet är inte heller isolerat från omgivningen. Genom springor, dörrar, fönster och ventilationsöppningar står det i kontakt med omvärlden och det sker ett ständigt utbyte och ständiga koncentrationsförändringar av rummets luftföroreningar. Figur 1 illustrerar olika processer som ständigt förändrar koncentrationen av luftföroreningar i ett rum: kemiska och fysikaliska processer, emission, adsorption, absorption, diffusion, desorption, sedimentation, uppvirvling/turbulens. Människor i rummet påverkar i högsta grad luftkvaliteten, dels genom att emittera/adsorbera/absorbera luftföroreningar, dels genom att bidra till luftens omblandning.

Alla **tryckskillnader** mellan en byggnads olika delar orsakar att luften rör sig genom otätheter. Om luften rör sig in i byggnaden kallas detta **infiltration**, om den rör sig ut ur byggnaden **exfiltration**. **Ventilationssystem** är mänskliga konstruktioner som påskyndar utbytet av molekyler och partiklar med omgivningen genom avsiktligt skapade tryckskillnader. I figuren visas anordningar för till- och frånluft samt **processventilation**. Men det finns också **ofrivillig ventilation** genom otätheter i byggnadens golv, väggar och tak och som skapas av naturliga tryckskillnader. **Termiska drivkrafter** beror på tryckskillnaden mellan kall och varm luft, varm luft stiger och ersätts av kall. Den varma luften lämnar byggnaden via otätheter i taket eller i de övre delarna av väggarna. Detta skapar ett undertryck som orsakar inläckage av luft via golvet eller de nedre delarna av väggarna. Vinden trycker in luft genom otätheter i väggar belägna mot vindriktningen men skapar också undertryck som suger ut luft på andra ställen. Normalt förekommer inomhus ett undertryck relativt uteluften, men ibland – orsakat bl.a. av kraftigt vindtryck eller termiska drivkrafter – kan övertryck förekomma och orsaka exfiltration, särskilt i övre delen av en byggnad. Det finns ett starkt samband mellan ventilation/luftflöden och koncentrationen av luftföroreningar. Därför är det viktigt att undersöka ventilationssystemet vid en inomhusmiljöutredning.

Grundläggande begrepp

Vid mekanisk ventilation finns elektriska fläktar som skapar de tryckskillnader som krävs för att luften ska röra sig. Det finns två huvudtyper av mekanisk ventilation: frånluftsventilation (F-ventilation) eller från- och tillluftsventilation (FT-ventilation). Ett renodlat självdragssystem (S-ventilation) saknar däremot helt fläktar. Fördelen med detta är att ingen extra energitillförsel krävs och att systemet oftast är tyst. De tryckskillnader som driver luften i ett S-system – det **totala drivtrycket** – är istället en kombination av det termiska drivtrycket och tryckskillnader orsakade av vinden. En stor nackdel med S-system är att flödena ofta blir för låga när utetemperaturen är hög eller när det är vindstilla. Beroendet av väder och vind gör S-system **störningskänsliga**. Det totala drivtrycket varierar hela tiden men går inte att påverka. Samtidigt utgör det grunden för hur bra anläggningen fungerar.

Ibland kompletteras självdraget med små hjälpfläktar (**processventilation/punktutsug**) som startas när man t.ex. lagar mat eller duschar – men som stängs av efteråt. De här fläktarna ändrar tryckförhållandena i systemet och kan skapa problem. Man kan också montera fläktar i frånluftskanalerna som hjälper upp självdragsflödet vid behov, t.ex. under den varma årstiden eller när det är vindstilla. Detta kallas **hybridventilation** (förstärkt självdrag) och är ett mellanting mellan S- och F-ventilation. Vid hybridventilation går alltså fläktarna kontinuerligt men bara under vissa perioder. De här råden gäller i första hand varken hybrid- eller F-ventilation utan gäller rena självdragssystem, eventuellt kompletterade med hjälpfläktar för kortvarig drift i t.ex. kök och våtrum.

Det finns två typer av självdragssystem:

- I **centraliserade** system kommer uteluften bara in i sovrum och vardagsrum. Sedan finns överluftsdon till hallen och överluftdon till våtrum och kök, vilka endast har frånluft.
- I **decentraliserade** system har de flesta rummen både ute- och frånluftdon.

Dokumentet refererar i första hand till centraliserade system men det mesta går att tillämpa även vid decentraliserade system. *Arbetslokaler* kräver ofta högre luftflöden än vad ett självdragssystem klarar av. Dessa råd gäller i första hand *bostäder*.

Självdraagsventilationens drivkrafter

Tryckdifferenser driver luften genom bostaden. Att ventilationen fungerar – att luften rör sig fastän det är vindstilla – beror i första hand på tryckskillnaden mellan utomhusluften och inomhusluften. Lufttrycket utomhus är som bekant ca 100 000 Pa (ca 760 mm Hg eller 10 m H₂O). Det termiska drivtrycket är sällan högre än 30 Pa (3 mm vattenpelare), ofta lägre än 10 Pa, se [fig 2](#). Den tryckskillnad som driver luften genom bostaden är alltså inte högre än det tryck som man upplever på någon millimeters vattendjup! Detta kan ändå vara mer än tillräckligt för att skapa bra genomluftning av en bostad!

Det termiska drivtrycket

Att självdraget får luften att röra sig i en bostad beror på att innetemperaturen normalt är högre än utetemperaturen. Den högre temperaturen gör att luften utvidgar sig och blir lättare, får lägre densitet. Densiteten ρ hos luft är vid 20 °C ca 1,2 kg/m³ medan den är nästan 1,3 kg/m³ vid 0 °C. Frånluftskanalen kommer att innehålla en luftpelare med lägre densitet än motsvarande luftpelare utomhus – så länge utetemperaturen är lägre än innetemperaturen. Men den termiska drivkraften/det termiska drivtrycket – det som får luften att röra sig – beror inte bara på skillnaden i densitet mellan luften inne och ute, utan också på hur lång den varma luftpelaren är. Detta kallas lyfthöjden (skorstenshöjden) och är närmare bestämt det vertikala avståndet mellan uteluftdonen och den skorstensmyrning på taket där bostadens frånluft (avluft) släpps ut. Det termiska drivtrycket Δp_{term} beräknas ur följande (approximativa) formel (3):

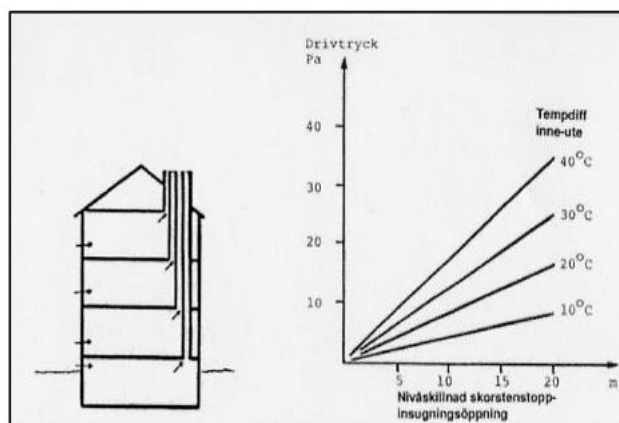
$$\Delta p_{\text{term}} = 0,043 * (T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}) * h \quad [\text{Pa}] \quad (1)$$

där $(T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}})$ [°C] är temperaturskillnaden ute/inne och h [m] är lyfthöjden. Som exempel kan vi tänka oss två ytterligheter. I båda fallen är temperaturen inomhus + 20 °C:

- A. Lägenhet i bottenplanet på höghus; -20 °C ute; skorstenshöjd $h = 16$ m
- B. Enplansvilla eller översta planet i höghus; + 10 °C ute; skorstenshöjd $h = 4$ m.

I fall A blir termiska drivtrycket $\Delta p_{\text{term}}^A = 0,043 \cdot 40 \cdot 16 \approx 27,5 \text{ Pa}$, i fall B: $\Delta p_{\text{term}}^B = 0,043 \cdot 10 \cdot 4 \approx 1,7 \text{ Pa}$. Termiska drivtrycket blir alltså 16 gånger högre i fall A jämfört med i fall B. Figur 2 visar en tabell och ett diagram över det termiska drivtrycket som funktion av temperaturdifferensen och lyfthöjden. Eftersom luftflödena genom bostaden är ungefär proportionella mot roten ur Δp_{term} (formel 4c), kan alltså luftflödet i fall A uppskattas vara $\sqrt{16} = 4$ gånger högre än luftflödet i fall B. Man ska alltså inte bli förvånad om luftflödet blir lågt i en enplansvilla under vår och höst. För att förstå en självdragsanläggning är det nödvändigt att känna till det termiska drivtrycket.

I bostäder med flera plan och öppet mellan våningarna kan termiska stigkrafter medföra att luft *tränger ut* genom otätheter i fasaden eller ut via uteluftdonen på övervåningen. Ventilationen i bostäder med öppet mellan planen blir svårare att bedöma, eftersom lufttryck och drivtryck varierar mellan planen. Mer svårbedömda blir också höghus med gemensamt trapphus eller hisschakt.



Våning	Drivtryck vid temperaturskillnad [Pa]		
	$\Delta T = 10^\circ\text{C}$	$\Delta T = 20^\circ\text{C}$	$\Delta T = 40^\circ\text{C}$
1	8	15	30
2	6	13	25
3	5	10	19
4	4	7	14
5	2	5	9

Figur 2. Termiska drivtryckets beroende av skorstenshöjd och utetemperatur

Vindens betydelse

Vinden utomhus har stor påverkan på luftväxlingen i självdragshus. När det blåser ute kommer vinden att skapa ett **övertryck** så uteluftflödet ökar genom uteluftventiler och otätheter på **vindsidan**. På **läsidan** skapar vinden istället ett ungefär lika stort **undertryck** som minskar uteluftflödet. Även på fasader längs med vindriktningen skapas ett undertryck. Vid hörn uppstår det ofta luftvirvlar som är svåra att förutse. Det blir därmed svårt att beräkna vindens påverkan på hörnrum/hörnlagheter.

Vid skorstensmynningen skapar vinden oftast ett undertryck. Storleken beror på hur skorstensmynningen/skorstenshuven är utformad. Vid olämplig utformning och vid kraftig vind, kan effekten istället bli den motsatta – luft pressas ner genom skorstenen. Det går att antingen förstärka eller minimera vindens inverkan vid skorstensmynningen genom att montera särskilda typer av skorstenshuvar eller dragförstärkare, se figur 3. Men om en huv saknas kan man i många fall räkna med undertryck, kraftigare vid högre vindstyrka.



Figur 3. T.v. Dragförstärkare: Vinden skapar rotation som i sin tur skapar undertryck i frånluftskanalen och ökar luftflödet. T. h. Vindflöjel som vrids av vinden så att avluften från frånluftskanalen hela tiden hamnar på läsidan – viss ejektorverkan skapas och så att vinden inte kan tryckas ner i kanalen.

Om bostaden enbart har uteluftdon mot vindsidan, får vinden ofta dubbel inverkan, dels genom att trycka in mer luft vid uteluftdonen, dels genom undertrycket vid skorstensmynningen. Om å andra sidan uteluftdonen enbart vetter mot läsidan kommer de båda vindkrafterna att motverka varandra. I en genomgående lägenhet med uteluftdon på både vind- och läsida, blir som nämnts nettoeffekten vid fasaden låg och undertrycket vid skorstensmynningen får störst betydelse. Åtminstone om vinden inte är så kraftig så att luften vänder riktning på läsidan – dvs. vinden går rakt igenom lägenheten.

Storleken på vindens påverkan bestäms av vindens **dynamiska tryck** enligt formeln

$$p_{\text{vind}} = \rho * U^2 / 2 \quad [\text{Pa}] \quad (2)$$

I formeln är ρ utomhusluftens densitet [kg/m^3] och U [m/s] vindhastigheten. Men även den fysiska utformningen av byggnaden, terrängen och skorstensmyningen har betydelse. Därför ska vindtrycket multipliceras med de s.k. **formfaktorerna** f_f (formfaktor fasad) och f_t (formfaktor tak) där negativ formfaktor betyder undertryck. Formfaktorernas absoluta värde ligger oftast mellan 0 och 1 (men kan bli något högre i byggnaders hörn). Vindens totala påverkan, den dynamiska tryckskillnaden över självdragssystemet Δp_{vind} , kan sedan (med fasad i endast en riktning) uppskattas ur formel 3:

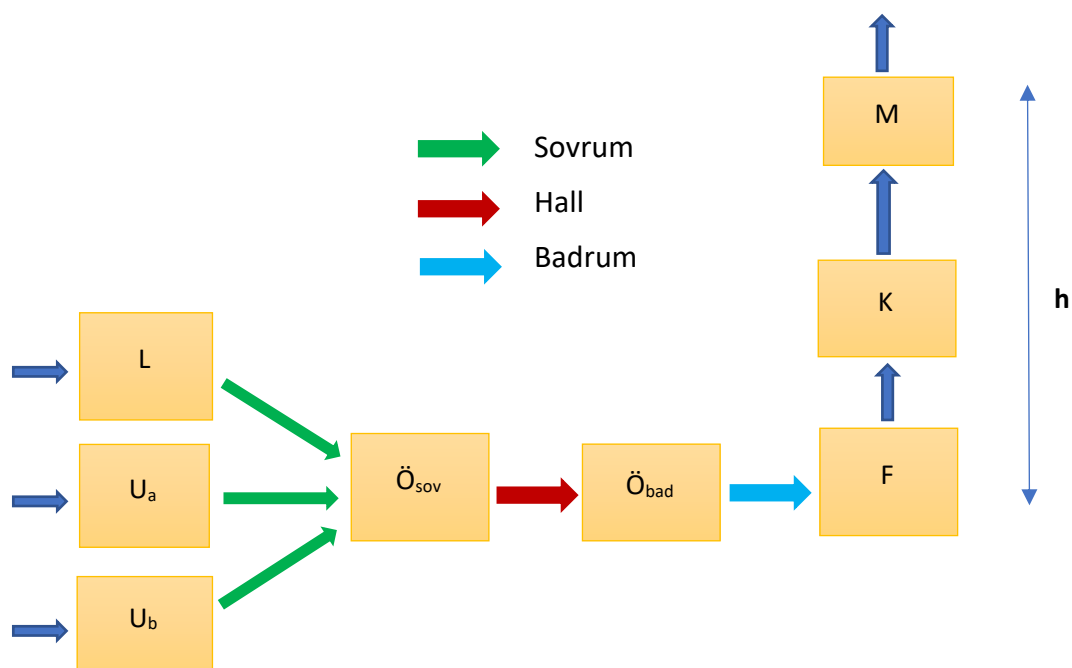
$$\Delta p_{\text{vind}} = (f_f - f_t) * \rho * U^2 / 2 \quad [\text{Pa}] \quad (3)$$

Luftens densitet varierar inte så mycket med utetemperaturen. För att få en uppfattning om storleksordningen kan vi anta att den är 20°C vilket innebär att $\rho \approx 1,2 \text{ kg/m}^3$. Vi antar dessutom att $f_t = -0,5$ (undertryck vid skorstensmyningen) samt att vindtrycken på fasaden på vind- och läsidan tar ut varandra, dvs. $f_f = 0$. Om vi sätter in dessa värden i formel 3, får vi en grov uppskattning av vindpåverkan:

$$\Delta p_{\text{vind}} \approx 0,3 * U^2 \quad [\text{Pa}] \quad (3a)$$

Vid en vindstyrka på 10 m/s blir $\Delta p_{\text{vind}} \approx 30 \text{ Pa}$. Om man jämför med [figur 2](#) ser man att vindtrycket ofta får större betydelse än det termiska drivtrycket. Samtidigt är det svårt att göra exakta beräkningar av storleken, detta eftersom både vindstyrkan och vindriktningen förändras ständigt.

Motstånd mot luftflödet – komponenter



Figur 4. Principskiss över komponenterna i ett enkelt självdragssystem

Vi tänker oss för enkelhetens skull en lägenhet som bara består av ett sovrum, en hall och ett badrum (inget kök!), se figur 4. I sovrummet finns två **uteluftdon** U_a och U_b samt **överluftdon** (Ö_{sov}) mot hallen OBS! Överluftdon bör vara avsiktligt konstruerade men existerar ibland bara som oavsiktliga dörrspringor. Det finns också ett visst ofrivilligt **inläckage** av luft via **klimatskalet**, L. I badrummet finns ett överluftdon mot hallen (Ö_{bad}) och ett **frånluftdon** (F). Bakom frånluftdonet börjar en **frånluftskanal** (K) som går upp till taket där skorstensmyningen (M) finns. Alla dessa konstruktioner – plus otätheterna i klimatskalet, L, kallas med ett gemensamt namn självdragets **komponenter**. Alla komponenter har en viss uppbromsande effekt på luftflödet: ju mindre storleken är på **arean vinkelrätt mot luftflödesriktningen**, desto mer bromsas luftflödet. Begreppet **genomströmningsarea**, A_k [m^2], införs som ett mått

på motståndet mot luftflödet. I beteckningen A_k visar "A" att det handlar om en **teoretiskt beräknad area** medan "k" allmänt står för "komponent". Men "k" kan ersättas med olika index: A_1 kan t.ex. betyda totala genomströmningsarean för sovrum 1. Själva rumsvolymererna är så stora att de inte bromsar luftflödet nämnvärt.

Genomströmningsareor kan beräknas för olika typer av komponenter. Hela självdragssystemets genomströmningsarea kan sedan beräknas genom **serie- och parallellkoppling** av alla ingående komponenters genomströmningsareor, se nedan. U_a , U_b och L är exempel på parallellkopplade komponenter; luften har tre alternativa vägar för att passera fasaden. Deras A_k -värden kan då enkelt adderas så att man kan beräkna en total genomströmningsarea, A_{in} , för luftens passage in genom fasaden, dvs. $A_{in} = A_{Ua} + A_{Ub} + A_L$.

Läckflöden genom infiltration

En viktig del av den luft som kommer in i bostaden utgörs av **läckflöden**, dvs. luft som oavsiktligt tränger in genom bostadens **omslutande ytor**. Med omslutande ytor menas bostadens/lägenhetens begränsningsytor mot omgivningen: Ytterväggar, väggar mot grannar, innertak mot vind, innertak mot grannar ovanför, golv mot grunden (källare, kryppgrund, platta på mark), golv mot grannar. Det är inte ovanligt att hälften av bostadens tilluft kommer in i form av läckflöden – vilket också kallas **infiltration** – istället för via uteluftdonen. För att förstå en självdragsanläggning måste man ha en uppfattning om läckflödet.

Läckaget är alltid beroende av tryckskillnader mellan bostaden och omgivningen. På grund av de termiska stigkrafterna är risken för inläckage normalt större från grunden och från väggarna än från taket. Vindens påverkan, låg utetemperatur (stort termiskt drivtryck) och kraftiga punktutsug i bostaden kan påverka tryckförhållandena och öka inläckaget.

Läckflödet kan påverka innemiljön på olika sätt. Om det bara handlar om otätheter runt fönster och dörrar (vanliga problem) mm. i en ren omgivning, kan läckflödet ibland vara positivt eftersom det ökar luftväxlingen. Men samma otätheter skapar kyla och drag vintertid. Läckflödet från grunden eller från golvbjälklag är ofta förorenat (möglig kryppgrund, fuktskadat "skurgolv", matos eller rök från grannen under (eller vägg i vägg!)). Infiltration via fuktskadade ytterväggar för med sig mikrobiella emissioner.

Mätning av läckflöde vid nybyggnation

En vanlig metod för att mäta läckflödet för nybyggda bostäder är att tätta alla ventilationsdon och sedan utsätta bostaden för 50 Pa undertryck, samtidigt som man mäter luftflödet genom den fläkt som skapar undertrycket. Detta luftflöde divideras sedan med den omslutande arean, dvs. sammanlagda arean för golv, väggar, tak. Man får ett värde med sorten l/s per m². Observera att ur luftkvalitetssynpunkt är den **totala** omslutande ytan intressant, inte bara ytan mot icke-uppvärmda ytor. Även i befintliga självdragshus är det möjligt att mäta luftläckaget (metod [B6](#), [B7](#)).

Moderna, väl tätade byggnader kan uppnå ett läckflöde som är lägre än 0,2 l/s/m² vid 50 Pa. Vid en undersökning av tätheten hos hundra **nybyggda** bostäder visade det sig att värdena varierade mellan 0,11 till 2,5 l/s/m² med ett medianvärde på ca 0,6 l/s/m² ([4](#)). De flesta byggnader med självdrag är ju äldre, så man bör inte vara förvånad om läckflödet ofta ligger över 1 l/s/m². Utan egen mätning är det svårt att veta läckflödet i ett innemiljöärende. Det finns så många faktorer som spelar in, t.ex. byggselarv, ombyggnationer, material som åldrats. Det är ju inte heller troligt att lufttätheten är lika stor hos olika byggnadsdelar: i en yttervägg, i en lägenhetsskiljande vägg, i golvet mot kryppgrunden, i taket...

Tryckfall och tryckförluster

Det ventilerande luftflödet passerar i tur och ordning flera seriekopplade komponenter på sin väg genom bostaden: uteluftdon/läckflöde, överluftdon, frånluftdon, frånluftskanal och eventuellt en skorstenschuv. Den totala tryckdifferensen över självdragssystemet, **drivtrycket** (orsakad av termiska drivkrafter och vinden) driver luften genom de seriekopplade komponenterna. Luftflödet orsakar **tryckfall/tryckförluster** över varje komponent. Drivtrycket kan ses som summan av alla tryckfall längs en av luftens strömningsvägar.

Ofta är luftväxlingen dålig/luftflödet för lågt vid självdrag. Vid seriekopplade komponenter gäller det då att hitta och åtgärda de komponenter i den seriekopplade kedjan som har lägst A_k -värde, dvs. högst tryckfall. Ofta är **uteluftdonen för små** eller för få utan att detta kompenseras av inläckage via klimatskalet. Ett vanligt problem är att man i efterhand tätat klimatskalet och på så sätt minskat läckflödet (infiltrationen), detta utan att samtidigt förbättra uteluftdonen. Det är också viktigt att överluftdonen till sovrum, kök, bad, dusch, tvätt, WC och förråd är tillräckliga. Dessa bör skapas medvetet i form av t.ex. spalter eller hål under eller över dörrarna till hallen. Ofta har man glömt detta. Om sovrumsdörren hålls stängd på natten, blir luften tvungen att leta sig fram genom eventuella ofrivilliga springor. Det är förhållandevis enkelt att skapa rejäla överluftdon som inte bromsar luftflödet i onödan (sänka en tröskel eller borra hål).

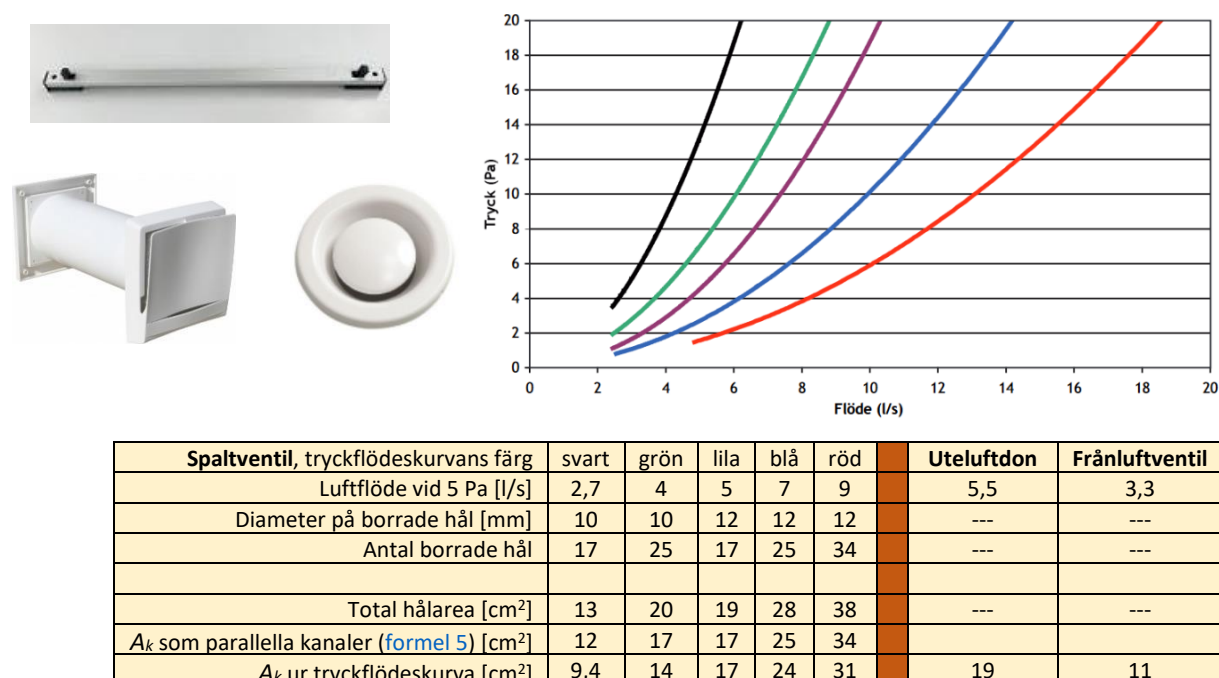
Den totala genomströmningsarean hos uteluftdon plus läckflödet i ett visst rum, avgör också hur stor del av den totala uteluften som ventilerar just det rummet. Genom att jämföra genomströmningsareor mellan olika rum får man uppfattning om hur uteluften fördelar sig mellan rummen. Ett sovrum för två bör t.ex. ha dubbelt så stor total genomströmningsarea jämfört med ett sovrum för en person.

Spaltventiler och frånluftsventiler kan ge för låga uteluftflöden

1995 gav Boverket ut en handbok om självdragsventilation (5). Där redovisas bl.a. tidigare byggnormer (före 1980) som grundade sig på gamla erfarenheter, erfarenheter som ofta saknas numera, även bland branschfolk. Där fanns minimikrav på tvärsnittsarea hos uteluftdon och frånluftskanaler:

Uteluftdon: 30 cm ²	Skafteriventil: 150 cm ²	
Kökskanal: 200 cm ²	Badrumskanal: 150 cm ²	Kanal till extra toalett: 100 cm ²

Ofta sätter man numera in spaltventiler med flera små borrade hål genom översidan av fönster i sov- och vardagsrum samt vanliga frånluftsventiler i våtrummen. Båda dessa ventiltypen är avsedda för fläktstyrd frånluftsventilation med högre tryckfall, över 10 Pa. Exempel på utseenden hos ventilationsdon, **tryckflödeskurvor** och flödestabell finns i figur 5.



Figur 5. Överst t. v. visas en vanlig typ av spaltventil med borrade 10 mm hål. Under t.v. en annan typ av uteluftdon. Under t.h. en vanlig typ av frånluftsventil i t.ex. badrum. Till höger visas typiska tryckflödeskurvor för spaltventiler av olika storlekar. Underst en tabell över uppmätta luftflöden vid 5 Pa tryckfall samt beräknade A_k -värden utgående från tryckflödeskurvorna vid 5 Pa (formel 4), dels beräknade som parallellkopplade kanaler enligt formel 5.

I självdragsbostäder kan det totala drivtrycket ofta vara lägre än 10 Pa, vilket innebär att tryckfallet över donen ofta bara är några enstaka Pa. Därför måste man kontrollera mot ute- och frånluftdonens tryckflödeskurvor om de verkligen klarar att leverera det luftflöde som krävs. I ett sovrum för två personer är minimikravet 8 l/s men önskvärt är ca 20 l/s ([s. 16-19](#)). Med hjälp av tryckflödeskurvor och [formel 4](#) kan A_k -värden beräknas för de olika donen. Man ser att A_k -värdena för spaltventilerna alltid är lägre än den sammanlagda arean för de borrade hålen och att små hål har lägre A_k -värde än större hål med samma totala yta. Om tryckflödeskurva saknas kan man beräkna de borrade hålen som små kanaler enligt [formel 5, 6, 6a](#). Detta ger bättre uppskattning av A_k -värdet än bara själva hålarean.

Vädringsluckor

Vädringsluckor är mindre än fönster men större än uteluftdon. De brukar enkelt kunna låsas till en springa av viss storlek. De är avsedda för att dels ge bättre luftväxling under den varma årstiden, dels kunna öppnas kortvarigt vid tillfälliga behov, t.ex. matlagning. Men de bör kompletteras med vanliga uteluftdon som kan vara öppna året runt. I annat fall finns stor risk för dragproblem under den kallare årstiden eftersom de inte ger dragfri tilluft. Risken finns att brukare då stänger dem helt så luftväxlingen blir för låg. Om en spaltventil monteras på vädringsluckan kan man hålla luckan stängd på vintern.

Processventilation/Punktutsug/Hjälpläktar

Processventilation och **punktutsug** är något man normalt kopplar till industriell verksamhet där det är viktigt att skydda en arbetare mot farliga luftföroreningar, t.ex. vid svetsning eller sprutlackering. Principen är att man med ett kraftigt utsug nära föroreningskällan motverkar att luftföroreningar sprids till arbetaren eller till omgivningen. Men även i en bostad förekommer processer som alstrar luftföroreningar som inte bör spridas till omgivningen – även om föroreningarna sällan är lika skadliga. Detta gäller framförallt kök (matos, fukt, värme) och våtrum/tvätttrum/badrum/WC (fukt, värme, lukt). Många bostäder har också en eldstad inomhus (vedspis, vedpanna, kakelugn, braskamin). I eldstäder, kök och våtrum krävs förstärkt frånluft som suger bort föroreningarna vid källan så att de inte sprids till resten av bostaden. Förstärkt frånluft kan åstadkommas genom att ett frånluftdon öppnas till "forcerat läge" (spjället öppnas till en eldstad) eller genom att en liten hjälpläkt startas. Den förstärkta frånluften orsakar tryckförändringar som påverkar tryckbalansen i hela bostaden och ofta stör självdraget. I värsta fall kan även grannlägenhetens självdrag påverkas. I fortsättningen används benämningarna punktutsug och hjälpläktar när frånluftsflödet förstärkts.

Att räkna på självdragssystemet – manuellt, med Excelblad eller beräkningsprogram

Den här metoden gör det möjligt att skapa en bra bild av hur självdragssystemet fungerar och att beräkna/uppskatta luftflödenas storlek. Stort tack till prof. Lars Jensen, Installationsteknik, Lund!

Vid ett besök i en bostad kan man bedöma självdragsanläggningens funktion vid dagens aktuella utetemperatur och vindförhållanden. Men funktionen förändras betydligt vid andra årstider och vid andra vindförhållanden. Genom att räkna på självdragssystemet kan man i förväg förutsäga hur det kommer att fungera vid olika yttre förhållanden. Inget självdrag fungerar med stängda fönster en varm sommar dag. Men genom beräkningarna kan man t.ex. förutsäga vid vilken högsta utetemperatur som självdraget inte kommer att uppfylla gällande krav på luftflöde. Man kan också se hur luften fördelas mellan olika rum vid olika vindriktningar. Beräkningarna ger ett stabilt underlag för en bedömning av självdraget under förutsättning att man gjort en bra uppmätning av komponenternas egenskaper.

För att kunna räkna på självdraget krävs dels formler för att beräkna A_k -värden för olika typer av komponenter, dels formler för serie- och parallellkoppling och slutligen formler för att utgående från bostadens totala genomströmningsarea, A_s , och det totala drivtrycket beräkna det totala luftflödet genom bostaden Q_s och även luftflöden genom enskilda rum. Nedanför finns en beskrivning av de olika formler som används vid beräkningarna. Metod [B3](#) visar steg för steg hur man gör manuella beräkningar av självdraget i en hel bostad. I [bilaga 1](#) finns också ett konkret exempel på hur man räknar manuellt. Man bör alltid börja beräkningarna vid vindstilla förhållanden, dels eftersom vindberäkningarna är osäkra, dels eftersom självdraget även bör fungera även utan vind.

Beräkningarna är inte svåra men består av många steg och man måste vara noggrann. Lars Jensen har tagit fram ett [Excel-blad](#) som underlättar beräkningarna betydligt. Det som krävs är att endast inmat-

ning av data för komponenterna, utetemperatur, vindstyrka, vindriktning samt data för beräkning av termisk drivkraft. Till skillnad mot de manuella beräkningarna kan Excelbladet också ta hänsyn till vindens inverkan samt till eventuella hjälpfläktar/punktutsug. Ett villkor för beräkningarna – manuellt eller med Excel – är att självdragssystemet är centraliserat med gemensam hall. Excel-bladet och instruktioner finns för gratis nedladdning på SWESIAQs hemsida. För mer komplicerade ventilations-system finns beräkningsprogrammet [PFS](#).

Formler för olika komponenttypers genomströmningsarea

Allmänt: Genomströmningsarean för en komponent betecknas A_k [m²].

I formelerna används SI-systemet. Ibland används förenklad notering: $(2 \Delta p_k / \rho)^{1/2}$ betyder $\sqrt{2 \Delta p_k / \rho}$.

En komponent med uppmätt tryckflödeskurva:

$$A_k = Q_k / (2 \Delta p_k / \rho)^{1/2} \quad [\text{m}^2] \quad (4)$$

Q_k [m³/s] är uppmätt luftflöde i någon viss punkt på kurvan

Δp_k [Pa] är motsvarande differenstryck, mätt över komponenten

ρ [kg/m³] är luftens densitet vid tryckflödes-mätningen ($\rho \approx 1,2$ kg/m³ vid 20 °C)

För till- och frånluftdon brukar fabrikanten bifoga en tryckflödeskurva, exempel [fig. 5](#). Observera att donet ska vara rengjort och oskadat för att kurvan ska gälla och att det ska vara fritt flöde på båda sidor som donet. Om en spaltventil monteras innanför en smal springa i en plåtfasad gäller inte tryckflödeskurvan utan det kan bli springan som blir avgörande för storleken på A_k -värdet. Tryckflödeskurvan för en mätstos kan användas för att bedöma om mätstosen kan användas utan att störa frånluftsflödet. Formel 4 går även att använda för **läckflödet** genom klimatskalet: I nybyggda hus brukar man mäta det luftflöde Q_L , som läcker in vid undertrycket $\Delta p_L = 50$ Pa och kan sedan sätta in dessa värden i formel 4.

En ventilationskanal:

$$A_k = (\pi d^2 / 4) / (\lambda l / d)^{1/2} \quad [\text{m}^2] \quad (5)$$

d: Om kanalen är rund är d diametern [m]

Om kanalen är kvadratisk är d kanalens sida [m]

l är kanalens längd [m]

λ är friktionstalet [dimensionslöst]:

För en slät kanal (metall eller plast) sätts $\lambda = 0,025$

För mer sträva ytor (betong, eternit, murat) kan man sätta $\lambda = 0,050$

Observera att det som står ovanför bråkstrecket är en rund kanals tvärsnittsarea, A . Om $\lambda = 0,025$ och kanalen är 40 gånger längre än diametern blir nämnaren = 1 och $A_k = A$.

Böjar i en ventilationskanal

Uppskatta riktningsförändringen i grader för varje böj i kanalen. Summera alla böjars riktningsförändring till ett totalt antal grader, α° . Med samma beteckningar som i (5):

$$A_k = (\pi d^2 / 4) / (\lambda \alpha / 9)^{1/2} \quad [\text{m}^2] \quad (5a)$$

Utlopp från respektive ingång till öppen kanal utan skorstenshuv/frånluftdon

Vid utloppet från en öppen kanal utan skorstenshuv, s.k. fri kanalutströmning:

$$A_k = A \quad [\text{m}^2] \quad (6)$$

Vid ingången till en öppen kanal som saknar frånluftdon:

$$A_k = 3,2 \cdot A \quad [\text{m}^2] \quad (6a)$$

A är tvärsnittsarean hos den kanal som luften strömmar genom.

Övriga komponenter:

För komponenter där tryckflödeskurva saknas, kan A_k -värdet också approximeras som komponentens fria tvärsnittsarea där den är som minst (formel 6). Ett exempel är ett överluftdon i form av en springa över eller under en dörr där man mäter springans längd x höjd [m²].

Sammansättning av komponenter

För att komponenter ska sägas vara **parallellkopplade** krävs att de på båda sidor är placerade mellan gemensamma och stora luftvolymmer. Tryckfallet är lika stort över alla parallellkopplade komponenter. Under de villkoren kan en total genomströmningsarea beräknas genom en enkel addition:

$$A_{\text{parallell}} = \sum A_k \quad [\text{m}^2] \quad (7)$$

Om komponenterna istället är **seriekopplade** blir formeln för den sammansatta komponenten mer komplicerad. För att man ska kunna seriekoppla komponenter får det inte finnas inläckage av luft mellan de seriekopplade komponenterna: *En seriekopplad komponents frånluftsflöde utgör den efterföljande komponentens tilluftsflöde*. Då gäller (jfr formel för parallellkoppling av elektriska motstånd):

$$1/A_{\text{serie}}^2 = \sum 1/A_k^2 \quad (8)$$

För lägenheten i [figur 4](#) gäller t.ex.: $1/A_{\text{serie}}^2 = 1/A_{\text{in}}^2 + 1/A_{\text{öso}}^2 + 1/A_{\text{öbad}}^2 + 1/A_F^2 + 1/A_K^2 + 1/A_M^2$.

Beräkning av det totala luftflödet genom bostaden och luftflödet genom varje rum

Det totala drivtrycket, $\Delta p_{\text{tot}} = \Delta p_{\text{term}} + \Delta p_{\text{vind}}$, kan beräknas ur formlerna [1](#) och [3](#). I praktiken är det mycket svårt att göra pålitliga beräkningar som tar hänsyn till vindtrycket. Man bör till en början nöja sig med att bedöma självdraget vid låga vindhastigheter, dvs. när $\Delta p_{\text{tot}} \approx \Delta p_{\text{term}}$. När man känner Δp_{tot} kan det teoretiska begreppet, systemets **specifika lufthastighet** v_s [m/s], beräknas:

$$\Delta p_{\text{term}} \approx \Delta p_{\text{tot}} = \rho * v_s^2 / 2 \quad [\text{Pa}] \quad (9)$$

ρ är densiteten [kg/m³] som är ca 1,2 kg/m³ vid 20 °C. För praktiska beräkningar kan man skriva:

$$v_s \approx (\Delta p_{\text{term}}/0,6)^{1/2} \quad [\text{m/s}] \quad (9a)$$

När man känner A_k -värden för alla komponenter – och om villkoren för parallell- och seriekoppling är uppfyllda överallt – kan man beräkna en **total genomströmningsarea** A_s för hela bostaden och det **totala luftflödet** genom bostaden Q_s [m³/s]:

$$Q_s = A_s * v_s \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (10)$$

För varje rum i med uteluftdon (sovrums plus vardagsrummet) kan ett totalt A_k -värde, A_i , beräknas. Alla A_i -värden summeras (parallellkoppling) till en total genomströmningsarea, A_{till} , för rummen med uteluft: $A_{\text{till}} = \sum A_i$. Luftflödet Q_i kan sedan beräknas för varje rum med uteluftdon:

$$Q_i = Q_s * A_i / A_{\text{till}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (11a)$$

På motsvarande sätt beräknas luftflödet Q_j för varje rum med frånluftdon (bad- o duschrum, kök mm):

$$Q_j = Q_s * A_j / A_{\text{från}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (11b)$$

(För att få enheten [l/s] ska luftflödena multipliceras med 1000).

Begreppet kvadratisk tryckfall

Alla formler som redovisats är approximativa. Men de fungerar bra för att ge en uppfattning om hur självdragsanläggningen fungerar eller var de stora bristerna finns. [Formel 4](#) har då en central betydelse, inte bara vid beräkningar av A_k -värden ur tryckflödeskurvor, utan också som underlag vid differenstrycksmätningar. Eftersom innetemperaturen oftast ligger nära 20 °C kan formeln förenklas:

$$A_k \approx Q_k / (\Delta p_k/0,6)^{1/2} \quad [\text{m}^2] \quad (4a)$$

Formel 4a visar att man kan bestämma genomströmningsarean genom att samtidigt mäta luftflödet och tryckfallet över en komponent. Formeln kan också skrivas om:

$$\Delta p_k \approx 0,6 * Q_k^2 / A_k^2 \quad [\text{Pa}] \quad (4b)$$

Av formel 4b kan man förstå att i en kedja av seriekopplade komponenter som passeras av samma luftflöde, Q_k , blir tryckfallet över varje komponent omvänt proportionellt mot kvadraten på genom-

strömningsarean A_k , något man kallar **kvadratisk tryckfall**: Fördubblat flöde ger fyrdubblat tryckfall. Formel 4a kan skrivas om på ytterligare ett sätt:

$$Q_k \approx A_k * (\Delta p_k / 0,6)^{1/2} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (4c)$$

Formel 4c visar att man kan uppskatta luftflödet genom en komponent med känt A_k -värde genom att mäta tryckfallet över komponenten. Allmänt visar formeln att om två seriekopplade komponenter A_1 och A_2 passerar av samma luftflöde, Q , så gäller $Q = A_1 * (\Delta p_1 / 0,6)^{1/2} = A_2 * (\Delta p_2 / 0,6)^{1/2}$ och

$$A_1^2 / A_2^2 = \Delta p_2 / \Delta p_1 \quad (12)$$

Hur självdragssystemet kan påverka inomhusmiljön, allmänt

Alla luftföroreningar i bostaden skapar tillsammans den luftkvalitet som påverkar bostadens brukare. Bostadens ventilationssystem – dvs. i detta fall självdragssystemet – påverkar luftkvaliteten på flera sätt: Om bostaden är belägen i en förorenad omgivning kan luftföroreningar sugas in via självdragssystemet. Byggnaden, som bostaden är inrymd i, kan innehålla förorenande verksamheter eller förorenade byggnadsdelar. Självdragssystemet kan sedan bidra till att dessa luftföroreningar tränger in i bostaden. Luftföroreningar, värme och fukt kan även bildas inne i själva bostaden. Det är då självdragssystemets uppgift att föra bort/späda ut föroreningarna, värmen och fukten för att brukarna ska må bra. Ventilationssystemet ska också se till att luften rör sig så att värmen fördelas samt förse brukarna med livsviktigt syre. Men för att vädra ut brukarnas utandade koldioxid behövs så mycket uteluft (se nedan) att det aldrig finns någon risk för syrebrist i en bostad med acceptabel koldioxidhalt.

Självdragssystemets olika uppgifter kommer ibland i konflikt med varandra. Kravet på utspädning av luftföroreningar som bildats inomhus, kan medföra att förorenad luft sugas in i bostaden från förorenande verksamhet – i byggnaden eller omgivningen. På vintern kan den luft som sugas in skapa drag och kyla. Under sommarhalvåret kan den termiska drivkraften bli så svag att självdraget varken klarar av att vädra ut luftföroreningar eller värme – att då öppna fönster är inte alltid en bra lösning.

Brister hos självdragssystemet kan alltså försämrade inomhusmiljön på olika sätt, direkt eller indirekt. En inomhusmiljöutredning kan fokusera på ett eller flera av följande problem:

1. Låga luftflöden ger dålig utspädning av emissioner från bostaden
2. Luftföroreningar tränger in i bostaden utifrån
3. Punktutsug är ineffektiva eller stör självdraget
4. Bostadens fuktillskott omhändertas inte korrekt
5. Bristfällig utformning/placering av utluftdon orsakar dåligt luftutbyte, kyla, drag eller buller
6. Problem kopplade till ombyggnation, underhåll, skötsel

De följande avsnitten innehåller – för varje problemområde – en allmän bakgrund till de praktiska råden och de föreslagna undersökningsmetoderna.

1. Låga luftflöden ger dålig utspädning av emissioner från bostaden

Introduktion

Boverket och Folkhälsomyndigheten ger ut riktvärden med minimikrav på utspädande luftflöden. Men dessa riktvärden utgår från gamla utgångspunkter. Forskning pågår för att bättre anpassa kraven till dagens inomhusmiljöproblem och mätkunskaper. SWESIAQs råd syftar till att skapa hälsosam inomhusmiljö och ge råd grundade på vetenskap och erfarenhet. Detta innebär att en del av den följande texten innehåller avvikelser från myndigheters riktvärden. I dessa fall har avvikelserna motiverats med referenser till forskningsresultat och råden anpassats till förhållanden som bör skapa en bra inomhusmiljö.

Sambandet mellan emission, utspädande luftflöde och luftföroreningskoncentration

För att inte koncentrationerna av de luftföroreningar som bildas/emitteras inom en bostad ska bli för höga måste det finnas ett tillräckligt stort flöde av uteluft som späder ut emissionerna. Det finns en grundläggande ventilationsformel som är viktig att känna till för att förstå hur utluftflödet påverkar

luftföroreningskoncentrationerna. Den kanske ser komplicerad ut men kan förenklas i många fall och förklarar mycket. Formeln ser ut så här (6):

$$C(t) = \frac{m}{Q} - \left(\frac{m}{Q} - C_0 \right) \times e^{-t/\tau} \quad (13)$$

C(t) [µg/l] är koncentrationen av en viss luftförorening i ett rum som funktion av tiden **t** [s].

C₀ [µg/l] är koncentrationen av luftföroreningen vid tiden **t** = 0

m [µg/s] är emissionshastigheten, mängden luftförorening per sekund som avges till rummet

Q [l/s] är luftflödet genom rummet

V [l] eller [dm³] är rummets volym

τ [s] är ventilationens tidskonstant; **τ** = V/Q

En förutsättning för att formeln ska gälla är att luften i rummet är någorlunda bra omblandad så att koncentrationen av luftföroreningen är ungefär lika överallt. Man ser av formeln att när det har gått lång tid, dvs. $t = \infty$, blir exponentialfunktionen $e^{-t/\tau} = 0$ och den sista termen försvinner:

$$\text{Jämviktskoncentrationen } C_j = C(\infty) = m/Q \quad (13a)$$

Jämviktskoncentrationen av en luftförorening är alltså kvoten mellan emissionshastigheten och luftflödet. För att sänka jämviktskoncentrationen, kan antingen emissionshastigheten minskas eller luftflödet ökas. Det bästa är naturligtvis att **minska emissionshastigheten**. Hur snabbt koncentrationen närmar sig jämviktsvärdet avgörs av skillnaden ($C_j - C_0$) och av **tidskonstanten** $\tau = V/Q$.

Jämviktskoncentrationen av en luftförorening avgörs av:

- **Emissionshastigheten m** och **Luftflödet Q**
- Båda har lika stor betydelse
- Rumsvolymen saknar betydelse

Formeln **$C_j = m/Q$** är oftast tillämplig i **bostäder** (stabila förhållanden)

Tidskonstanten $\tau = V/Q$ bestämmer hur snabbt koncentrationen förändras

För att åstadkomma bra luftkvalitet:

- Vilka är luftföroreningskällorna?
- För varje luftföroreningskälla:
 - Hur stor är emissionshastigheten?
 - Hur hög koncentration kan accepteras utan olägenhet/ohälsa?
- Beräkna lägsta acceptabla luftflöde enligt formel 13a

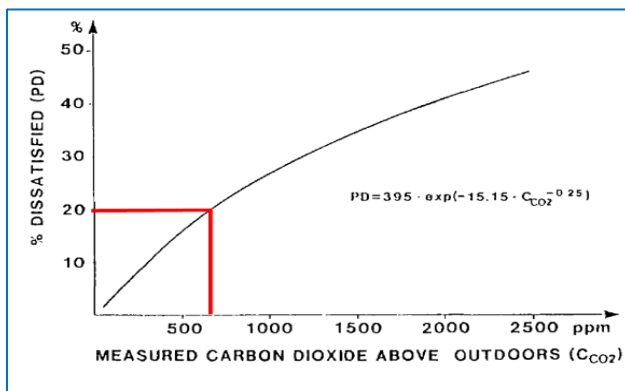
Krav på luftflöden för att späda ut brukarnas egna emissioner

I en bostad finns i princip två intressanta typer av emissionskällor:

- Brukarna själva
- Övriga emissionskällor: byggmaterial, möbler o inredning, verksamheter i bostaden, husdjur mm.

Brukarnas/De boendes emissioner är ofrånkomliga i en bostad. Människor avger/emitterar både värme, fukt och det som kallas **bioeffluenter**, dvs. de olika (mest organiska) typer av luftföroreningar som avges av människokroppen. I bioeffluenter ingår bl.a. **koldioxid**, aldehyder, organiska syror, olika alkoholer, merkaptaner, ammoniak samt hudflagor. Koldioxid bildas vid all förbränning och även vid ämnesomsättningen hos djur och människor.

Koldioxid är lätt att mäta, medan övriga bioeffluenter är många och mer svårsmäta. Under senare år tyder resultaten av några forskningsrapporter på att **ren koldioxidgas** skulle kunna ha en viss, svag kognitiv påverkan på människan. Studierna har visat att försökspersonerna fått svårare att fatta komplicerade beslut i stressande situationer, redan vid så låg nivå som 1000 ppm CO₂ (7, 8). Resultaten är dock omdiskuterade. I det verkliga livet går det inte att skilja effekterna av ren koldioxidgas från effekterna av övriga bioeffluenter. Koldioxid är i alla händelser en **bra indikator** för övriga bioeffluenter.



Figur 6. Vid en människoalstrad CO_2 -halt av ca 650 ppm, upplever 20 % av oadaptrade personer luftkvaliteten som oacceptabel. När kurvan togs fram på 1980-talet var utehalten 350 ppm

Under lång tid har forskare försökt fastställa vad som är en rimlig högsta nivå av bioeffluenter för att vi ska må bra. Det finns mycket forskning sedan 1800-talet och framåt, som tyder på att luften upplevs som tung/instängd vid en CO_2 -halt över ca 1000 ppm, särskilt av oadaptrade personer som kommer in utifrån. Utgående från detta har EU tagit fram riktlinjer för luftkvalitet, där 20 % missnöjda fastlagts som lämplig nivå, se figur 6 (9).

I samband med corona-pandemin gav WHO ut riktlinjer för att minska smittspridning och rekommenderade minst 10 l/s/person som luftflöde, enligt EU-standarden EN 16798-1 (10).

10 l/s/person motsvarar ca 1000 ppm, se nedan. Under senare år har flera studier visat att den kognitiva förmågan försämrats vid CO_2 -koncentrationer (inkl. övriga bioeffluenter) över 1000 ppm (t.ex. 11, 12). Det finns alltså flera skäl till att 1000 ppm bör kunna ses som lämplig högsta nivå för god luftkvalitet och som inte bör överskridas under längre tider.

Riktvärdet 1000 ppm CO_2 , dvs. 600 ppm över uteluftens koncentration, bör alltså underskridas för att undvika komfortproblem (instängd/dålig luft), minska risken för smittspridning av virus, troligen även för att hjärnan ska fungera bättre. På senare tid har man även intresserat sig för och sett effekter av dålig ventilation på sömnkvaliteten (13). För god sömnkvalitet rekommenderas att CO_2 -koncentrationen bör understiga ca 800 ppm nattetid. Detta innebär, trots att CO_2 -avgivningen sjunker när man sover: **luftflödet bör inte sänkas nattetid.**

Vid mätning av koldioxid som alstras av människor inomhus, måste **utomhusluftens koldioxidhalt** dras ifrån mätresultatet. CO_2 -halten utomhus var i början av 1900-talet 300 ppm. Den ökar nu i accelererande takt och är för närvarande (2023) drygt 400 ppm. Om den enda CO_2 -källan inomhus är människor, så betyder ett uppmätt värde inomhus på 1000 ppm att koncentrationen av den CO_2 som avges av människor är ungefär $1000 - 400 = 600$ ppm.

Beräkning av det luftflöde som krävs för god luftkvalitet, under 1000 ppm CO_2

En vuxen, stillasittande människa producerar ca 20 liter CO_2 per timme, vid sängläge ca 15 liter per timme. Vid aktivitet kan produktionen bli betydligt högre, 120 liter per timme eller mer (14). Om människans emissionshastighet för koldioxid räknas om till den mer lätthanterliga sorten liter per sekund:

$$m_{\text{CO}_2} \approx 0,0056 \text{ l/s (sittande)} \quad m_{\text{CO}_2} \approx 0,0042 \text{ l/s (liggande)}$$

Vi antar att några människor – sittande eller liggande – befinner sig i ett rum under stabila förhållanden (t.ex. tittar på TV eller ligger i sovrummet) så att koldioxidkoncentrationen har stabiliserats vid inomhusvärdet C_{inne} [ppm]. Utomhusvärdet – något över 400 ppm – antas vara C_{ute} [ppm]. För att få jämviktskoncentrationen C_j hos den koldioxid som alstrats av människor och drar vi ifrån utomhusvärdet:

$$C_j = C_{\text{inne}} - C_{\text{ute}} \text{ [ppm]}$$

Under stabila förhållanden med bra luftomblandning, gäller sedan [formel 13a](#):

$$C_j = m_{\text{CO}_2} / Q \quad \text{och} \quad Q = m_{\text{CO}_2} / C_j$$

Om C_j uttrycks i *andelar* CO_2 i förhållande till *andelar luft* [liter per liter] ger detta luftflödet Q i [l/s]. Men om CO_2 -halten mäts i ppm (miljondelar), ska C_j först delas med 10^6 :

$$Q = m_{\text{CO}_2} * 10^6 / (C_{\text{inne}} - C_{\text{ute}}) \quad \text{[l/s]} \quad (13b)$$

Nu kan det luftflöde som krävs för att koncentrationen ska bli 1000 ppm vid en *sittande* person, beräknas till: $Q = 0,0056 * 10^6 / (1000 - 400) \approx 9 \text{ l/s}$.

Riktvärde för luftflöde för acceptabel luftkvalitet med hänsyn till bioeffluenter, inkl. CO₂

I det europeiska samarbetsprojektet **HealthVent** har forskarna, utgående från olika studier av hälsoeffekter av bioeffluenter inkl. CO₂, kommit överens om att sätta en **hälsobaserad** maximinivå vid ca 1500 ppm CO₂, 1100 ppm över uteluftens koncentration (15). De mer påtagliga hälsoeffekter som HealthVent tar upp är kognitiva problem, självupplevd sömnhet, ökad CO₂-halt i lungor och blod, påverkan på hjärtrytmvariabiliteten och förhöjd stressnivå. HealthVent har beräknat att – för att CO₂-halten *i genomsnitt* – ska understiga 1500 ppm krävs **minst 4 l/s per person** i luftflöde. Detta luftflöde överensstämmer också med minimiflödet i Folkhälsomyndighetens ventilationsråd (16).

Vid en självdragsutredning bör man försöka uppskatta luftflödet i relation till personbelastningen, både för bostaden som helhet men också i varje sovrum. Luftflödena varierar kraftigt med vädret i självdragshus och kan vara svårsmåta. Men i det här fallet är man egentligen intresserad av CO₂-koncentrationen som också är enklare att mäta.

Krav på luftflöden för att späda ut övriga luftföroreningar som emitteras i en bostad

Från de flesta material vi omges av, avges/emitteras hela tiden olika ämnen, både i gas- och partikelform. Många av dessa emissioner har lukt och/eller skulle vara irriterande/hälsoskadliga om koncentrationen blir för hög. Normalt är dock halterna inomhus mycket låga. Men ibland kan de ändå vara så höga att en känslig näsa kan känna lukter. Kanske kan de också vara en källa till omedveten irritation hos vissa människor. För att hålla halterna vid rimliga nivåer krävs en viss grundventilation.

För ämnen med hälsobaserade riktvärden måste grundventilationen givetvis vara så hög att riktvärdet underskrids. Sådana riktvärden finns endast för enstaka ämnen. Riktvärden för 14 ämnen är framtagna av WHO och EU och har listats av HealthVent-projektet (se *table 1 i 15*). Det är ganska ovanligt att dessa riktvärden överskrids (möjligen med undantag för radon, NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀ och ozon). För övriga luftföroreningar saknas riktvärden.

Sedan lång tid har Boverket och Folkhälsomyndigheten istället fastställt ett **riktvärde för grundventilation** i bostäder på **0,35 l/s per m² bostadsyta**. Men detta luftflöde är inte kopplat till några speciella typer av luftföroreningar och kommer att **slå blint**. Vi vet för litet om hälsoeffekter av långtidsexponering av alla luftföroreningar som kan förekomma. Därför kommer 0,35 l/s/m² ibland att vara ett onödigt strängt krav – vid låga emissionshastigheter av alla hälsopåverkande luftföroreningar. Å andra sidan kommer ibland luftflödet 0,35 l/s/m² att vara otillräckligt – vid höga emissionshastigheter av hälsopåverkande luftföroreningar.

Vid Betsi-undersökningen (17, 18) uppmättes **luftomsättningen** hos ett stort antal bostäder. Luftomsättning n , definieras enligt formeln $n = Q/V = 1/\tau$, där V är volymen hos ett t.ex. rum. Medianvärdet för enfamiljsbostäder var ca 0,35 h⁻¹ och för flerfamiljsbostäder ca 0,47 h⁻¹. Om man antar att takhöjden för de flesta bostäderna var ca 2,5 m, kan luftomsättningen räknas om till motsvarande luftflöde. Luftflödenas medianvärden uppskattades då i enfamiljsbostäder till ca 0,25 l/s/m² och i flerfamiljsbostäder till ca 0,35 l/s/m². Jämfört med riktvärdet var alltså hälften av flerfamiljsbostäderna "underkända" och av enfamiljsbostäderna hela 75 %. Man fann inga samband mellan brukarnas subjektiva besvärsupplevelse och luftomsättningen men mådde i allmänhet bättre i enfamiljsbostäderna än i flerfamiljsbostäderna – trots genomsnittligt lägre luftflöden. Betsi-undersökningen gav alltså inget stöd för att riktvärdet 0,35 l/s/m² skulle ha någon relevans för hur brukarna mådde. Vid Betsi-undersökningen undersöktes tyvärr inte personbelastningen, antalet kvadratmeter/person i bostaden.

Vid en självdragsutredning kan det ibland finns önskemål om att känna till bostadens totala luftflöde för att jämföra med riktvärdet 0,35 l/s/m². Men detta medför två problem:

- Det är inte enkelt att göra pålitliga mätningar av luftflöden i självdragshus
- Ett värde på det totala luftflödet, kan jämföras med riktvärdet 0,35 l/s/m² eller med vad som är vanligt i svenska hem (enligt Betsi). Men det är svårt att relatera mätvärdet till ohälsa.

Kända irriterande/luktande emissionskällor

Ibland påträffas någon källa till lukt inne i bostaden, antingen av brukarna eller av innemiljöutredaren. Det finns många apparater och annat som kan förstöra luftkvaliteten i en bostad: luftfuktare, UV-lampor, ozon-alstrande apparater, doftljus, elektronisk utrustning mm mm. Kanske vet eller misstänker

man att detta är en orsak till inomhusmiljöproblemen. Att öka luftflödet genom bostaden skulle naturligtvis minska luftkoncentrationen och lukten från källan. Men det är sällan praktiskt möjligt att späda ut luftföroreningar från en känd, irriterande/luktande emissionskälla så mycket att luftföroreningskoncentrationerna blir acceptabla, särskilt inte med självdragsventilation där luftflödena är oregelbundna och ofta låga. Man bör därför istället ta bort den misstänkta emissionskällan eller förse den med punktut-sug: En möbel kan bytas ut. Ett luktande golv kan bytas ut, byggas om till ventilerat golv eller förse med emissionsspärr. En kopianator kan placeras i rum med enbart frånluft eller kopplas till punktut-sug.

Sammanfattning

Ventilation är bara ett av medlen för att nå god luftkvalitet, dvs. låga luftföroreningskoncentrationer. I de flesta fall är man intresserad av luftkvaliteten vid stabila förhållanden - vid jämvikt. Vid jämvikt har luftflödet Q och emissionshastigheten m båda lika stor betydelse, enligt formeln $C_j = m/Q$.

Det är i allmänhet mycket bättre och enklare att försöka påverka/eliminera en luftförorening, dvs. minska m , än att späda ut den genom att öka Q . Detta är dock inte möjligt med emissioner orsakade av människor (och husdjur), dvs. bioeffluenter inkl. koldioxid.

Om bostaden klarar riktvärdet $0,35 \text{ l/s/m}^2$ kan riktvärden med hänsyn till personbelastning omvandlas till ett krav på **minsta golvyta per person**: $9/0,35 \approx 26 \text{ m}^2/\text{person}$ resp. $4/0,35 \approx 12 \text{ m}^2/\text{person}$.

För **god luftkvalitet** bör CO_2 -koncentrationen understiga: **<1000 ppm dagtid**

<800 ppm i sovrum

För att åstadkomma så låga CO_2 -koncentrationer krävs:

> 9-10 l/s/person

Detta luftflöde gäller både sittande och sovande personer

Vid fysisk aktivitet behövs högre luftflöden

Vid $0,35 \text{ l/s/m}^2$ motsvarar det: **> 26 m² per person**

Ur hälsosynpunkt bör CO_2 -halten understiga: **<1500 ppm**

Det motsvarar: **> 4-5 l/s/person**

Vid $0,35 \text{ l/s/m}^2$ motsvarar det: **> 12 m² per person**

Ovanstående gäller om CO_2 -koncentrationen utomhus är ca 400 ppm
 $0,35 \text{ l/s/m}^2$ är ingen garanti för bra luft utan en **provisorisk grundventilation**

Det behövs **mer forskning** om långtidseffekter av olika emissioner i låga koncentrationer

2. Luftföroreningar tränger in i bostaden utifrån

Tre vägar för bostadens tilluft

Vid självdragsventilation kan luft komma in i bostaden via tre olika vägar:

7. **Via uteluftdonen.** Antal, storlek och eventuella filter påverkar genomströmningsarean och därmed luftflödet genom uteluftdonen.
8. I form av infiltration/**inläckage via klimatskalet**: väggar, dörr- och fönsterotätheter, golv, tak mm. Självdragsanläggningar finns ofta i äldre, otäta byggnader. Det betyder att en betydande del av uteluften kan komma in den vägen. Om en sådan byggnad tätas för att spara energi, kan luftflödet bli otillräckligt om inte uteluftdonens genomströmningsarea ökas samtidigt. Luft som infiltreras via större springor är helt ofiltrerad. Luft som infiltreras via väggisoleringen är visserligen delvis filtrerad men kan samtidigt bli förorenad av fibermaterial eller om det finns gamla fuktskador i isoleringen.
9. **Inläckage från andra delar av byggnaden** som kan vara förorenade, t.ex. från en krypgrund, en möjlig vind, ett bilgarage, en granne som röker eller lagar mat.

Hur bostadens tilluft fördelas mellan dessa tre olika källor är beroende av genomströmningsarean för den luftväg som leder till respektive källa. Önskvärt är naturligtvis att så mycket som möjligt av tilluften kommer via uteluftdonen där den kan regleras.

Uteluften går inte att filtrera tillräckligt bra

Luftföroreningar i omgivningen runt en bostad påverkar luftkvaliteten inomhus. I byggnader med mekanisk ventilation brukar man placera luftintaget på en ren plats (på taket mot en bakgård) och montera bra luftfilter på den luft som sugas in.

Detta är omöjligt vid självdragsventilation. Luftintaget kan inte placeras på taket, utan måste placeras så lågt som möjligt för att inte minska den termiska drivkraften. De flesta uteluftdon saknar filter och om det finns filter så är de endast av typen grovfilter, ofta tvättbara. Dessa filter stoppar inte gaser, sot eller små partiklar men minskar ändå luftflödet med kanske 20 %. När inläckage av uteluft sker genom klimatskalet i gamla, otäta hus saknas kontroll av den inläckande luftens renhet.

För att filtrera bort de farligaste, minsta partiklarna måste luftfilter vara mycket täta. Omfattande forskning har visat att de minsta partiklarna, s.k. $PM_{2,5}$ ($<2,5 \mu m$) är en orsak till **överdödlighet i bl.a. hjärt-/kärlsjukdomar** (19). Flera tusen personer uppskattas dö i förtid i Sverige av den orsaken. Dessa partiklar alstras vid olika typer av förbränning, bl.a. av fordon med förbränningsmotorer och vid vedeldning. Det finns filter som filtrerar bort dessa partiklar men filtren ger för höga tryckfall (för låga A_k -värden) för att kunna användas i självdragsventilation. I tätorter med mycket biltrafik och i allmänt förorenade miljöer, kan det därför starkt ifrågasättas om självdragssystem är en lämplig ventilationslösning.



Undersök omgivningen!

Brukarnas upplevda **innemiljöproblem** utgörs sällan av sådan allvarlig men smygande sjuklighet som hjärt-/kärlsjukdomar eller lungcancer (radon). Oftast rör det sig istället om akuta obehag och hälsobesvär, t.ex. obehaglig lukt eller astmaattacker. Det som bedöms blir då inte i första hand koncentrationen av $PM_{2,5}$, utan risken för inläckage av luktande/irriterande avgaser från bilar/bussar (bl.a. marknära ozon sommartid), närhet till industrier, djurhållning, restauranger, grannars rökning eller vedeldning osv. Även själva uteluftdonen och eventuella filter kan vara förorenade och påverka innemiljön.

Eftersom luften inte går att filtrera måste utemiljön runt bostaden vara fri från luftföroreningar i tillräckligt hög grad. Vissa typer av luftföroreningar går att mäta (partiklar, sot, ozon, kväveoxider t.ex.) men i många fall måste man nöja sig med en allmän bedömning av verksamheterna i omgivningen, använda näsan och lyssna på brukarnas åsikter och tankar.

Inte bara nackdelar med inläckage genom klimatskalet

I nya byggnader ställs krav på hur mycket luft som får läcka in per m^2 fasadyta, ofta vid 50 Pa testtryck. I äldre byggnader kan givetvis **läckflödet/infiltrationen** vara mycket större. Med stora läckflöden blir det svårt att reglera bostadens luftväxling: om man stryper uteluftdonen, ökar undertrycket och mer luft läcker in/infiltreras. I många självdragshus är det nödvändigt med visst inläckage för att de ventilerande luftflödena ska bli tillräckligt stora. Detta är något som kan behöva accepteras. Det viktiga är att inläckande luft inte är förorenad eller medför drag.

Luftföroreningar kan tränga in i bostaden från oönskade platser inom byggnaden

Inte bara fasaden är otät utan även innerväggar, golv och tak. Inläckaget kommer alltså från många ytor och platser i byggnaden. Byggmateriens täthet samt tryckskillnaderna mellan olika byggnadsdelar kommer att avgöra hur luften rör sig. Tryckförhållandena är därför viktiga att känna till.

Ofta ligger vistelsezonen i ett visst undertryck jämfört med omgivningen. I olyckliga fall kan då förorenad luft sugas in från andra platser i byggnaden. Det kan handla om otätheter i klimatskalet där uteluft sugas in via smutsigt eller fuktskadat isoleringsmaterial. Men det finns också andra risker: inläckage via golvbjälklaget från fuktskadad kryppgrund, från bjälklagsisolering under "skurgolv" i gamla flerbostadshus, via brevinkast i trapphus. Otäta genomföringar eller otätt golvbjälklag kan leda upp röklukt eller matos från grannen eller avgaslukt från garage i källarplan. Vid kraftigt undertryck kan luft dras in

från ett fuktskadat vindsutrymme. Det kan finnas förorenande verksamheter i samma byggnad, t.ex. frisersalong eller restaurang. På motsvarande sätt lämnar en del av den egna bostadens luft inte huset via frånluften, utan kan tränga in hos grannen i flerbostadshus eller upp på vinden i enfamiljshus.

3. Punktutsug är ineffektiva eller stör självdraget

Luftföroreningar som skapas lokalt i bostaden bör ventileras bort innan de når vistelsezonen. I en bostad handlar detta mest om matos/vattenånga/värme i köket samt vattenånga/värme/luft i våtrum. Särskilt torktumlare eller torkskåp alstrar mycket fukt och värme som måste tas omhand. Ibland kan det förekomma att brukaren bedriver någon speciell verksamhet som alstrar luftföroreningar, t.ex. hemmakontor med kopiator, hobby med lödning osv. Då bör man planera så att verksamheten bedrivs nära ett frånluftdon eller med särskilt **punktutsug**. Punktutsug kan åstadkommas, antingen genom att man öppnar ett frånluftdon maximalt och på så sätt ökar luftflödet, eller genom att man installerar en hjälpfläkt. Även eldstäder i en bostad fungerar som kraftiga punktutsug, se nedan.

Självdagsventilation fungerar tack vare en komplicerad balans mellan storlek och placering av olika ute- och frånluftdon. Donens placering, utformning, underhåll och reglering, öppnande av fönster/dörrar samt vädret kan störa den känsliga balansen. På punktutsug ställs krav på effektivitet, något som ofta innebär stora luftflöden och därmed stort undertryck i bostaden. Framförallt de elektriska hjälpfläktarna kan då ge störningar i självdragssystemet. Observera att vid självdagsventilation förutsätts att **hjälpfläktar inte får gå kontinuerligt** utan endast sättas på kortvarigt vid behov.

Krav på punktugsugens effektivitet

I kök utan mekanisk fläkt är det extra viktigt att spiskåpan har stor volym och går långt ner så att matos och vattenånga fångas upp. Dessutom krävs en rejält tilltagen frånluftskanal ovanför spisen och att motsvarande frånluftdon kan öppnas ordentligt så att luftflödet forceras vid matlagning. Allmänna rekommendationer för spiskåpor finns i referensen *Ducted Range Hoods* (20).

I våtrum måste den alstrade fukten tas om hand snabbt för att inte fuktskador ska uppstå. För att allmänt minska fuktbelastningen är det naturligtvis bra med vädringsfönster och att vatten på golvet torkas bort efteråt. **Luftavfuktare** är ett effektivt sätt att ta hand om fukt utan att störa självdraget.

Risker med punktutsug

Bakdrag, dubbelcirkulation

Punktutsug medför en forcering/kraftig ökning av frånluftsförlödet på en viss plats (oftast i köket, badrummet eller i en eldstad) så att luftföroreningar sugas bort. Bostadens undertryck ökar då och det finns risk för att luftflödet vänder riktning i någon av de övriga frånluftskanalerna med enbart självdrag. Detta kallas **bakdrag**. Bakdrag kan även uppstå av andra orsaker om det blir obalans mellan uteluft och frånluft. Man kan uttrycka denna obalans som att de sammanlagda A_k -värdena för rummen med uteluft är klart lägre än de sammanlagda A_k -värdena för rummen med frånluft ($A_{till} < A_{från}$ i formel [11a](#), [11b](#)). Detta kan medföra att luftriktningen vänder i en av frånluftskanalerna. Obalansen kan i sin tur bero på:

- Otillräckligt antal eller för små uteluftdon
- Att uteluftdonen strypts för mycket (vanligt vintertid när det drar kallt)
- Tätning av klimatskalet i efterhand som gett minskat läckflöde

Otillräcklig uteluft, dvs. låg genomströmningsarea A_{till} , medför att självdraget blir särskilt känsligt för forcerad frånluft genom hjälpfläktar. När väl luftflödet vänt i en frånluftskanal kan det (särskilt vintertid) uppstå något som man kallar **kallras**. Vid kallras kyls frånluftskanalen ner av den kalla luften som strömmar in så att den termiska drivkraften upphör i denna kanal. Det kan sedan vara svårt att få luftflödet att vända åt rätt håll. Man kan försöka att värma kanalen genom att spruta in varmluft från en hårtork. En mindre vanlig orsak till bakdrag är att stark vind pressar ner luft genom en av kanalerna, något som i sin tur kan bero på olämplig utformning av skorstensmynningen.

Det kan också hända att en del av en frånluftskanal med stor tvärsnittsarea börjar fungera som tilluftskanal, samtidigt som en annan del av samma kanal fungerar som frånluftskanal, s.k. **dubbelcirkulation**. Vid både bakdrag och dubbelcirkulation minskar bostadens luftväxling kraftigt, särskilt om orsaken är

att brukare stängt av ventilationsdon som det drar kallt ifrån. Den låga luftväxlingen ökar risken för fuktskador och de ändrade luftriktningarna riskerar att sprida lukter både inom bostaden och till grannar i flerfamiljshus. Observera att den luft som kommer in via frånluftskanalen vid bakdrag/dubbelcirkulation kan vara förorenad.

Bl.a. för att undvika bakdrag, bör man vid forcerat luftflöde **öppna fönster/vädringslucka** på lämplig plats för att möjliggöra ökat inflöde av uteluft. Man bör dessutom kontrollera att bakdrag inte uppstår någonstans och att forceringen inte orsakar olägenheter i omgivningen, se nedan. **Stäng av forceringen efteråt**, helst med hjälp av en timer, temperatur- eller fuktgivare!

Eldstäder

Många bostäder har en eldstad inomhus (vedspis, vedpanna, kakelugn, braskamin). Vedeldning är en process som alstrar stora mängder skadliga rökgaser. Bra fungerande processventilation krävs i form av en särskild rökkanal i skorstenen. Om inte förbränningsluften tas utifrån, kommer eldstaden att fungera som ett **kraftigt punktutsug** när man eldar i den. På grund av att de stora mängder förbränningsluft som krävs, kan eldstaden ge allvarliga störningar och orsaka bakdrag i någon av de andra frånluftskanalerna. Även när den inte används fungerar ofta rökkanalen som frånluftskanal. Spjället kan vara stängt eller öppet men även i stängt läge brukar luft kunna passera genom kanalen. I olyckliga fall, om det finns ett annat kraftigt punktutsug kan till och med en rökkanal bli tilluftskanal, kanske när elden håller på att slockna. Då kommer rökgaser in i bostaden med risk för kolmonoxidförgiftning.

Andra risker med punktutsug

Vid fläktdrivna punktutsug får det inte finnas **backspjäll**, eftersom de hindrar det normala luftflödet för mycket när fläkten är avstängd. Även själva fläktens utformning kan hindra självdraget när den står stilla. Bilden visar en fläkt med stor yta mellan fläktbladen (stort A_k -värde) som inte påverkar självdragsflödet nämnvärt.



I **kök** är det vanligt att man monterat en **fläkt med fettfilter** ovanför spisen för att förbättra utsug av matoset. Men en stor risk i flerfamiljshus är då att den extra fläkten över spisen skapar ett övertryck i frånluftskanalen. Då kan matoset strömma in i andra lägenheter som är anslutna till samma kanal eller – om kanalen är otät – medföra att matos läcker ut på vinden eller på andra ställen. Fettfilter medför alltid en begränsning av självdraget vid avstängd fläkt och måste rengöras regelbundet. En s.k. **kolfilterfläkt** som recirkulerar matoset efter filtrering, är inte heller någon perfekt lösning. Kolfiltret tar inte hand om den fukt som bildas vid t.ex. långkok och renar inte heller alla andra luftföroreningar. Kolfilterfläkten måste alltid kompletteras med frånluft för allmänventilation. Den gamla frånluftskanalen får alltså inte stängas av.

Motsvarande problem finns när luftflödet forceras i **bad-/dusch-/tvätttrum**, antingen genom att frånluftsventilen öppnas helt eller genom en elektrisk fläkt. Även här är det viktigt med tillräcklig uteluft. Om vädringsfönster saknas, måste överlufdonet till våtrummet ha tillräcklig genomströmningsarea och ett fönster bör öppnas på annan plats i bostaden. En forceringsfläkt innebär också risk för störningar hos grannar med gemensam frånluftskanal, därför bör det övertryck som fläkten skapar inte vara för stort när den är igång.

4. Bostadens fukttillskott omhändertas inte korrekt

Vid hög luftfuktighet (RH-värde över ca 70-75%) under någon vecka startar mikrobiell växt och eventuellt kemiska nedbrytningsprocesser på ytor i en bostad eller inne i byggnadskonstruktionen. Sådana fuktskador kan bl.a. orsaka hälsobesvär och måste undvikas.

I en bostad bildas alltid en viss mängd fukt. I olyckliga fall kan också fukt tränga in i bostaden utifrån, t.ex. sugas upp från marken eller genom väggar vid slagregn. Genom att mäta luftfuktigheten i inomhusluften kan man jämföra med vad som är normalt och om fukten riskerar att orsaka problem. Men eftersom fukt hela tiden tillförs utifrån via uteluften, måste man, för att veta vad som producerats inomhus, från mätresultatet först dra ifrån uteluftens fukthalt. Skillnaden mellan **ånghalten (absoluta**

luftfuktigheten) i bostaden och ånghalten i utomhusluften, kallas **fukttillskott** och är ett mått på koncentrationen av den vattenånga som alstras i bostaden*.

Absolut luftfuktighet ska inte förväxlas med **relativ luftfuktighet som är kvoten mellan vattenångans aktuella partialtryck och vattenångans partialtryck vid mättat tillstånd och samma temperatur, uttryckt i procent (% RH). Absoluta luftfuktigheten kan beräknas ur relativa luftfuktigheten med hjälp av **Mollierdiagram**.*

Fukttillskott = Ånghalt i bostaden eller i ett utrymme – Ånghalt utomhus [g vattenånga/m³ luft]

Folkhälsomyndigheten anger som tumregel att fukttillskottet bör understiga **3 g/m³**. Enligt den stora Betsi-undersökningen var medelvärdet för småhus 1,8 g/m³ och för flerbostadshus 1,2 g/m³ (**17, 18**). Vid ett normenligt luftflöde genom bostaden på 0,35 l/s/m², motsvarar 3 g/m³ en genomsnittlig ångproduktion på $3 \times 0,35 \text{ mg/s/m}^2 \approx 1 \text{ mg/s/m}^2$. Det betyder ca 6 liter vatten/dygn i en 70 m² stor lägenhet. Det fukttillskott som skapas inne i bostaden bör ventileras bort, dels genom punktutslug/hjälpläkt i bad/dusch/kök, dels genom allmänventilationen. Om fukttillskottet är för högt finns det risk för fuktskador. Antingen är då fuktalstringen onormalt hög eller så fungerar ventilationen för dåligt. Luftutbytet kan vara för lågt i hela bostaden eller enbart lokalt, t.ex. under ett badkar eller bakom ett skåp.

Om luftfukten inte ventileras bort tillräckligt snabbt kommer den att vandra/förflytta sig inom byggnaden. Hur fukten rör sig beror bl.a. på den absoluta luftfuktigheten i olika delar av en byggnad. Fukten rör sig genom **diffusion** från hög till låg luftfuktighet. Fukten kan bl.a. diffundera *ut* genom ett otätt klimatskal (utan diffusionsspärr) och sedan kondensera i isoleringen så att det uppstår fuktskador. Detta kan ske trots att luften p.g.a. undertrycket i bostaden rör sig i motsatt riktning utifrån och in.

Variationer i **tryckförhållanden** medför att luft strömmar mellan olika byggnadsdelar – **konvektion**. Den strömmande luften kan också föra med sig fukt. Övertryck relativt uteluften kan uppstå i de övre delarna i en byggnad, t.ex. i en tvåvåningsbostad med öppen genomgång mellan våningarna. Övertrycket kan leda till att fuktig inneluft rör sig ut genom klimatskalet eller t.ex. upp på en kall vind. Vindarna är numera ofta kallare än tidigare när de inte längre värms av en varm skorsten och eftersom de är bättre isolerade. Fukt underifrån kan kondensera i isoleringen till vinden eller på kallvindens väggar och orsaka fuktskador. När tryckförhållandena ändras (vid annan väderlek/när punktutslug startas), kan emissioner från fuktskadorna tränga in i bostaden. Därför bör man utreda olika tryckskillnader (över- och undertryck) gentemot omgivningen: mot uteluften, krypgrund, vind, trapphus osv. För att motverka dessa luft- och fuktvandringar krävs en diffusionsspärr (ofta helt tät plastfolie) mot vinden och på insidan av väggisoleringen.

Kanal av	Ungefärlig läckning ggr klass A
murade betongblock	3-10
gjuten betong	1
murad lättbetong	10-25
murat tegel	10-15
asbestcement	10-15
plåt (före 1962)	2-10
plåt, cirkulärt tvärsnitt	0,25-2
plåt, rektangulärt tvärsnitt	0,5-3

Figur 7. Läckage genom olika typer av frånluftskanaler

Fig. 7 visar att det har betydelse vilka material frånluftskanalerna byggda av. Med en otät frånluftskanal hamnar en del av frånluften på oönskade platser. Fuktig frånluft kan läcka ut på en kall vind och orsaka fuktskador. Samtidigt minskar självdragets drivtryck.

Fukttillskott som indikator på hur bra ventilationen fungerar

Mätningar av fukttillskottet kan användas som indikator på hur bra ventilationen i bostaden tar hand om emissioner och föroreningar generellt. Ånghalten kommer snabbt i jämvikt i ett öppet utrymme vilket kan vara bra att känna till vid mätning av fukttillskott. Det kan ta betydligt längre tid för temperaturen att ställa in sig i jämvikt.

Det tar ju alltid tid för ventilationen att späda ut emissioner. Därför finns risker med att mäta momentanvärden av fukttillskottet i utrymmen som periodvis har kraftig fukttillförsel, t.ex. i duschrum. I denna typ av miljöer är det bättre att logga fukttillskottet över minst ett dygn för att se hur det varierar och även få ett medelvärde. För att kunna bedöma hur bostadens ventilation fungerar via mätningar av fukttillskottet, krävs alltså kunskap om hur utrymmet har nyttjats före och under mätningarna. Momentanvärdet är mer stabilt i utrymmen som själva inte producerar fukt, utan där tillförseln kommer via otätheter, t.ex. i vindsutrymmen.

5. Bristfällig utformning/placering av uteluftdon orsakar dåligt luftutbyte, kyla, drag eller buller

Under sommarhalvåret

Självdagsventilationen kan påverka temperaturförhållandena på två sätt. Under sommarhalvåret sjunker det termiska drivtrycket och därmed självdragsflödet genom bostaden. Om det inte är lämpligt att öppna fönster för att vädra (under vår och höst, vid trafikbuller, föroreningar) kan luftflödena bli så låga att överskottsvärme (t.ex. från människor, solinstrålning) inte hinner transporteras bort.

Under vinterhalvåret

Under vinterhalvåret handlar det istället om kyla och drag som påverkar **vistelsezonens** klimat. Låg utetemperatur ökar det termiska drivtrycket och därmed luftflödena. Samtidigt är den luft som kommer in genom uteluftdonen kallare. Självdragsanläggningen kan vara känslig mot vindpåverkan så att vindtryck mot fasaden förstärks av det undertryck som vinden skapar vid skorstensmyningen. Köld-effekterna förstärks av ett otätt **klimatskal** och olämplig placering eller utformning av uteluftdonen.

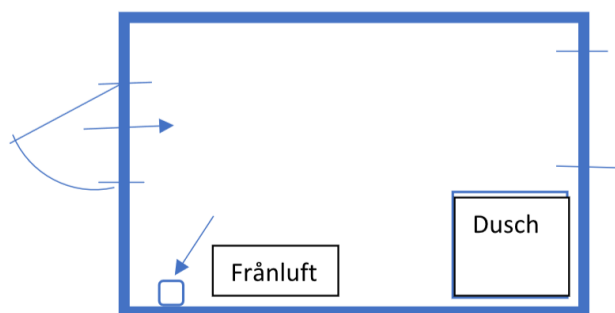
Vi vet ganska bra vid vilken temperatur människor mår bäst, en temperatur som bl.a. beror på vår klädsel och fysiska aktivitet. I Folkhälsomyndighetens *Allmänna råd om temperatur inomhus* finns de riktlinjer och riktvärden man i första hand bör använda sig av vid en bedömning av bostaden när det gäller temperatur och drag (21). Observera att för en korrekt bedömning handlar det inte bara om luftens temperatur utan också om den s.k. **operativa temperaturen** som tar hänsyn till värmestrålning från omgivningen. Den operativa temperaturen bör ligga helst ligga mellan 20-23 °C men sommartid kan några grader högre temperatur accepteras. Dessutom bör inte skillnaderna i temperatur mellan olika platser bostaden vara för stora. Luftens hastighet bör ligga under 0,15 m/s för att man inte ska uppleva drag, dvs. lokal avkylning av kroppen (21).

Uteluftdonens utformning

Uteluftdonens huvuduppgift är att året runt släppa in tillräckliga mängder dragfri uteluft. Eftersom den termiska drivkraften blir mycket låg när utetemperaturen närmar sig innetemperaturen, måste man i självdragssystem alltid räkna med att komplettera med fönstervädning när utetemperaturen börjar närma sig 20 °C. Detta kräver då en omgivning någorlunda fri från buller och luftföroreningar. Luftflödet genom donen bör kunna regleras, dvs. sänkas vid behov när det är kallt ute. I händelse av tillfälliga luftföroreningar utomhus, t.ex. brand, bör donen kunna stängas av helt – men bara tillfälligt! I uteluftdonen bör finnas enklare luftfilter. För att inte störa luftflödet för mycket är det bara möjligt att använda grovfilter (t.ex. av skumplast). Filtren bör enkelt kunna bytas eller tvättas av brukaren själv.

Placering av uteluftdonen

Dålig luftväxling behöver inte bero på att luftflödet är för lågt. Orsaken kan också vara att de don som för in luft i rummet sitter felplacerade i förhållande till de don som för bort luften (överluft- eller frånluftdon). Detta medför att luften kan stå stilla i vissa delar av rummet, s.k. **stagnationszoner**, samtidigt som luftväxlingen är mycket god i andra delar av rummet. För en korrekt mätning av **luftutbyteseffektivitet** krävs spårgas, men oftast är det tillräckligt att bedöma donens placering okulärt eller med teströk.



Figur 8. Exempel på olämplig placering av frånluftdon i duschrum, risk för kortslutning och att fukten vädras ut för långsamt

För att minska risken för kyla och drag vintertid, bör uteluftdonet/luftintaget helst placeras bakom en radiator så att uteluften förvärms. Denna möjlighet saknas vid golvvärme. Om det inte är möjligt att förvärma uteluften, är det viktigt att luftströmningen blir diffus och väl genomtänkt så att drag undviks.

Bullerkrav på uteluftdonen

Kravet att kunna släppa in tillräckliga mängder uteluft med lågt tryckfall kan komma i konflikt med kravet på låga bullernivåer inomhus. Uteluftdon för självdrag alstrar normalt inget buller i sig (till

skillnad mot donen vid fläktstyrd ventilation). Men de består ju i princip bara av ett hål genom fasaden och kan lätt leda in utebuller. Nära biltrafik och andra bullerkällor, bör därför uteluftdonen ha invändig ljudisolering. Folkhälsomyndighetens *Allmänna råd om buller inomhus* innehåller både riktlinjer för mätning och riktvärden för bedömning av buller inomhus (22). Om ljudnivån är hög kan en skiva monteras utvändigt framför donet på så stort avstånd att totala genomströmningsarean inte påverkas nämnvärt. Då minskas både bullret och vindkänsligheten.

6. Problem kopplade till ombyggnation, underhåll, skötsel

Det var bättre förr!

För några decennier sedan var självdragsventilerade bostäder vanliga och det fanns kunskaper om hur de skulle utformas för att fungera bra. Det termiska drivtrycket var ofta högre än nu eftersom frånluftskanalerna låg i anslutning till en rökkanal där man eldade i ved- eller oljepanna, kakelugn, kamin eller vedspis. Om förbränningsluften till värmekällan dessutom togs via rumsluften blev det ordentlig fart på ventilationen vintertid, det termiska drivtryckets ($T_{inne} - T_{ute}$) kunde vara flera hundra grader! På den tiden var självdragssystemen inte lika känsliga. Även sommartid fungerade de bättre eftersom man eldade året runt för att producera varmvatten. Flera rökkanaler samlades i en gemensam skorsten och hjälptes åt med att hålla skorstenen varm så att ett stabilt termiskt drivtryck skapades.

I takt med att dessa värmekällor försvinner blir det svårare att åstadkomma tillräckligt drivtryck för självdraget. Dessutom har okunnig ombyggnation ofta medfört att kanaler och don satts igen. Klaffventiler för ersättningsluft till kakelugnar har tapetserats över. Decentraliserade system kan ha byggts om till centraliserade utan att man skapat nödvändiga överluftdon. Överluftdon i form av en springa under dörren har förstörts när man lagt på nytt golv över det gamla. Man har mycket ofta bytt till nya uteluftdon med små tvärsnittsareor/höga tryckfall som bromsar flödet. Klimatskalet har tätats så att läckflödet minskats, utan att arean på uteluftdonen har ökat i motsvarande grad.

Många bostäder har försetts med fjärrvärme eller värmepumpar. Det har medfört att temperaturen blivit lägre än tidigare i radiatorer med vattenburen värme. Om man inte kompenserat för detta, genom att byta till större radiatorer kan den avgivna värmeeffekten ha blivit för låg. Detta har i sin tur medfört att brukarna stängt uteluftdon för att slippa frysa med dålig luftkvalitet på köpet.

Fastighetsägarens egenkontroll och OVK

Alla ventilationssystem är beroende av bra underhåll och regelbunden kontroll. Olika hinder kan ha uppstått i frånluftskanaler. En bit av en murad kanal kan ha lossnat, en död fågel kan ha ramlat ner och hindrar flödet. Kanaler, uteluftdon och frånluftdon måste inspekteras och rengöras regelbundet så att inte genomströmningsarean minskar och luftmotståndet ökar. Om allt fungerar som det ska (vilket man inte kan lita på!), bör dessa olika typer av problem kunna upptäckas och åtgärdas genom fastighetsägarens egenkontroll och OVK, den obligatoriska ventilationskontrollen. Funkis – Funktionskontrollanternas i Sverige förening har gett ut råd – Faro-S – för hur kontrollen av självdragsanläggningar bör gå till vid OVK (23).



Frånluftsgaller. Foto från Faro-S

Brukarna måste förstå hur självdraget fungerar och ska skötas

Det är inte så lätt att förstå hur självdragssystem fungerar och ska skötas. Alla ute- och frånluftdon bör kunna regleras, helst steglöst. För att undvika bakdrag bör donen aldrig vara helt stängda, med undantag för t.ex. tillfällig brandrök utomhus. Men det är vanligt att brukare stryper/stänger uteluftdon som det drar från. Då ökar läckflödena, det kan börja dra från andra don istället och det kan bli bakdrag. Vid forceringsmöjlighet i kök/våtrum bör man samtidigt öppna fönster/vädringslucka.

Givetvis bör don och eventuella filter rengöras regelbundet. Installation av tvättmaskin och torktumlare/-skåp i badrummet kommer att öka koncentrationen av partiklar och fukt i den luft som sugts ut via frånluften. Varm, fuktig textilludd hamnar i frånluftskanalen där kanalens väggar är kallare än rums-

luften. Fukten och luddet kondenserar och fastnar på kanalväggarna så att kanalen till slut blir helt igensatt. Detta problem kan ibland vara större än matosfettet i kökets frånluft.

I alla utredningar bör utredaren kontrollera att anläggningen underhålls och sköts som den ska. Brukar-
na bör få lättbegripliga instruktioner som grundar sig på vad utredaren kommit fram till, bl.a. rengöring
av filter och hur punktutsugen ska användas. Förslag kan också ges till fastighetsägare om förbättrat
underhåll och/eller ombyggnation av anläggningen.

Referenser

1. [SWESIAQ-modellen](#); SWESIAQ; 2017
2. [SWESIAQs råd vid utredning av ventilationssystem i byggnader med inomhusmiljöproblem](#); SWESIAQ; 2017
3. [Självdagsventilation i flerbostadshus](#); Faraguna C; Rapport TVIT--12/5039; Lunds tekniska högskola, Lunds universitet; 2012
4. [Förbättringsmöjligheter av lufttätheten i byggnader – erfarenheter och exempel från lufttäthetsmätningar](#); Svensson O, Hägerhed L; 2009
5. [Självdagsventilation, Handbok](#); Boverket; 1995
6. Olander L; Ventilation; Studentlitteratur; 1982
7. [Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance](#); Azuma K; Environment Int.; 2018
8. [Low Level Carbon Dioxide Indoors—A Pollution Indicator or a pollutant? A Health-Based Perspective](#); Lowther S. D. et al; Environments; 2021
9. [Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings](#); Europakommissionen; 1992
10. [Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19](#); WHO; 2021
11. [Combined effects of ventilation rates and indoor temperatures](#); Indoor Air; 2022
12. [Associations between acute exposures to PM2.5 and carbon dioxide indoors and cognitive function in office workers: a multicountry longitudinal prospective observational study](#); Environmental Research; 2021
13. [Reviewing How Bedroom Ventilation Affects IAQ And Sleep Quality](#); Ashrae Journal, April 2021, sid. 56-60
14. [Folkhälsomyndighetens hemsida om ventilation](#)
15. [On the Development of Health-Based Ventilation Guidelines Principles and Framework](#); Carrer P; Int J Environ Res Public Health; 2018
16. [Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation](#); FoHMS 2014:18
17. [Så mår våra hus](#); Boverket; 2009
18. [Teknisk status i den svenska bebyggelsen](#); Boverket; 2010
19. [Air quality in Europe 2020 report](#); European Environment Agency; 2020
20. [Ducted Range Hoods](#); ROCIS; 2019
21. [Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperatur inomhus](#); FoHMS 2014:17
22. [Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus](#); FoHMS 2014:13
23. [Faro-S: Allmänna råd för tolkning av brister och fel vid OVK av självdagsystem](#); Svensk Byggtjänst; 2020

Utredning av självdragsanläggning

Allmänt om utredningen

Självdragssystemets utmaningar och undersökningsmetoder

De svaga tryckdifferenser som driver luften påverkas av mycket och luftflödena förändras från dag till dag. Infiltrationen/Läckflödet via oönskade vägar har ofta stor betydelse men kan vara svårt att mäta. När det börjar blåsa lite ute kan självdraget påverkas mycket, men denna påverkan är svår att förutsäga. Mätning av frånluftsflöden med mätstos går ofta inte att genomföra och tilluftsmätningar är i princip omöjliga att göra. Hjälpläktar/Punktutsug kan sabotera systemet. Det är vanligt att både brukare och fastighetsägare är osäkra på hur systemet fungerar. Allt detta medför stora utmaningar för den som ska utreda en självdragsanläggning. Med rätt strategi är det ändå långt ifrån omöjligt att göra en kvalificerad bedömning av självdragssystemet och ge goda råd till fastighetsägare och brukare.

1. Särskilt om det handlar om ett större ärende med flera intressenter inblandade, bör utredningen alltid inledas i en **kontaktgrupp** enligt SWESIAQ-modellen. Även utan formell kontaktgrupp är det viktigt att veta vilken typ av inomhusmiljöproblem som brukarna besvärar av – något som givetvis påverkar inriktning på utredningen.
2. En beräkning av det **termiska drivtrycket** ger grundläggande information utan stor arbetsinsats. Därefter är det nästan alltid lämpligt med en allmän **kvalitativ** undersökning enligt metod [A1](#). Man vandrar runt i bostaden, diskuterar med brukarna och undersöker självdragets **komponenter** översiktligt. Med hjälp av teströk ser man hur luften rör sig i rummen och genom komponenterna, även när man forcerar flödena (kök, badrum...) eller öppnar/stänger dörrar/vädringsluckor. Man undersöker föroreningskällor i omgivningen. Man detaljgranskar bostadens rum för att hitta misstänkta läckagepunkter och för att hitta luftföroreningskällor. Besöker helst vinden och taket. I bästa fall hittar man på det här sättet uppenbara brister i självdraget som kan förklara inomhusmiljöproblemen. OVK-protokollet kan ibland vara en bra informationskälla. Däremot är godkänd OVK långt ifrån någon garanti för att självdragsventilationen fungerar bra.
3. Nackdelen med undersökningarna med teströk är att de endast visar hur självdraget fungerar vid själva besökstillfället och vid en viss väderlek. En bra komplettering är **loggning av temperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt** under någon vecka, metod [C2](#). De loggade kurvorna kan ge en bra förståelse för hur självdraget klarar sina uppgifter under normala förhållanden.
4. Ett lämpligt nästa steg är att **undersöka varje komponent** så noga som möjligt (metod [B2](#)) för att sedan kunna beräkna/uppskatta komponentens **genomströmningsarea** A_k . Med hjälp av A_k -värdena kan man jämföra olika komponenter och hitta systemets svaga punkter (vad som bromsar luftflödet mest). När man vet komponenternas A_k -värden har man fått stabila kunskaper om självdraget som är oberoende av väder och vind.
5. Med beräknade/uppskattade A_k -värden för alla komponenter kan man sedan – vid centraliserade system med gemensam hall – gå vidare och beräkna en total genomströmningsarea för hela systemet. Utgående från den och det termiska drivtrycket är det sedan enkelt att **beräkna bostadens totala luftflöde** och även luftflöden genom enskilda rum, metod [B3](#). För att betydligt underlätta beräkningarna, både av komponenternas A_k -värden och av alla luftflöden kan man använda det [Excel-kalkylblad](#) som finns på SWESIAQs hemsida. Beräkningarna blir alltid ungefärliga men ger en bra bild överblick. I kalkylbladet är det lätt att göra ändringar av olika variabler för att se vad som händer med flödena. En ytterligare fördel med kalkylbladet är att vindens inverkan kan uppskattas och även hur punktutsug/hjälpläktar stör systemet.
6. De kvalitativa indikationerna och de teoretiska beräkningarna, kan behöva bekräftas med mätningar. Den mest användbara mätmetoden som ger direkta, tolkningsbara mätvärden är **differenstrycksmätningar**, metod [B4](#), [B5](#), [B6](#). En bra elektronisk differenstrycksmätare bör ingå i instrumentuppsättningen hos varje inomhusmiljöutredare.

Ovanstående är en översikt över några viktiga metoder vid självdragsutredningen. Men varje utredning är individuell och totalt 17 olika metoder är beskrivna i dokumentet.

Rapporten med mallar

Utredningen av självdragsventilationen bör avslutas med en rapport. Våra råd är inte någon checklista som ska fyllas i. Den innehåller istället förslag på olika undersökningar – metoder – som du som inomhusutredare väljer bland, beroende på vad som är lämpligt i det aktuella fallet. Därför kommer utseendet av din rapport att bli beroende av det enskilda fallet. Men vi föreslår att du ändå följer en standardiserad uppställning av rapporten och så långt möjligt använder våra rubriker och rekommenderade metoder. Ett exempel på uppställning av en rapport följer nedanför.

Undersökning av självdragssystem, Xgatan 24, 3 tr, Y-köping

Allmänna uppgifter

Dagens aktuella data 2021-10-31

A1. Översiktlig, rumsvis genomgång bostaden och av alla komponenter

C1. Loggning av temperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt

Dagens aktuella data 2021-11-20

B1. Noggrann genomgång av systemets komponenter

B3. Differenstrycksmätningar för att avgöra var de största tryckfallen finns

Sammanfattning och förslag till åtgärder

Råd för underhåll och skötsel

För att underlätta rapportskrivningen finns två mallar, se bilderna nedanför. Båda mallarna finns att ladda ner från vår [hemsida](#). Du fyller i de grå fälten och kopierar in mallen i rapporten. I mallen **Allmänna uppgifter** fyller du i allmänna uppgifter om utredningen och objektet. Vid varje nytt besök i bostaden kopierar du dessutom in uppgifter från mallen **Dagens aktuella data**. I övrigt använder du våra rubriker men skriver själv texten. Rapporten bör avslutas med **Råd för underhåll och skötsel**, där det kan vara lämpligt att ta upp de punkter som du ser längst ner på sidan.

Allmänna uppgifter

Uppgifter om bostadsinnehavaren (*namn, kontaktuppgifter*):

Objekt (*bostadens adress, lägenhetsnr etc.*):

Typ av bostad (*lägenhet/villa, etc.*):

Antal våningar i bostaden (inkl. källare, vind):

Uppskattad lyfthöjd **h**: vertikalt avstånd uteluftsdon till skorstensmyrning:

☐ Ventilationsritningar, daterade:

Typ av inomhusproblem/Problembeskrivning:

Uppgifter om inomhusutredaren (*namn, företag, adress, kontaktuppgifter*):

Uppgifter om mätinstrumenten (*namn, fabrikat, kalibreringsdatum*):

Dagens aktuella data

Datum för besök:

Hur upplevs luften när du stiger in i bostaden?

Väderförhållanden vid besöket:

Temperatur **T_{ute}**: °C **T_{inne}**: °C

Nederbörd? Vindriktning (varifrån blåser det, t.ex. S, SV, NO):

Vindstyrka (svag, medel, stark, ...): Vindbyar (inga, måttliga, starka, ...):

Uppskattat termiskt drivtryck **$\Delta p_{term} = 0,04 * (T_{inne} - T_{ute}) * h$** : Pa (<2 Pa Lågt; >10 Pa Högt)

Råd om innehåll och skötsel kan till exempel innehålla nedanstående punkter

- Behov av nya komponenter, t.ex. uteluftsdon
- Förändringar av befintliga komponenter
- Rengöring av komponenter
- Byte/rengöring av filter
- Korrekt reglering av ute- och frånluftsdon
- Öppna eller stängda dörrar
- Råd vid användande av punktutsug
- Synpunkter på OVK

Lista över typer av besvär, tänkbara orsaker och förslag till undersökningar

Kom ihåg att det kan finnas många förklaringar till besvären. Allt är inte upptaget i listan. Metod [A1](#) bör oftast ingå och är inte medtagen. Listan över vanliga besvärstyper utgår från den s.k. **Örebroenkäten**. Under för varje typ av besvär finns några förslag på vad som – i just självdragsventilerade bostäder – skulle kunna vara en besvärsorsak. I rubriken för varje besvärstyp finns hänvisning undersökningsmetoder som kan vara lämpliga. Men det finns inte några raka samband mellan besvärstyp och teknisk brist. Vad en brukare upplever som besvär kan vara väldigt individuellt. Våra utredningsförslag behöver inte vara tillräckliga utan kan ofta behöva kompletteras. Men att noggrant undersöka allt som går att utreda blir mycket tidsödande och kostsamt. Listan bör ses som tips om var man kanske kan börja. I sista hand är det du som utredare och dina erfarenheter som avgör.

Buller från uteluftdon → C4

Dålig ljudisolering av uteluftdon i kombination med buller utomhus, t.ex. trafik

Drag från uteluftdon → C4

Olämplig placering eller utformning av uteluftdonen. Stort drivtryck.

Drag från fönster, ytterdörr, brevinkast → B5, C4

Dåliga tätningslister, stort drivtryck, Stort läckflöde

Drag när det blåser ute → C2, C4, B5, B6

Ejektorverkan vid skorstensmyningen. Vindtryck mot fasaden

Eget matos sprids i bostaden → B4, B2, B3

Otillräckligt punktutsug i köket. Obalans i ventilationssystemet

Lukter utifrån (t.ex. från trafiken) → C1

Lukter kan komma in via uteluftdon eller via springor i klimatskalet, vid fönster, vid ytterdörr.

Matos från grannar → C1, B2, B6

Obalans i ventilationssystemet. Otätheter i bjälklag, genomföringar, fönster, dörr mot trapphus. Stort undertryck. Grannen har köksfläkt i gemensam kanal

Obehaglig eller irriterande lukt → C1, B6

Försök först avgöra om luftföroreningarna kommer utifrån eller produceras inne i bostaden och i så fall var källan finns. Om du inte hittar någon källa, gör en bedömning av luftväxlingen enligt [B2](#), [B8](#), [B3](#).

Tobaksrök eller annan rök från grannar → C1, B2, B4, C5

Obalans i ventilationssystemet, otätheter i bjälklag, fönster, dörr mot trapphus, stort undertryck

Hög rumstemperatur på sommaren → C2, B2, B3

Solavskärmning saknas. Dåligt termiskt drivtryck. Underdimensionerade don och kanaler. Omöjligt ordna tvärdrag (t.ex. fönster bara på en sida, kraftigt buller ute).

Låg rumstemperatur under vinterhalvåret → C2, C4, B8, B6

Otillräckligt värmesystem, drag, inläckage genom klimatskalet, kallras, köldbryggor, stort drivtryck

Imma på fönstren vid matlagning → C2, B8, C3, B2

Otillräckligt punktutsug i köket. Dåligt isolerade fönster. Vädringsfönster saknas

Imma regelbundet på fönstren vintertid → C2, C3, B2, B3, B4, B8

Otillräckliga luftflöden. Högt fuktillskott. Felplacerade uteluftdon. Dåligt isolerade fönster

Kvarstående fuktig luft i bad-/duschrum → C2, B8, C3, B2, B3

Otillräckligt punktutsug. Otillräckliga eller felplacerade över- eller frånluftdon. Vädringsfönster saknas.

Irritation i ögon, näsa, hals, hosta. Hudbesvär → C1, C2, B8, B2, B3

Luftföroreningar och/eller låga luftflöden. Inläckage av luftföroreningar utifrån

Trötthet, tung i huvudet, huvudvärk → C2, B8, B2, B3

Låga luftflöden och/eller luftföroreningar, hög temperatur inomhus. Ute- o överluftdon felplacerade

Instängd, "dålig" luft → C2, B8, B2, B3

Låga luftflöden, luftföroreningar. Ute- o överluftdon felplacerade

Luften känns torr eller dammig → C1, C2, B8, B2, B3

Luftföroreningar, låga luftflöden, hög temperatur inomhus. Ute- o överluftdon felplacerade

Föreslagna undersökningsmetoder

A1. Översiktlig, rumsvis genomgång av bostaden och alla komponenter

Denna översiktliga genomgång av bostaden bör inleda de flesta utredningar:

- Genomgång av bostaden med brukarna.
- Planritning/Skalenlig skiss samt rumsvis genomgång där alla komponenter anges på ritningen.
- Komponenterna undersöks med teströk och översiktliga egenskaper anges i en rumslista
- Särskild undersökning av punktutsugen.

B. Undersökningar vid låga luftflöden/bristfällig allmänventilation

B1. Besök på vind och tak

Undersök frånluftskanalerna *utvändigt* på vinden. Undersök ev. skorstenshuv och kanalerna. *invändigt* på taket. Eventuellt filmning. *Var försiktig! Tänk på fallrisken, ev. kan drönare användas.*

B2. Noggrann genomgång av systemets komponenter

Gå noggrant igenom systemets olika komponenter *invändigt* så långt möjligt och beräkna A_k -värden.

B3. Beräkning/Uppskattning av bostadens luftflöden och tryckfall

Luftflöden totalt och rumsvis beräknas utgående från beräknade A_k -värden. Med hjälp av Excel-kalkylbladet går beräkningarna snabbt och kan ta hänsyn till vind, hjälpfläktar, bostad i flera plan.

B4. Differenstrycksmätningar för att avgöra var de största tryckfallen finns

Differenstrycksmätningar för att kontrollera beräkningarna och avgöra vad som bromsar luftflödet.

B5. Uppskattning av vindens påverkan genom differenstrycksmätning

Differenstrycken över fasad jämförs i olika väderstreck en blåsig dag.

B6. Mätningar och uppskattningar av läckflöden genom differenstrycksmätning

Differenstrycksmätningar med jämförelse mellan avstängda och öppna uteluftdon. Kan kompletteras med beräkningar och luftflödesmätningar för bättre noggrannhet.

B7. Mätning av läckflöden genom trycksättning

En standardiserad mätmetod som ett antal företag kan utföra.

B8. Mätning av frånluftsfloeden

Beskrivning av tre metoder. *OBS! Mätstos kan bara användas om den inte stör systemet!* Totalt frånluftsfloede samt flöden i rum med frånluft kan mätas. För flöden i andra rum krävs andra metoder.

B9. Passiv spargasmätning - långtidsmätning av luftväxlingen

Det säkraste sättet att mäta totala luftväxlingen inklusive läckflöden. Ger medelvärde över flera dygn.

B10. Aktiv spargasmätning för mätning av luftväxling i enskilda rum

Korttidsmätning av total luftväxling i ett enskilt rum.

C. Övriga undersökningsmetoder

C1. Undersökning av risken för att luftföroreningar tränger in i bostaden

Enklare och mer avancerade metoder.

C2. Loggning av temperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt (minst en vecka, helst längre)

Loggning parallellt i flera rum och i början av utredningen ger bra insikt i hur ventilationen fungerar.

C3. Bedömning av risken för högt fukttillskott

En allmän bedömning som grundar sig flera undersökningsmetoder.

C4. Kyla, drag eller buller från uteluftdonen

Mätning av temperaturer, lufthastigheter och ljudnivåer enligt gällande riktlinjer.

C5. Spargasmätning för att spåra läckage mellan utrymmen

Både aktiv och passiv spargasmätning kan användas för att ge tydligare bild av hur föroreningar sprids.

C6. Rökgas för mätning av luftrörelser genom enskilda rum och luftutbyte

Större rökgasmängder från en discorökmaskin används för att ge en visuell bild av hur luften rör sig.

Praktiska råd

Lämpliga mätinstrument och utrustning

Här följer en lista över lämpliga mätinstrument och övrig utrustning samt vilka krav som bör ställas.

- Flera loggrar för mätning parallellt och på olika platser av temperatur, luftfuktighet, koldioxid. Helst utan störande pump. Absolut luftfuktighet beräknas automatiskt av loggern eller tas fram ur **Mollier-diagram**.
- Eventuellt direktvisande luftfuktighetsmätare eller slungpsykrometer
- Eventuellt direktvisande partikelräknare för att påvisa partikulära föroreningar
- Termoanemometer för mätning av temperatur o lufthastighet, noggrannhet minst 0,05 m/s.
- Frånluftsmätare med mätstos. OBS! Kontrollera *alltid* att tryckfallet över stosen är försumbart jämfört med tryckfallet över uppmätt don/kanal, se metod [B8](#).

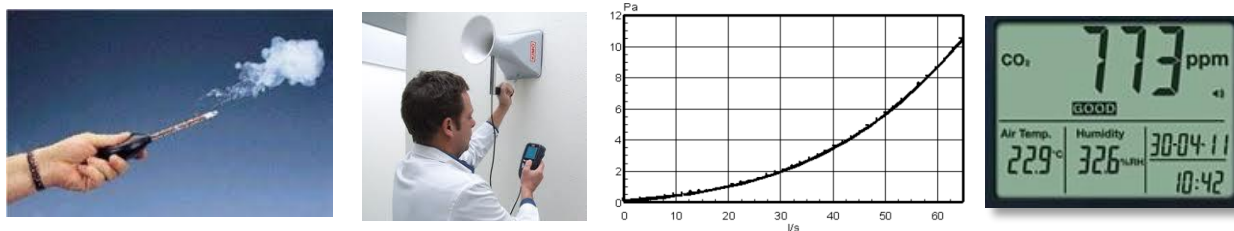


Fig 9. Fr v: Teströk m titantetraklorid. Frånluftsmätning m mätstos. Tryckfallskurva f mätstos. Logger-display: koldioxid, temperatur, luftfuktighet

- **Differenstrycksmätare** (elektronisk). Hög noggrannhet, helst 0,1 Pa och möjlighet till loggning.
- Värmeamera/**IR-termometer** för att spåra inläckage av luft (och köldbryggor).
- Ljudnivåmätare för mätning av dBA momentant
- **Inspektionskamera**/Boroskop för inspektion av ventilationskanaler invändigt
- Teströk: Rökampuller med titantetraklorid fungerar bra tekniskt sett men röken är irriterande. Ett mildare alternativ är rök alstrad ur glycerin. Ofta är brukarna känsliga för luftföroreningar, så använd om möjligt rök som inte irriterar eller varna i förväg.
- Tejp för att täta springor vid tryckmätning
- Ficklampa
- Tumstock och skjutmått för mätning av dimensioner hos komponenter

I utredningsrapporten ska för alla mätinstrument anges: typ, fabrikat, kalibreringsdatum, känslighet. För eventuell stös för frånluftsmätning ska anges tryckfallet vid uppmätta luftflöden.

Mätning/Information om väderförhållanden



Vädret (vindstyrka, -riktning, temperatur, luftfuktighet, nederbörd) påverkar starkt hur självdragsanläggningen fungerar. Därför bör väderförhållanden noteras vid [varje besök i bostaden](#). Dagens utetemperatur och relativa luftfuktigheten ute mäts – antingen genom att ställa ut en logger under några minuter tills värdena är stabila – eller genom att mäta med direktvisande luftfuktighetsmätare eller slungpsykrometer.

Vindhastighet och vindriktning uppskattas subjektivt, liksom eventuell nederbörd. Om man loggar temperatur, luftfuktighet och CO₂ under längre tid ([C2](#)) kan man – om det är möjligt – placera en logger för att mäta utomhus parallellt. Mätplatsen bör vara skyddad mot åverkan och mot direkt sol och regn mm så att den ger representativa värden. Man bör dessutom använda sig av meteorologiska data från SMHI vid närmaste väderstation (finns på nätet) för att få uppgifter om nederbörd, vindstyrka och -riktning, molnighet och ev. lufttemperatur och luftfuktighet (om man inte mäter själv).

Använd näsan!

Näsan är ett känsligt mätinstrument och ett lukтинtryck kan säga mycket om vad som är fel i bostaden. Lukter kan förändras, både beroende på ändrade luftströmmar, ändrad luftfuktighet, temperatur mm. Men också beroende på vem som luktar och hur bra näsans "dagsform" är. Därför bör det första lukтинtrycket – när man öppnar entrédörren – anges vid varje besök i bostaden. Luktareceptorerna blir snabbt uttröttade och



ibland kan man behöva gå ut och hämta frisk luft och upplever då kanske andra lukter än första gången. Man kan gärna vara två personer som jämför sina luktupplevelser.

Näsan kan också användas för att detektera inläckage av förorenad luft via uteluftdonen eller andra ställen. Man kan också sniffa mot misstänkta luftföroreningskällor inomhus. Men var försiktig – t.ex. vid material som är kraftigt mikrobiellt skadade, följ Arbetsmiljöverkets föreskrifter.

Allmänt om mätning av tryckförhållanden - differenstrycksmätningar

Om det finns tryckskillnader mellan olika rum/utrymmen/konstruktionsdelar kommer luften att röra sig så att trycket utjämnas – från högre tryck till lägre. På så sätt kan luft spridas från förorenade platser till vistelsezonen. Luft och föroreningar kan spridas genom mikroskopiska otätheter utan att det syns några uppenbara öppningar i konstruktionen. Hur fort luften sprids – **läckflödet** – bestäms av storleken på de (oavsiktliga) öppningar/springor/otätheter som finns. Det är svårt att göra en helt tät vägg mellan två utrymmen.

VIKTIGT: Tryckförhållanden ändras lätt i en byggnad och en tryckändring på en plats ändrar förhållandena i hela byggnaden: Öppnar du takluckan på vinden, så ändras tryckförhållandet mellan krypgrund och bottenvåning. Öppnar du en ytterdörr, så påverkas tryckförhållandena i väggarna. Även innerdörrarna (öppna/stängda) kan betyda mycket. Börjar det regna, så ändras tryckförhållandena i hela byggnaden... Tryckförändringar sprids med ljudets hastighet. När man ändrar något i byggnaden så kan man alltså mäta direkt hur tryckbilden förändrats.

Genom att mäta tryckskillnader mellan olika byggnadsdelar, **differenstrycksmätningar**, får man en uppfattning om sannolikheten för inläckage till **vistelsezonen** av luft från olika platser i byggnader, t.ex. från vinden. Man kan också studera effekten av ändrade ventilationsinställningar, t.ex. när man ändrar ett don, forcerar flöden eller öppnar fönster. Vid flera våningsplan är det intressant att se om termiska drivkrafter skapat övertryck mot uteluften i de övre planen. Differenstryckmätningar används också för att undersöka tryckfallen över ventilationsdon, metod [B4](#).

Hur mäter man differenstryck?

Tryckskillnaderna är normalt mycket små vid självdrag, så det är viktigt att ha tillräckligt känslig mätutrustning. I texten redovisas exempel på beräkningar som man kan göra utgående från uppmätta tryckdifferenser. Eftersom dessa ofta är små och eftersom trycket ändras hela tiden, beroende på bl.a. vindförhållanden, bör man mäta så lång tid att man kan få en uppfattning om ett medelvärde. Man bör vara medveten om att **ibland är variationerna så stora eller tryckdifferensen så liten att det inte är möjligt att göra en pålitlig mätning**.



Fig 10. Mätning av undertryck i fönsterspringa. Gör inte som på fotot utan täta fönsterspringan hela vägen!

Normalt mäts det **statiska trycket**. För att mäta tryckskillnaden över ute- och överluftdon kan man ofta dra ut en mätslang genom själva donet. För att inte det **dynamiska trycket** ska påverka mätningen, bör då de båda slangarnas mynningar vara så långt från donet att luft-hastigheterna är låga. Om det inte är möjligt att dra en slang genom donet kan man öppna ett fönster eller dörr på glänt. Men i så fall är det mycket viktigt att täta ordentligt i springan runt slangen, annars får man en kraftig förändring av tryckdifferensen. Ibland kan fönstrets gummilister täta runt slangen. Annars kan man täta med tejp som är lätt att få bort. Kom också ihåg att täta ordentligt om du öppnar brevinkast för att mäta mot trapphus.

För att mäta tryckfallet över ett frånluftdon är det också möjligt att dra mätslangen rakt genom donet. Men då kommer den del som är inne i frånluftskanalen att befinna sig i ett område med relativt hög luft-hastighet, dvs. det finns ett dynamiskt tryck som stör mätningen. Samma problem finns när man mäter vid en skorstenshuv. I en från-



Fig 11. Mätkrok för mätning av statiskt tryck i frånluftsentil

luftsventil kan problemet undvikas om man mäter med en s.k. **mätkrok** som förs in i donet och mäter det statiska trycket i ett lugnt område, se figur 11. Vid tryckmätningar bör man studera tryckvariationerna under tillräckligt lång tid för att få en uppfattning om t.ex. vindens byghet.

Teströk

Ett alternativ till elektroniska differenstrycksmätningar är att använda teströk som är en kvalitativ metod och alltså inte ger några värden i pascal. Men metoden är ytterst känslig och lämpad för att visualisera små tryckskillnader. Teströken visar riktning och hastighet hos lufrörelser, något som i sin tur är beroende av tryckdifferenser. Röken bör vara kall och släppas ut sakta. Med en ficklampa lyser man på den rök som släpps ut för att bättre se åt vilket håll röken rör sig. För att spåra läckage fungerar metoden bäst vid mindre öppningar eller springor. Om otätheterna är utbredda över många små läckageställen kan det vara svårt att se inläckaget, trots att det totala inläckaget är stort. Då kan man istället använda **spårgas**. Teströk är också en enkel metod som snabbt ger en grov uppfattning om hur luften rör sig inne i vistelsezonen (risk för drag, dålig omblandning/stagnationszoner) och som vid ventilationsdon indikerar både flödesriktning, lufthastighet och luftflöde.

Beskrivning av metoderna

A1. Översiktlig, rumsvis genomgång bostaden och av alla komponenter

Denna översiktliga genomgång av bostaden bör inleda de flesta utredningar om de inte är mycket specifika. Den består av fyra moment:

- Förberedelser
- Genomgång av bostaden med brukarna.
- Planritning/Skalenlig skiss samt rumsvis genomgång där alla komponenter anges på ritningen.
- Komponenterna undersöks med teströk (ibland räcker tunt papper) och översiktliga egenskaper anges i en rumslista.

Förberedelser

Man bör försöka få fram ritningar i förväg. De flesta hus med självdragsventilation har inga separata ventilationsritningar utan frånluftskanalerna är inritade i arkitekt- eller byggritningar. Med en sektions- eller fasadritning så är det också lättare att få fram lyfthöjden h . Äldre ritningar kan visa hur det var tänkt att fungera från början och var eventuella övertäckta don har funnits, samt hur kanalerna är dragna. Försök få fram OVK-protokoll. Ofta kan en loggning av klimatet enligt metod [C2](#) vara lämplig inledningsvis. För att slippa åka två gånger, kan man ta med loggrar redan första gången.

Genomgång av bostaden med brukarna

Lyssna på brukarna: När är problemen värst? Var, i vilka rum? Hur yttrar de sig? Brukarnas teorier? Förekommer lukter? Var? Är källan inne i bostaden eller kommer det utifrån? Kondens på fönster? Sprids matos till hela bostaden? Fuktspridning i eller från våtrum? Tvättmaskin, torktumlare? Imma på en badrumsspegel efter dusch bör försvinna efter högst 15-30 min. Förekommer bakdrag? Drag från fönster/uteluftdon? Vilka dörrar är stängda nattetid? Förstår brukarna hur systemet fungerar? OVK? Ombyggnation? Anteckna rumsvis.

Planritning/Skalenlig skiss med flödesriktningar. Undersök komponenterna och markera i rumslistan

Använd befintlig plan- eller ventilationsritning eller gör en skalenlig skiss över bostaden. Markera Norr (N) med en pil. Numrera rummen och markera självdragets alla **komponenter** på ritningen, dvs. alla delar av självdragssystemet som luften passerar, som bromsar luftflödet och orsakar tryckfall: uteluftdon (U), luftinläckage via oönskade vägar (L), överluftdon (Ö), frånluftdon (F), frånluftskanaler (K) och skorstensmyrning (M). Ange också rumsnr på komponenten, t.ex. U1, L2, F3 osv. OBS! Överluftdon kan vara springor över eller under innerdörrar. Undersök alla luftriktningar och lufthastigheter genom komponenterna med teströk under normala förhållanden. Markera flödesriktning med pilar på ritningen. Se exemplet i [bilaga 1](#). Redovisa ev. OVK-protokoll.

Rumsvis lista över alla komponenter

Gör en rumsvis förteckning över rummets alla komponenter där deras egenskaper beskrivs: ev. fabrikat/typbeteckning, allmänt tillstånd, nedsmutsning, reglerbarhet, lufthastigheten mätt med teströk (bra/OK/svagt/inget/fel riktning). Fotografera gärna. Finns det äldre, igensatta don, t.ex. uteluftdon i skafferier? Beskriv också **punktutsugen** i t.ex. kök och våtrum. Ange hur eventuell forcering sker (t.ex. lucka öppnas, hjälpfläkt, kolfilterfläkt). Gör slutligen en allmän bedömning av om ute- och överluftdon i sov- och vardagsrum, resp. över- och frånluftdon i kök och badrum är bra placerade i förhållande till varandra så att rummen blir effektivt genomluftade. Exempel på rumsvis lista över komponenter finns i [bilaga 1](#).

Kontroll av punktutsugen

Starta de olika möjligheterna till forcering i kök/bad/dusch/tvätt/WC – en i taget, med både stängt och öppet fönster/vädringslucka för tryckutjämning. Mät om möjligt det forcerade flödet. Notera med teströk eventuella förändringar i alla från- och uteluftdon när det gäller flödesriktning (**bakdrag**) och -styrka. Risken för att punktutsug stör självdraget ökar vid lågt termiskt drivtryck o hög utetemperatur. Uppfångningsförmågan hos en spiskåpa kan undersökas visuellt med teströk eller med kokande vatten. Imma på en badrumsspegel efter dusch, bör försvinna efter högst 15-30 min. Luftfuktigheten kan loggas i flera rum (metod [C2](#)) för att ge en uppfattning om hur punktutsugen fungerar efter dusch eller långkok. Luftfuktigheten kan också loggas specifikt i badrum och kök.

För in uppgifter om alla punktutsug i rumslistan. Är de effektiva för att föra bort föroreningar (matos, fukt mm)? Stör de ventilationssystemet i övrigt (med stängda/öppna fönster)? Finns det risk för bakdrag/**dubbelcirkulation**?

B1. Besök på vind och tak

På vinden: Undersök frånluftskanalerna *utvändigt* (tillverkningsmaterial). Finns det tecken på läckage (lukter eller synliga springor? Tecken på fuktskador i vindsutrymmet pga. utläckande, fuktig frånluft?

På taket (var försiktig, tänk på fallrisken, ev. kan drönare användas): Har undersökningar på taket gjorts vid OVK? Undersök frånluftskanalerna *invändigt* (tillverkningsmaterial, eternit/asbest, mät tvärsnittsarea, nedsmutsning och flödesbegränsningar/hinder, t.ex. fågelbon). Använd ficklampa och inspektionskamera, se [fig. 12](#). Eventuellt kan frånluftskanalerna **filmas** invändigt. Undersök ev. skorstenshuv (typ, tvärsnittsarea). Motverkar huven ejektorverkan eller förstärker den istället? Har den någon typ av reglering av luftflödet? Finns möjlighet för **avluften** att sugas in i närliggande uteluftdon eller genom närliggande skorstensmynning vid **bakdrag**?

B2. Noggrann genomgång av självdragssystemets alla komponenter

För alla komponenter går det att mäta eller beräkna en **genomströmningsarea** A_k . Ju mindre A_k , desto mer bromsas luftflödet. Det är sedan möjligt att jämföra olika komponenter med varandra och även att beräkna sammansatta genomströmningsareor för t.ex. ett sovrum, eller sammanlagt för alla rum med uteluftdon eller för hela bostaden, se metod [B3](#). Resultaterande genomströmningsarea för komponenter i rad (överluftdon, frånluftdon, frånluftskanal t.ex.) är alltid lägre än det minsta värdet på A_k i komponentkedjan. Den svagaste länken i kedjan blir avgörande. För att självdraget ska fungera bra trots lågt **drivtryck**, är det helt avgörande att alla komponenter är i god kondition. Finns det luftfilter måste detta noteras. Även enkla filter (tvättbar skumplast) kan sänka A_k -värdet betydligt. Filter och komponenter måste rengöras regelbundet och före eventuell flödesmätning.

Gör så här vid en noggrann genomgång:

Demontera och öppna alla ute-, över- och frånluftdon samt ev. hjälpfläktar så mycket som är möjligt och försök följa luftens hela väg genom hela systemet. **OBS! Var försiktig så att du kan återställa efteråt. Notera när det inte är möjligt att demontera/öppna.**

För alla ute-, över- och frånluftdon:

- Mät/Uppskatta tvärsnittsarean där den är som minst (donet ska vara maximalt öppet)
- För att mäta tvärsnittsarean kan man behöva skjutmått i vissa lägen
- Finns det hinder, föroreningar?

Uteluftdon i form av spaltventiler kan t.ex. vara uppbyggda så här inifrån: Skyddsplåt med reglerbara klaffar för avstängning, tvättbart grovfilter (vilken kondition?), ett antal borrarade hål genom fönsterkarmen, en vertikal springa bakom en skyddsplåt i fasaden så att uteluften sugas in nedifrån. Det är viktigt att kontrollera, dels att de borrarade hålen är rena och helst utan skarpa kanter, dels att spalten innanför plåtfasaden är tillräcklig (mät bredd x längd) och inte förorenad.

Notera uppgifter om kanalerna i **rumslistorna**:

- Material (plåt, murad osv)
- Rektangulär/Cirkulär samt invändiga dimensioner
- Nedsmutsning (använd ficklampa), Har kanalen byggts om?
- Finns det flödesbegränsningar? Tvära böjar? Skräp? Lossnad puts? Döda fåglar?
- Kontrollera helst även kanalerna på vind och tak (metod [B1](#)) →

Beräkna komponenternas A_k -värden så långt möjligt enligt [formlerna](#) och skriv in i rumslistan.

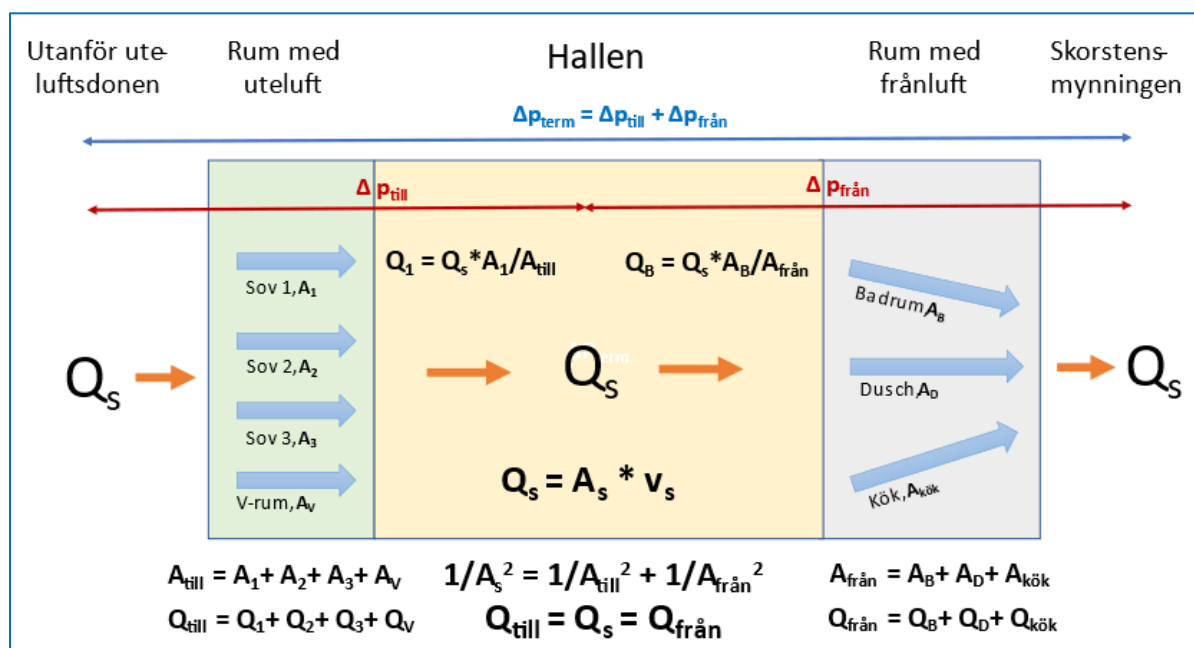


Fig. 12. Undersökning av kanal inifrån med inspektionskamera via skorstenen

B3. Beräkning/Uppskattning av bostadens luftflöden och tryckfall

Metoden kräver att du är väl insatt i [teoriavsnittet](#). Under vissa förutsättningar är det möjligt att beräkna bostadens luftflöden, totalt och rumsvist. Resultatet kan sedan enkelt räknas om till andra utetemperaturer och det blir möjligt att jämföra med ventilationskrav och uppmätta värden. Beräkningarna underlättas betydligt av [Excel-kalkylbladet](#). Följande krav måste vara uppfyllda:

- A_k -värdena är kända/uppbyggda för varje komponent i systemet (metod [B2](#)).
- Vindens inverkan kan försummas (krävs inte av kalkylbladet)
- Bostaden ligger i ett plan (krävs inte av kalkylbladet)
- Bostaden har centraliserat självdragssystem och en gemensam hall som har kontakt med alla rum, både med rummen med uteluft och rummen med frånluft. Bostadens hela luftflöde, Q_s , passerar hallen.
- Beräkningarna gäller inte om man startar ett fläktstyrt punktutdrag, t.ex. en köksfläkt. Däremot går det att räkna på forcerade luftflöden genom reglerbara frånluftdon. Med kalkylbladet går det dock även att räkna på hjälpfläktar.



Figur 13. Illustration och beräkningssamband för enplans-bostad med centraliserat självdrag och gemensam hall

Figur 13 visar en schematisk bild av en typisk 4-rumslägenhet med tre Sovrum (1-3), Vardagsrum, Kök, Bad- och Duschrum. Det termiska drivtrycket kan delas upp i två delar: tryckskillnaden mellan luften utanför uteluftdonen och hallen, Δp_{till} samt tryckskillnaden mellan hallen och luften utanför skorstenen, $\Delta p_{från}$. A_1 , A_2 , A_3 och A_V är de totala genomströmningsareorna för de olika rummen med uteluftdon och A_B , A_D och $A_{kök}$ är de totala genomströmningsareorna för de olika rummen med frånluftdon.

Beräkningsgången blir då följande (exempelfall med dessa beräkningar finns i [bilaga 1](#)):

1. Beräkna den totala genomströmningsarean A_i för varje rum med uteluftdon inkl. överluftdon: Parallellkoppla först genomströmningsareorna för eventuella dubbla uteluftdon samt med läckflödet. (formel 7)
2. Seriekoppla sedan med överluftdonet (formel 8)
3. Beräkna A_{till} genom att parallellkoppla A_i för varje rum med uteluftdon.
4. Beräkna den totala genomströmningsarean A_j för varje rum med frånluftdon: Seriekoppla överluftdonet mot hallen med frånluftdonet, -kanalen och skorstensmynningen.
5. Beräkna $A_{från}$ genom att parallellkoppla A_j för varje rum med frånluftdon.
6. Beräkna A_s genom att seriekoppla A_{till} och $A_{från}$: $A_s = (A_{till}^{-2} + A_{från}^{-2})^{-1/2}$ (formel 8)
7. Beräkna (det termiska) drivtrycket. Se även nomogram i [bilaga 2](#) (formel 1)
8. Beräkna den specifika lufthastigheten v_s . Se även nomogram i [bilaga 2](#) (formel 9a)
9. Beräkna lägenhetens totala luftflöde $Q_s = A_s \cdot v_s$ (formel 10)
10. Beräkna luftflödet genom varje rum: $Q_i = Q_s \cdot A_i / A_{till}$ (formel 11a)
resp. $Q_j = Q_s \cdot A_j / A_{från}$ (formel 11b)
11. Q_s och Q_i har sorten [m³/s]. Genom multiplikation med 1000 blir sorten [l/s] och man kan jämföra med luftkvalitetskrav, t.ex. personbelastningskrav eller med normen 0,35 l/s per m² golvyta. I [bilaga 1](#) finns ett nomogram som visar krav på minsta genomströmningsyta A_s , utgående från 0,35 l/s per m² golvyta.
12. Genom att jämföra mellan A_k -värden för komponenter som parallell- eller seriekopplats är det möjligt att se var systemets svaga punkter finns.

B4. Differenstrycksmätningar för att avgöra var de största flödesbegränsningarna finns

Differenstrycksmätningar är allmänt användbara vid en självdragutredning och hjälper dig att få svar på flera frågor, se nedan. De kan komplettera andra undersökningar och mätningar eller användas självständigt. Läs först om hur du gör rent praktiskt när du [mäter differenstryck](#). Beskrivningarna utgår från [figur 14](#) som visar samma lägenhet som [figur 13](#) men mer i detalj och visar ytterligare samband och benämningar.

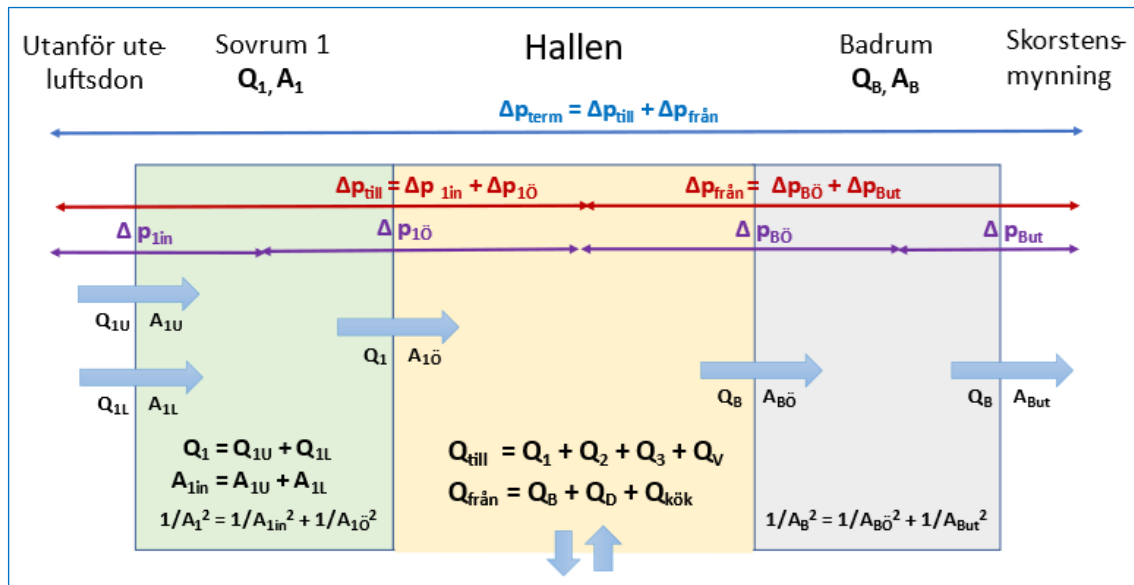
Indexering av Δp -, Q - och A_k -värden (se figur 14)

1:a index: 1, 2, 3..., V, B, D, kök Beteckning för rummet som komponenten är placerad i

2:a index: U uteluftdon, L läckflöde, Ö överluftdon, F frånluftdon, K -kanal, M skorstensmynning
in parallellkoppling av uteluftdon o läckflöde, ut seriekoppling av frånluftdon, -kanal o skorstensmynning
till parallellkoppling av alla rum med uteluftdon, från parallellkoppling av alla rum med frånluftdon

3:e index: a, b, c... Används om det finns flera komponenter av samma typ i rummet

1. Är det till- eller frånluftssidan som orsakar det största hindret mot luftflödet genom bostaden?
 - Stäng alla dörrar ut till hallen så att luften måste passera alla överluftdon.
 - Dra en lång mätslang genom ett av rummen på tilluftssidan och ut genom fasaden på lämpligt sätt. Om dörren mellan kök och hall normalt är öppen, kan man istället mäta över köksfasaden (kortare slang). Täta noga runt slangen om du mäter genom en fönsterspringa.
 - Mät differenstrycket mellan hall och uteluft, Δp_{till} .
 - Om trycket ligger närmare Δp_{term} än 0, dvs. $\Delta p_{till} > \Delta p_{från}$, så har luften svårare att passera rummen med tilluft än rummen med frånluft, dvs. $A_{till} < A_{från}$.
Om Δp_{till} istället ligger närmare 0, är det tvärtom: $\Delta p_{till} < \Delta p_{från}$ och $A_{till} > A_{från}$.
 - Gå vidare till punkt 2.



Figur 14. Flöden, tryckfall och genomströmningsareor. Samband och benämningar med Sovrum 1 och Badrum som exempel. A_{1in} beräknas genom parallellkoppling av genomströmningsareor för uteluftsdon och läckflöde. $A_{Bfrån}$ beräknas genom seriekoppling av frånluftsdon, -kanal och skorstensmyning. A_1 är totala genomströmningsarean för sovrumsrummet: från utanför uteluftsdonen till hallen. A_B är totala genomströmningsarean för badrummet: från hallen till utanför skorstensmyningen.

2. Är det överluftdonen som begränsar luftflödet?

Antag att $\Delta p_{till} > \Delta p_{från}$ och $A_{till} < A_{från}$, dvs. det största flödesmotståndet finns på **tillluftssidan**. Då kan man enkelt undersöka om det är något av tilluftsrummens överluftdon som begränsar luftflödet. Förändra inte placeringen av mätslangen. Den kan sitta kvar i samma rum hela tiden. Om det är vindstilla bör det termiska drivtrycket vara konstant. Differenstrycket Δp_{till} mellan luften utanför donen och hallen bör då bara ändras om man ändrar genomströmningsareor inne i bostaden.

Gör så här:

- Öka mätnoggrannheten genom att öka luftflödena: öppna dörrarna till alla rum med frånluft så att frånluftsrummens överluftdon inte bromsar luftflödena.
- Mät och notera ursprungsvärdet på Δp_{till}
- Gå igenom rummen med uteluft, ett i taget, genom att öppna dörren till hallen så att rummets överluftdon inte längre bromsar luftflödet
- Mät Δp_{till} på nytt och notera det nya värdet. Om trycket nu har **minskat** tydligt, betyder det att **överluftdonet** är ett (onödigt?) hinder för självdragssystemet. Om det inte sker någon större förändring är det istället troligt att rummets **uteluftsdon** begränsar flödet (låg A_k -värde).
- Stäng dörren och gå vidare till nästa rum. Kontrollera innan du öppnar den dörren att Δp_{till} är (ungefär) samma som ursprungsvärdet.
- Om Δp_{till} inte förändras tydligt i något rum, finns begränsningarna i uteluftsdonen.

Om istället $\Delta p_{till} < \Delta p_{från}$, så finns flödesbegränsningen framförallt på frånluftssidan och du kan på motsvarande sätt kontrollera om något de rummens överluftdon utgör en kraftig flödesbegränsning. För att öka mätnoggrannheten bör man då istället först öppna dörrarna till alla rum på tilluftssidan. Gör sedan motsvarande undersökningar som ovan. **OBS, det blir tvärtom!** Om ett överluftdon på **frånluftssidan** utgör en stor begränsning, kommer Δp_{till} att **öka** tydligt när man öppnar dörren!

3. Hur fördelas luftflödet mellan olika rum på till- resp. frånluftssidan?

För att dessa mätningar ska ge tydliga utslag bör tryckfallet vara lågt på den sida som undersöks: Om $\Delta p_{till} > \Delta p_{från}$ kan man alltså undersöka rum på frånluftssidan i första hand. På tilluftssidan blir troligen skillnaderna i tryckdifferenser för små. Om $\Delta p_{till} \approx \Delta p_{från}$ kan man prova att undersöka rum på båda sidorna. Förändra inte placeringen av mätslangen under mätningarna. Gör så här:

- Öppna dörrarna på den sida (till- resp. frånluftssidan) som **inte** undersöks; detta för att öka luftflödet och därmed mätnoggrannheten
- Mät Δp_{till} och notera ursprungsvärdet.
- Gå igenom rummen – ett i taget – men istället för att öppna rummets dörr, gör du tvärtom: Tät överluftdonet och även rummets dörrspringor med tejp.
- Mät Δp_{till} på nytt och notera det nya värdet. Om Δp_{till} nu har förändrats tydligt (ökat eller minskat beroende på om dörren sitter på till- resp. frånluftssidan) tyder detta på att mycket luft gått genom det rum som tätats, dvs. rummets totala A_f -värde är relativt lågt.
- Ta bort tätningarna och mät Δp_{till} igen för kontroll innan du går vidare till nästa rum

När du gått igenom alla rum sida, ser du hur luftflödena fördelar sig mellan rummen på samma sida.

4. Är flödesberäkningarna gjorda utifrån beräknade A_k -värden (metod B2) rimliga?

Om du har gjort en total flödesberäkning för systemet utgående från A_k -värden, har du också beräknat A_{till} och $A_{från}$. För att kontrollera dina beräknade värden kan du mäta Δp_{till} med alla dörrar stängda (om de brukar vara stängda) och beräkna $\Delta p_{från} = \Delta p_{term} - \Delta p_{till}$. Enligt [formel 12](#) bör då gälla:

$$A_{till}^2 / A_{från}^2 = \Delta p_{från} / \Delta p_{till} \quad (12a)$$

Vill du gå vidare, kan du mäta tryckfallet över seriekopplade komponenter och jämföra med motsvarande beräknade A_k -värden. För två seriekopplade komponenter 1 och 2, bör på motsvarande sätt som ovan gälla sambandet: $A_1^2 / A_2^2 = \Delta p_2 / \Delta p_1$.

B5. Uppskattning av vindens påverkan genom differenstrycksmätning

Under en dag när det uppskattade **vindens påverkan** är minst lika stor som det **termiska drivtrycket**: Mät och jämför tryckdifferensen över uteluftdon på fasader i olika vindriktningar (vind- och läsida). Mät med öppna dörrar mot hallen och med normala inställningar på komponenterna. Ange även flödesvariationer (vindbyar), t.ex. $\Delta p_{vindsida} = -5 \pm 3$ Pa; $\Delta p_{läsida} = +2 \pm 1$ Pa. Om det finns flera våningsplan bör man mäta på varje plan. Jämför mätvärdena med motsvarande uppmätta värden under en dag med försumbar vindpåverkan. Besök eventuellt taket ([metod B1](#)) för att undersöka eventuell skorstenshuv. Gör en allmän bedömning av bostadens känslighet mot vind.

B6. Mätningar och uppskattningar av läckflödet

Läckflödet kan under vissa förhållanden uppskattas eller beräknas antingen med hjälp av differenstrycksmätningar, frånluftsmätningar eller en kombination av dessa. Krav för mätningarna är bl.a. centraliserat ventilationssystem, enplansbostad med gemensam hall, svag vind och i övrigt stabila förhållanden (mätningarna är känsliga). Se exempel i [bilaga 1](#).

Enbart differenstrycksmätning i enplansbostad med centraliserat ventilationssystem o gemensam hall

Beräkna först Δp_{term} , det termiska drivtrycket. Öppna dörrarna till rummen med uteluft så att tryckskillnaden mäts över fasaden.

1. Mät $\Delta p_{till}(1)$ undertrycket över fasaden med mätslang genom uteluftdon eller fönster i ett sovrum eller vardagsrum (tät runt slangen).
2. Tät sedan noga med tejp runt alla uteluftdon och mät på nytt: $\Delta p_{till}(2)$.
3. Beräkna motsvarande tryckdifferenser på frånluftsidan: $\Delta p_{från} = \Delta p_{term} - \Delta p_{till}$ (se [figur 14](#)).

Kvoten $\Sigma A_U / \Sigma A_L$, dvs. förhållandet mellan de totala genomströmningsareorna för uteluftdonen resp. läckflödet kan sedan beräknas med följande formel:

$$\Sigma A_U / \Sigma A_L = ([\Delta p_{till}(2) * \Delta p_{från}(1)] / [\Delta p_{till}(1) * \Delta p_{från}(2)])^{1/2} - 1 \quad (14)$$

Kombination av differenstrycksmätning och luftflödesmätning

Om det skulle vara möjligt (se metod [B8](#)) att samtidigt mäta frånluftsflödena, kan även värdena på ΣA_U och ΣA_L beräknas, inte bara deras förhållande till varandra. Man mäter då, samtidigt med mätningarna av $\Delta p_{till}(1)$ och $\Delta p_{till}(2)$, även de totala frånluftsflödena, $Q_{från}(1)$ resp. $Q_{från}(2)$. Men enligt [figur 14](#) gäller $Q_{till} = Q_{från}$.

- Vid den första mätningen: $A_{till}(1) = \Sigma A_U + \Sigma A_L$
- Vid den andra mätningen med igentejpade uteluftdon: $A_{till}(2) = \Sigma A_L$

Tillämpa [formel 4c](#):

- $A_{till} * (\Delta p_{till} / 0,6)^{1/2} = Q_{till} = Q_{från}$
- $(\Sigma A_U + \Sigma A_L) * (\Delta p_{till}(1) / 0,6)^{1/2} = Q_{från}(1)$
- $\Sigma A_L * (\Delta p_{till}(2) / 0,6)^{1/2} = Q_{från}(2)$

Ur de här tre ekvationerna är det lätt att beräkna både ΣA_U och ΣA_L .

Enbart frånluftmätning

Det totala läckflödet genom rummen på tilluftssidan mäts ju direkt när uteluftdonen är tätade. Summan av alla frånluftsflöden, $Q_{från}(2)$, är det totala läckflödet. Men detta läckflöde gäller **endast** vid tryckdifferensen $\Delta p_{till}(2)$ över fasaden. När alla uteluftdon är öppna, mäts det totala luftflödet $Q_{från}(1)$ vid tryckdifferensen $\Delta p_{till}(1)$. Rimligen gäller $Q_{från}(1) > Q_{från}(2)$ men eftersom vi inte mätt differenstrycken är mätvärdena **inte direkt jämförbara**. Om $Q_{från}(1) \approx Q_{från}(2)$ kan detta **antingen** bero på att läckflödet är mycket större än flödet genom uteluftdonen **eller** på att $\Delta p_{från} \gg \Delta p_{till}$. Men om däremot $Q_{från}(1) \gg Q_{från}(2)$ tyder det på ett relativt lågt läckflöde.

B7. Mätningar läckflöden genom trycksättning

Detta är en standardiserad mätmetod som ett antal företag kan utföra, läs mer i [teoridelen](#). Vid denna mätning bör man också **termofotografera** i lägenheten för att upptäcka läckage och köldbryggor.

B8. Mätning av frånluftsflöden

Frånluftsflöden kan mätas på olika sätt. Enklast är mätning med mätstos men detta är inte alltid möjligt, se nedan. Flödet genom vanliga frånluftdon/kontrollventiler ([figur 5](#)) brukar gå att mäta med en **mätkrok** ([figur 11](#)) om leverantören tillhandahåller en tryckflödesdiagram. Tryckfallet över ventilen mäts med mätkroken och luftflödet avläses i diagrammet. Om don helt saknas, dvs. man har en öppen frånluftskanal, kan man mäta lufthastigheterna på ett systematiskt sätt över hela kanalöppningen, s.k. **traversering**, för att få fram en genomsnittlig lufthastighet som multipliceras med kanalens area. Traversering är inte möjlig vid smala luftspalter. Varken mätkrok eller traversering förändrar tryckförhållanden nämnvärt och kan gå att använda om det inte går att använda mätstos, se nedan.

Mätning med mätstos: kontrollera först om mätning är möjlig utan att störa självdraget

Går det att få mätstosen att sluta tätt över det frånluftdon man mäter på? Ibland kan det hjälpa att tillverka en provisorisk adapter av papp där man klippt ut ett hål för mätstosen. Ofta en mätstos användas för att mäta flöden genom hjälpfläktar, detta eftersom hjälpfläktar orsakar så stor tryckstegring att mätstosen inte stör flödet.

Men vanligt självdrag drivs av svaga tryckdifferenser och om det är stort tryckfall över mätstosen kommer den att bromsa luftflödet och visa för lågt värde. Mätningen sker ju alltid över en kedja av seriekopplade komponenter. För badrummet t.ex.: överluftdonet till badrummet, frånluftdonet, frånluftskanalen och en eventuell skorstenshuv. Genom mätstosen tillför man ytterligare en komponent i kedjan. Det finns flera sätt att undersöka om mätstosen går att använda:

- Ofta finns en **tryckflödeskurva för mätstosen**. Med hjälp av den kan man avläsa tryckfallet vid just det flöde man mäter och se om det är försumbart jämfört med det totala tryckfallet $\Delta p_{från}$, vilket går att mäta indirekt genom mätning av Δp_{till} .
- Man kan med hjälp av [formel 4](#) beräkna mätstosens A_k -värde, A_{stos} , ur tryckflödeskurvan. Om A_k -värden är kända för hela den kedja av seriekopplade komponenter man mäter på, t.ex. om man

för badrummet känner A_B , kan man göra en jämförelse. Mätstosen kan användas om $A_{stos}^2 \gg A_B^2$.
Se exempel fallet, [bilaga 1](#).

Frånluftsmätningar med mätstos

Om mätstosen går att använda kan frånluftsmätningen användas för att bedöma om flödena är tillräckliga för att vädra ut matos eller fukt (eventuellt efter forcering). Om den går att använda i alla rum, kan man också summera flödena (utan forcering) och få fram det totala luftflödet Q_s , genom bostaden.

Om man även gjort en **beräkning** av Q_s (metod [B3](#)) går det att jämföra för att se hur väl beräkningarna stämmer. Om de stämmer bra, blir man också mer säker på att beräkningarna av flöden genom olika rum på uteluftsiden stämmer bra.

En frånluftsmätning kan kompletteras med en mätning av tryckdifferensen Δp_{till} (metod [B4](#)). Här följer en kortfattad beskrivning av hur man då kan mäta och beräkna luftflöden genom varje rum:

- $A_k \approx Q_k / (\Delta p_k / 0,6)^{1/2}$ [\(formel 4a\)](#)
- $A_{till} \approx Q_{från} / (\Delta p_{till} / 0,6)^{1/2}$ och $A_{från} \approx Q_{från} / (\Delta p_{från} / 0,6)^{1/2}$ [\(formel 4a\)](#)
- $\Delta p_{från} = \Delta p_{term} - \Delta p_{till}$ och $Q_{till} = Q_s = Q_{från}$ [\(figur 14\)](#)

Genom dessa mätningar kan man alltså beräkna både A_{till} och $A_{från}$. Om mätningarna sker när man tätat runt överluftsdon och dörrspringor i alla rum med uteluft, utom för rum i så gäller $A_i = A_{till}$. På detta sätt kan A_i bestämmas för alla rum på tilluftssidan. Beräkna slutligen hur luftflödet fördelar sig mellan olika rum på tilluftssidan:

$$Q_i = Q_{från} * A_i / A_{till}. \quad \text{(formel 11a)}$$

B9. Passiv spårgasmätning - långtidsmätning av luftväxlingen

Långtidsmätning med spårgas – passiv spårgasmätning – är sannolikt det säkraste sättet att mäta luftväxlingen eftersom spårgasen är helt oberoende av mänskliga aktiviteter. Dessutom mäts bostadens totala luftväxling, även den del som **infiltreras/exfiltreras** genom bostadens hela omslutande yta. Till skillnad mot frånluftsmätningarna, ger långtidsmätningen ett utjämnat resultat som är mindre beroende av väderförändringar och tillfälliga verksamheter. Mätningarna ger värden på **luftomsättningen** som enkelt kan räknas om till luftflöde genom multiplikation med rumsvolymen. Man kan mäta totalt och/eller enskilt i varje rum. Små spårgaskällor, provtagare samt instruktioner kan beställas från företaget [Pentiaq](#).

B10. Aktiv spårgasmätning för att mäta luftväxling i ett rum

För att bestämma den verkliga luftväxlingen i ett rum som också tar hänsyn till infiltration och exfiltration bör man använda sig av spårgas, t.ex. lustgas men även koldioxid från en gastub kan fungera i detta fall. Rummet ska vara tillstängt. Om man får ett totalvärde, genomsnitt för hela rummet, måste det finnas en fläkt som blandar om luften ordentligt. Mätningarna ger värden på **luftomsättningen** som enkelt kan räknas om till luftflöde genom multiplikation med rumsvolymen.

En logger placeras på lämplig plats i vistelsezonen, ungefär mitt i rummet. Man fyller rummet med en lämplig spårgas i lagom hög koncentration (inte så högt att det är hälsofarligt) och loggar sedan hur fort koncentrationen sjunker för att få fram en **avklingningskurva**. Enligt [formel 13](#) sker avklingningen exponentiellt. Eftersom emissionshastigheten $m = 0$ så blir $C(t) = C_0 * e^{-t/\tau}$. Genom att logaritmera denna formel får man en rät linje:

$$\ln C(t) = \ln C_0 - 1/\tau * t$$

Tidskonstanten kan beräknas ur linjens lutning $-1/\tau$. Luftflödet beräknas enkelt genom att dividera rumsvolymen med tidskonstanten.

C1. Undersökning av risken för att luftföroreningar tränger in i bostaden

- Beskriv utemiljön med hänsyn till luftföroreningar, t.ex. biltrafik, djurhållning, vedeldning, industrier. Sniffa vid uteluftsdon i olika väderstreck. Vad säger brukarna? Är det intressant att mäta/logga luftföroreningar ute och inne parallellt med varandra?

- Beskriv vilka utrymmen som finns i anslutning till bostaden och varifrån man kan misstänka inläckage av förorenad uteluft, t.ex. från trapphus, krypgrund, vind, garage, soprum, grannar, restaurang osv. Är det intressant att mäta luftföroreningar i något av dessa utrymmen?
- Stäng så långt möjligt alla uteluftdon (täta ev. med tejp) och öppna alla frånluftdon maximalt. Forcera alla punktugsug där detta är möjligt för att skapa maximalt undertryck.
- Gå runt i bostaden och undersök systematiskt med handen, näsan, med teströk, med värmekamera (särskilt vintertid) alla tecken på förorenad (eller ren!) luft som läcker in. Undersök bl.a. fönster och dörrlister, brevinkast, tak- och golvvinklar, genomföringar etc. Undersök även alla frånluftdon för att se tecken på bakdrag. Ange punkter för inläckage med pilar på planskissen.
- I flerbostadshus med gemensam frånluftskanal kan övertryck (t.ex. grannens köksfläkt) orsaka att matos/rök/fukt tränger in i lägenheten. Om sådana problem upptäcks kan man misstänka att även andra lägenheter är drabbade. Besök grannlägenheter och be brukarna sätta på köksfläkten.
- Gör en sammanfattande bedömning av risken för inläckage av luftföroreningar utifrån.

C2. Loggning av temperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt

Läs först igenom teoriavsnitten om **fukttillskott** och **emissioner** alstrade i bostaden. Ventilationen har bl.a. till uppgift att transportera bort överskottsvärme, fukt och koldioxid. Hur bra ventilationen klarar av detta, kan man få en god uppfattning om genom att – parallellt och samtidigt i flera rum samt under en längre tid – följa hur luftfuktighet, koldioxidhalt och lufttemperatur varierar.

Människor avger både värme, fukt och koldioxid men i bostaden finns också andra emissionskällor för dessa miljöfaktorer: solinstrålning under sommarhalvåret (värme), tvättmaskiner och torkande tvätt (fukt), braskaminer (värme, ev. koldioxid), gasspisar (värme, koldioxid, fukt), matlagning (värme, fukt), värmeljus (värme, koldioxid, fukt), husdjur (värme, koldioxid, fukt), växter (fukt) osv.

Om man vet var och när dessa olika emissionerna uppkommer, kan man sedan genom de loggade kurvorna följa hur de sprids mellan olika rum och hur fort de vädras ut. Den koldioxid som alstras av människor är också en indikator för **bioeffluenter** som kan upplevas av brukarna i form av en känsla av dålig/instängd luft. Temperatur och luftfuktighet är också något som upplevs av brukarna och påverkar deras upplevelse av luftkvaliteten. Brukarna bör under loggningstiden föra noggrann dagbok.



Loggerdisplay: CO₂, RH %, °C

Det finns bra och billiga loggrar att använda för registreringen. De bör placeras ut – gärna redan vid första besöket – för parallell registrering i alla rum som är intressanta, i första hand i sovrummen och vardagsrummet. De ska placeras inne i **vistelsezonen**, inte för nära värmekällor eller ytterväggar eller i drag (undersök med teströk i förväg). De bör gärna ställas ganska nära från- eller överluftdon men på ungefär halva takhöjden (på en byrå går bra). Då kommer de att ge ungefärliga medelvärden av rumsluften. Det är samtidigt viktigt att ha kontroll över förhållandena utomhus under hela mätperioden, se [väderförhållanden](#).

Ibland kan kompletterande loggning behövas i ytterligare rum/utrymmen, t.ex. kök eller badrum, i flera våningsplan, källare, vind, kryp, andra angränsande utrymmen. Loggade data bör kombineras med andra iakttagelser, vad som kommer fram i samtal med brukarna samt med brukarnas dagböcker. Du får genom loggningen en bra grund att utgå från när du fortsätter med detaljerade undersökningar.

Instruktioner till brukarna och deras dagböcker

Mätresultaten vid långtidsmätningen påverkas i hög grad av brukarnas närvaro och aktiviteter. Under mättiden ska varje brukare föra noggrann dagbok över var de befinner sig under längre tid och över sina aktiviteter – helst timme för timme (t.ex. gym i vardagsrummet kl. 9-10; studier i rum 1 kl. 15-18; TV i vardagsrummet kl. 20-22). Dusch, matlagning och tvätt/tork är viktiga aktiviteter att redovisa. Det här ställer stora krav på brukarna men det är ju för deras skull som undersökningen genomförs.

Fönster bör så långt möjligt vara stängda under mätningen och vädring bör antecknas. Dörrarna bör vara öppna/stängda enligt vad som är normalt. Eventuella ändringar i radiatorer (mer/mindre värme) och i fuktalstring (tvätt, långkok, ...) anges i dagboken. Notera i dagboken olika aktiviteter när kroppen får jobba och alstrar mer värme, fukt, koldioxid, t.ex. städning och träning. Notera om personbelastningen förändras (t.ex. barnkalas/borta över helgen). Onödiga och tillfälliga verksamheter som alstrar

värme, fukt, CO₂ (stearinljus, värmeljus, tillfällig rökning, kakelugn, braskamin) bör helst undvikas under mätperioden eller antecknas. I dagboken noterar också brukarna hur de mår, främmande lukter och andra observationer som kan vara intressanta, t.ex. kondens på fönster och badrumsspegel.



Figur 15. Exempel på loggning av temperatur och koldioxidhalt i sovrum. Effekten av stängda vädringsluckor syns tydligt

Utvärdering av loggade temperatur-, fukt- och koldioxiddata

Om brukarna besvärar av **kyla, drag** bör loggningen av temperaturer i vistelsezonen ge bra information. Motsatsen förekommer också, nämligen att det är för varmt, särskilt under den varma årstiden med fönster mot söder. I sovrum, samt i vardagsrum när många personer samlas, skapar människor ett värmeöverskott och temperaturkurvan visar hur bra ventilationen klarar att transportera bort detta. Utvärdera i första hand enligt Folkhälsomyndighetens riktlinjer (21).

Luftfuktigheten kanske inte brukarna kan bedöma direkt med sina sinnen. Det är ändå viktigt att ha kontroll över höga **fukttillskott** pga. risken för fuktskador. Loggade fuktkurvor kan visa hur punktut-sugen fungerar och även visa på brukarbeteenden (t.ex. hur öppen badrumsdörr efter dusch sprider fukten överallt). Brukarnas noteringar om kondens kan kopplas till toppar i fuktkurvan.

Koldioxid-värdena kan direkt kopplas till riktvärdena 800/1000/1500 ppm, se [teoriavsnittet](#).

C3. Bedömning av risken för högt fukttillskott

Läs [teoriavsnittet](#). Utgå från uppgifter om byggnadskonstruktionen, bl.a. klimatskalets utformning (konvektions- och diffusionstäthet, fuktkänslighet, mm). För att kunna göra en total bedömning av risken för fuktskador kan sedan följande undersökningsmetoder vara lämpliga:

- [A1](#): Brukarnas upplevelser av kondens på fönster, bl.a. badrums- och köksfönster
- [A1](#): Vid bostad med flera plan - Luftflöden och luftriktningar i uteluftdon på övre plan
- [C2](#): Mätning och loggning av fukthalter i olika utrymmen
- [B4](#): Vid bostad med flera plan – Mät tryckförhållanden på övre plan
- [B1](#): Besök på vinden
- [C1](#): Inläckage av luft från fuktiga utrymmen

C4. Kyla, drag eller buller från uteluftdonen

Läs [teoriavsnittet](#). Mät lufttemperaturer och -hastigheter enligt Folkhälsomyndighetens riktlinjer (14). Mät eventuellt operativa temperaturen och jämför med riktlinjerna. Störs brukarna av utomhusbuller? Är donen bullerisolerade? Mät ljudnivåer i vistelsezonen enligt Folkhälsomyndighetens riktlinjer och jämför i första hand med Folkhälsomyndighetens riktvärden (22).

C5. Spärgasmätning för att spåra läckage mellan utrymmen

I besvärliga situationer, när det är viktigt att verkligen veta hur luften rör sig i byggnaden, kan man använda sig av spärgas. Helst bör gasen vara specifik, alltså en gas som inte förekommer i bostaden normalt. Det finns flera typer av spärgaser som kan användas, t.ex. lustgas. Spärgasen tillförs i något utrymme där man misstänker att en luftförorening alstras och med hjälp av ett känsligt mätinstrument mäter man om den kan detekteras i vistelsezonen. Mätningarna kan göras momentant med direkt-visande instrument eller loggas över längre tid.

Ordförklaringar

Orden/Begreppen är ordnade alfabetiskt. För ord/begrepp skrivna i **blått** finns en intern länk till det avsnitt i dokumentet som ger kompletterande information. För ord/begrepp i **brun** text finns som sökord i denna lista.

Absolut luftfuktighet. Se **ånghalt**.

A_k-värde. Se **genomströmningsarea**.

Avklingningskurva. Diagram över loggad luftföroreningskoncentration som visar hur fort en luftförorening, t.ex. tillsatt spårgas, vädras ut. Ur avklingningskurvan kan ventilationens tidskonstant bestämmas.

Avluft. Bostadens ventilerande luftflöde när det lämnar byggnaden, oftast på byggnadens tak.

Backspjäll. I serie med en hjälpfläkt brukar man ibland sätta ett backspjäll i form av lätta metallplattor som faller ned och blockerar luften från att gå bakvägen när fläkten är avstängd. Backspjäll kan inte användas vid självdrag eftersom det svaga **drivtrycket** inte är tillräckligt för att få spjället att öppna sig med avstängd fläkt.

Bakdrag. Bakdrag innebär luften går i fel riktning genom ett frånluftdon. Frånluftdonet börjar alltså istället fungera som tilluftdon (uteluftdon), något som medför flera nackdelar för innemiljön.

Bioeffluenter. De olika typer av luftföroreningar som avges av människokroppen (mest organiska ämnen). I bioeffluenter ingår bl.a. **koldioxid**, aldehyder, organiska syror, olika alkoholer, merkaptaner, ammoniak samt hudflagor.

Brukarinstruktion. Brukarinstruktionen beskriver hur man bör agera för att hjälpa självdraget att fungera så bra som möjligt. Det bör finnas möjlighet att reglera ute- och frånluftdon. Brukarinstruktionen beskriver hur man reglerar donen, hur man bör göra när man lagar mat och duschar och hur man underhåller systemet genom rengöring och ev. filterbyte.

Centraliserade system. Innebär i detta sammanhang att ute- och frånluftdon inte förekommer i samma rum i en bostad. Uteluftdon finns endast i rum med stora krav på bra luftkvalitet som sovrum och vardagsrum. Frånluftdon finns i rum där man önskar evakuera luftföroreningar, som kök och badrum. Vid centraliserat system är det viktigt med fri passage av luften mellan olika rum – det måste t.ex. finnas tillräckligt stora överluftdon mellan varje rum och en gemensam hall.

Decentraliserade system. Varje rum ventileras för sig eftersom varje rum har både ute- och frånluftdon. Det sker i idealfallet ingen transport av luft mellan olika rum – ingen överluft.

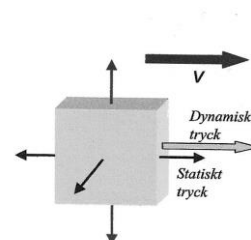
Differenstrycksmätning. Innebär att man mäter skillnaden i **statiskt lufttryck** mellan olika platser i t.ex. en bostad. Dessa skillnader kan var mycket små. Det totala, statiska lufttrycket är ca 100 000 Pa, samtidigt som de små tryckdifferenser som driver luften genom bostaden kan vara några enstaka Pa.

Diffusion. Luft består av en mängd olika ämnen i gasform, t.ex. kvävedioxid- eller vattenmolekyler. Gasmolekylerna är i ständig rörelse och kolliderar ständigt med varandra. Kollisionerna gör att koncentrationerna av varje ämne tenderar att utjämnas, dvs. bli lika höga överallt. Om t.ex. koncentrationen av vattenmolekyler (ånghalten) är högre inomhus än utomhus, kommer vattenmolekyler att röra sig inifrån och ut genom alla otätheter som finns i väggen. Man säger då att det sker diffusion av vattenånga genom väggen (något som kan leda till fuktskador).

Drivtryck. Att luften rör sig genom ett självdragssystem beror på att lufttrycket oftast är lägre i den varma luften högst uppe vid skorstensmynningen än nere vid uteluftintaget till bostaden. Det är den skillnaden i lufttryck som kallas drivtryck. Storleken på drivtrycket är helt avgörande för hur bra självdraget fungerar. Drivtrycket är en kombination av **termiskt drivtryck** och **vindens påverkan**.

Dubbelcirkulation. När luftflödet i en större frånluftskanal går i två riktningar samtidigt. I den ena halvan går flödet utåt, i den andra halvan fungerar den som tilluftskanal.

Dynamiskt tryck. Det dynamiska trycket är det tryck som luft i rörelse påverkar omgivningen med i rörelseriktningen. Detta till skillnad mot det (mycket större) statiska trycket som verkar i alla riktningar (se bilden). Det dynamiska trycket i en kanal kan mätas med en **differenstrycksmätare** och ett **prandtlrör** som hålls mot flödesriktningen. Sedan kan lufthastigheten enkelt beräknas med formeln $p = \rho * v^2/2$ där p är dynamiskt tryck, ρ är luftens densitet och v är lufthastigheten.



Ejektorverkan. Vinden som blåser på taket kan påverka självdraget på två sätt: Luften kan blåsa ner i skorstenen och därmed motverka det termiska drivtrycket. Det är dock vanligare att vinden drar med sig den **avluft** som lämnar skorstenen och därför samverkar med det **termiska drivtrycket** och ökar självdragsventilationen. Detta kallas ibland (oegentligt) ejektorverkan eftersom även vind som rör sig parallellt med skorstensmyningen bidrar till att skapa ett undertryck. Det går att förstärka vindens möjlighet att skapa undertryck genom montering av s.k. *ejektorer*.

Emission, Emittera. Andra ord för *avgivning* och *avge* som används när det gäller **luftföroreningar** som avges från en yta i ett rum. Intressant är då emissionshastigheten som mäts i $[\mu\text{g/s}]$ eller $[\text{l/s}]$ för gaser.

Exfiltration. **Läckflöde** som innebär att ineluft lämnar en byggnad via klimatskalet.

Formfaktor. Det tryck som vinden utövar mot en byggnadsdel beror dels på vindens **dynamiska tryck** men också på de geometriska förhållanden vid byggnadsdelen, t.ex. vindens riktning mot en fasad. Vindens tryck kan beräknas som det dynamiska trycket multiplicerat med formfaktorn, vilken normalt ligger mellan -1 till +1, ibland ner till -1,2 vid hörn mot vindsidan.

Fukttillskott. Definieras som skillnaden mellan den **absoluta luftfuktigheten** inomhus och motsvarande absoluta luftfuktighet utomhus. Fukttillskottet visar hur mycket fukt som produceras inomhus. För högt fukttillskott innebär en risk för fuktskador i bostaden.

Genomströmningsarea, A_k -värde. Detta är ett mycket användbart teoretiskt begrepp som gör det möjligt att jämföra olika **komponenter** i självdragssystemet med varandra. Komponentens motstånd mot luftflödet ökar A_k -värdet minskar. För en öppning, t.ex. överluftsspringa är A_k -värdet helt enkelt arean - bredd x höjd. Men för mer komplicerade komponenter t.ex. en frånluftskanal påverkas A_k -värdet också av annat, t.ex. längden och ytsträvheten. Formler gör det möjligt att beräkna genomströmningsarean för olika typer av komponenter. När man känner A_k -värdena är det möjligt att beräkna genomströmningsarean för hela bostaden eller för ett visst rum, att beräkna olika luftflöden och förutsäga vad som händer om man ändrar något i systemet. Formlerna är approximativa och utgår från ett **kvadratisk tryckfall**.

Hybridventilation/Förstärkt självdrag. Är ett mellanting mellan självdrag och frånluftsventilation där frånluftsfäktarna enbart är i drift när självdraget är otillräckligt, t.ex. sommartid. Dessa fäktar bör placeras så att de suger frånluften igenom kanalen, dvs. vid skorstensmyningen.

Infiltration. **Läckflöde** som innebär att uteluft tränger in i en byggnad via **klimatskalet**.

Innemiljö. En sammanfattning av de olika miljöfaktorer som påverkar en person inomhus. I innemiljön kan ingå bl.a. luftföroreningar, temperaturförhållanden och buller men även psykosociala förhållanden.

Innemiljöproblem. Med innemiljöproblem menas att en eller flera brukare förknippar hälsobesvär eller obehag till vistelse i en viss bostad. Besvären ska försvinna eller avta när man lämnar bostaden.

Innemiljöutredare. En innemiljöutredare är den person som har ansvaret för en **innemiljöutredning**. Det ställs mycket stora krav på kompetens och erfarenhet hos en innemiljöutredare.

Innemiljöutredning. Innemiljöutredningen har två syften: dels att utreda orsakerna till **innemiljöproblem**, dels att föreslå åtgärder för att eliminera eller minska dem; i många fall genom åtgärder i byggnaden.

Inspektionskamera. Liten kamera med belysning på en böjlig, lång kabel för filmning av ventilationskanaler t.ex.

IR-termometer. Ett elektroniskt instrument som beröringsfritt registrerar värmestrålning (IR-strålning) från rumsytor och bl.a. gör det möjligt att snabbt lokalisera köldbryggor vintertid.

Jämviktskoncentration. När luftföroreningar emitteras i en bostad med konstant emissionshastighet och vid ett konstant luftflöde, kommer luftföroreningskoncentrationen efter en viss tid att stabiliseras vid jämviktskoncentrationen C_j .

Kallras. Kallras uppstår på grund av att kall luft är tyngre än varm luft. Nära ett kallt fönster eller en kall vägg kyls luften ner och sjunker nedåt. Den kalla luften ersätts av varm luft inifrån rummet som också kyls ned. Det uppstår en kall luftström som upplevs som drag av personer nära fönstret/väggen.

Klimatskalet/Klimatskärmen. Detta är den totala yta som omsluter bostadens uppvärmda utrymme och avskiljer bostaden mot (den kalla) omgivningen: ytterväggar, yttertak, golv/grund, fönster och dörrar. Ur luftföroreningssynpunkt är även bostadens **totala omslutande yta** intressant; i den ytan ingår även de ytor som gränsar till andra uppvärmda utrymmen, t.ex. mot grannar i ett flerbostadshus.

Kolfilterfläkt. Istället för att evakueras i en frånluftskanal över spisen finns där en mekanisk fläkt försedd med ett kolfilter som renar och återcirkulerar luften. Kolfiltret absorberar stora delar av det

luktande matoset men inte alla luftföroreningar. Det absorberar t.ex. inte vattenånga eller kväveoxider från en gasspis. Ett kolfilter måste bytas regelbundet.

Komponent. I detta sammanhang betyder komponent allt som luften passerar på sin väg genom bostaden och som bromsar luften: uteluftdon, springor i golv/väggar/tak (**läckflöde**), överluftdon, halvöppna dörrar, frånluftdon, frånluftskanaler och skorstenshuv. Genom att beräkna **genomströmningsarean** för varje komponent kan man jämföra dem med varandra för att se vad som bromsar luftflödet mest.

Kontaktgruppen. Den arbetsgrupp som styr **innemiljöutredningen**. En kontaktgrupp bör alltid finnas. I den bör som ett minimum ingå fastighetsägaren, **innemiljöutredaren** samt minst en brukarrepresentant.

Konvektion. När luften rör sig/strömmar. Fukt, värme, luftföroreningar kan spridas via konvektion.

Kvadratisk tryckfall. Mycket användbart för förståelse av självdrag. Tryckfallet över en komponent kan approximeras med formeln $\Delta p_k \approx 0,6 \cdot Q_k^2 / A_k^2$ som visar att det är proportionellt mot kvadraten på luftflödet Q_k .

Luftföroreningar. Alla typer av ämnen i luften – i partikel- eller gasform som försämrar **luftkvaliteten**.

Luftkvalitet. Inomhusluftens totala förmåga att påverka en brukares hälsa och välbefinnande, främst genom sitt innehåll av **luftföroreningar**.

Luftomsättning. Vanligt begrepp men som lätt missförstås och blandas ihop med begreppet luftflöde. Luftomsättningen n är kvoten mellan luftflöde och rumsvolym, inversen av **tidskonstanten** $n = 1/\tau$.

Luftutbyteseffektivitet. Ett mått på hur effektivt luften i rummet byts ut. Kan mätas med **spårgas**.

Läckflöde. Luft som rör sig genom byggnaden via oönskade vägar, alltså inte via ventilationsdon och -kanaler. Det kan handla om springor, porositet eller oavsedda öppningar i kanaler, golv, väggar, tak. **Infiltration** är sådant läckflödet som tar sig in i huset via **klimatekskiktet**. **Exfiltration** är läckflöde som lämnar byggnaden via klimatekskiktet.

Mollierdiagram. Ett diagram som bl.a. visar sambanden mellan absolut och relativ luftfuktighet vid olika temperaturer. Mollierdiagram finns på internet.

Obalans i ventilationssystemet. Obalans innebär att det är stora skillnader mellan de tryckdifferenser som driver luften in i en byggnad/bostad resp. de tryckdifferenser som driver luften ut från byggnaden. Detta skapar ett stort, oönskat **över-** eller **undertryck** inomhus.

Omslutande yta Se **Total omslutande yta**

Operativ temperatur. Medelvärde av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen från omgivande ytor. Ger ett bättre mått på värme-/kölakupplevelsen än bara lufttemperaturen.

OVK. Obligatorisk Ventilations-Kontroll är en lagstadgad skyldighet för fastighetsägare att regelbundet låta en kontrollant undersöka att ventilationssystemet fungerar som avsett.

Parallellkoppling. När det finns parallella strömningsvägar för luften. En sammanlagd ekvivalent **genomströmningsarea** beräknas då genom att summera komponenternas areor.

Passiv spårgasmätning. Små emissionskällor avger en gas långsamt som inte finns i miljön normalt. På olika platser i bostaden placeras passiva provtagare. Efter någon vecka samlas provtagarna in och ur den absorberade provmängden kan bostadens totala **luftomsättning/tidskonstant** beräknas.

Processventilation. Se **punktutsug**.

Punktutsug. För att suga bort skadliga eller oönskade luftföroreningar som alstras vid någon viss verksamhet (process), krävs processventilation, dvs. ett punktutsug nära föroreningskällan. I en bostad kan det handla om skorstenen vid en eldstad, köksfläkten eller badrumsventilationen.

Seriekoppling. När flera **komponenter** är kopplade i rad efter varandra. Det är möjligt att beräkna en total genomströmningsarea för de seriekopplade komponenterna.

Specifik lufthastighet. Ett teoretiskt begrepp som används för att beräkna luftflödet genom en bostad med självdrag. Den specifika lufthastigheten beräknas ur det **totala drivtrycket**.

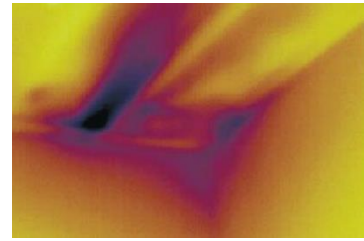
Spårgas. Se **passiv spårgasmätning**

Stagnationszon. Ett område i ett rum som ventileras långsammare än rummet i övrigt och där man riskerar högre koncentration av sådana luftföroreningar som bildas inom området.

Statiskt tryck. Det ”vanliga” lufttrycket (ca 100 000 Pa) som i öppna utrymmen främst orsakas av den kraft som atmosfärens luft utövar mot varje kvadratmeter jordyta. Det statiska trycket verkar i alla riktningar, se även **dynamiskt tryck**.

Termiskt drivtryck. Orsakas av små skillnader i **statiskt tryck** mellan uteluften och den varmare ineluften i en bostad. Det termiska drivtrycket är den främsta orsaken till att självdrag fungerar.

Termofotografering. Fungerar enligt samma princip som **IR-termometer** men ger en digital bild på en skärm där varma och kalla ytor på en vägg får olika färg så att man tydligt ser kalla områden (svart område i taket på bilden).

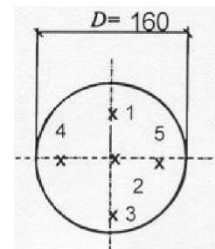


Tidskonstanten τ . Ventilationens tidskonstant beräknas som kvoten mellan rumsvolymen och luftflödet genom rummet. Det är tidskonstanten som bestämmer hur fort luftföroreningskoncentrationen når **jämviktskoncentrationen** när luftflöde eller **emissionshastighet** har förändrats av en viss luftförorening.

Totala drivtrycket. Det **termiska drivtrycket** och **vindens påverkan** kan summeras till ett totalt drivtryck vilket är den tryckdifferens som driver luften genom en bostad med självdrag.

Total omslutande yta. De sammanlagda begränsningsytorna hos ett rum eller en bostad, dvs. golv, väggar och tak. Detta till skillnad mot **klimatskalet** som bara omfattar de ytor som är i direkt kontakt med uteluften. I ett rum utgörs klimatskalet alltså normalt bara av fönsterväggen.

Traversering. När lufthastigheter mäts med termoanemometer enligt ett visst schema så att man utifrån mätningarna kan räkna ut en medellufthastighet och sedan luftflödet. Bilden visar lämpliga mätpunkter i en 160 mm frånluftskanal.



Tryckfall. När luften rör sig genom en **komponent** är det **statiska trycket** högre före än efter komponenten. Denna tryckdifferens kallas tryckfallet över komponenten.

Tryckflödeskurva. Ett diagram som visar hur luftflödet genom en **komponent** varierar med tryckdifferensen över komponenten. Ur tryckflödeskurvan kan komponentens **genomströmningsarea** beräknas.

Tryckförlust. Betyder egentligen samma sak som **tryckfall** men fokuserar på att luften förlorar energi (friktionsförluster) genom att passera en komponent.

Undertryck. Vid **differenstrycksmätning** mellan två platser i eller utanför en bostad säger man att den plats som har det lägsta lufttrycket har undertryck jämfört den plats man mäter mot. Luften strävar hela tiden att jämna ut tryckskillnader och det är undertrycket i frånluftskanaler som driver självdraget.

Vindpåverkan. När det blåser utomhus, utövar vinden ett **dynamiskt tryck** på omgivningen vinkelrätt mot luftriktningen. Vid vindhastigheten 10 m/s blir det dynamiska trycket ca 60 Pa, att jämföra med det **statiska lufttrycket** på ca 100 000 Pa och det **termiska drivtrycket** som ofta är betydligt lägre än 30 Pa. För att beräkna vindens påverkan på självdragets **totala drivtryck**, ska det dynamiska trycket multipliceras med en **formfaktor**.

Vistelsezonen. Den del av utrymmet i en bostad där man kan ställa komfort- och hälsokrav på temperatur och drag. I vistelsezonen ingår t.ex. inte de delar som ligger närmast ytterväggar. En definition av vistelsezonen finns hos Boverket och i Folkhälsomyndighetens råd om temperatur inomhus ([21](#)).

Ånghalt. Luften innehåller en viss mängd vatten i gasform. Denna gas kallas vattenånga. Ånghalten är koncentrationen av vatten i gasform och mäts i g/m³ luft eller i g/kg torr luft. Ånghalten kallas också **absolut luftfuktighet**.

Örebroenkät. En standardiserad enkät där man frågar brukare av en byggnad hur de mår. Många av besvaren man frågar efter (t.ex. huvudvärk) är mycket vanliga. En fördel med Örebroenkäten är att den använts så mycket att man har fått en uppfattning om vad som är "normalt", alltså hur många som brukar ha t.ex. huvudvärk utan att det är något fel på byggnaden.

Överluftdon. Överluftdon är avsiktliga öppningar mellan olika rum inomhus som möjliggör lufttransport. De är nödvändiga komponenter i **centraliserade självdragssystem** eftersom ute- och frånluftdon då finns i olika rum. Överluftdon bör t.ex. finnas mellan sovrum och hall och mellan hall och badrum och bör ha minst lika stor **genomströmningsarea** som rummets ute- resp. frånluftdon.

Övertryck. Motsatsen till **Undertryck**.

Bilagor

Bilaga 1. Exempel på bostad och utredningsmetodik

Allmänna uppgifter

Uppgifter om bostadsinnehavaren (namn, kontaktuppgifter): **xxx**
Objekt (bostadens adress, lägenhetsnr etc.): **xxx** Byggår: **1987**
Typ av bostad (lägenhet/villa, etc.): **radhus** Antal boende: **4**
Antal våningar i bostaden (inkl. källare, vind): **1** Bostadsyta: **130 m²**
Uppskattad lyfthöjd **h**: vertikalt avstånd uteluftsdon till skorstensmyrning: **4 m**
☐ Ventilationsritningar, daterade: **saknas** ☐ OVK-protokoll, daterat: **saknas**
Typ av inomhusmiljöproblem/Problembeskrivning: **2 vuxna, 2 tonåringar. Luften känns tung att andas. Duschventilationen fungerar inte. Innanför entrén syns svarta missfärgningar i taket.**
Uppgifter om inomhusmiljöutredaren (namn, företag, adress, kontaktuppgifter): **xxx**
Uppgifter om mätinstrumenten (namn, fabrikat, kalibreringsdatum): **xxx**

Dagens aktuella data

Datum för besök: **220305**

Hur upplevs luften när du stiger in i bostaden? **Instängt, mikrobiell lukt**

Väderförhållanden vid besöket: **mulet**

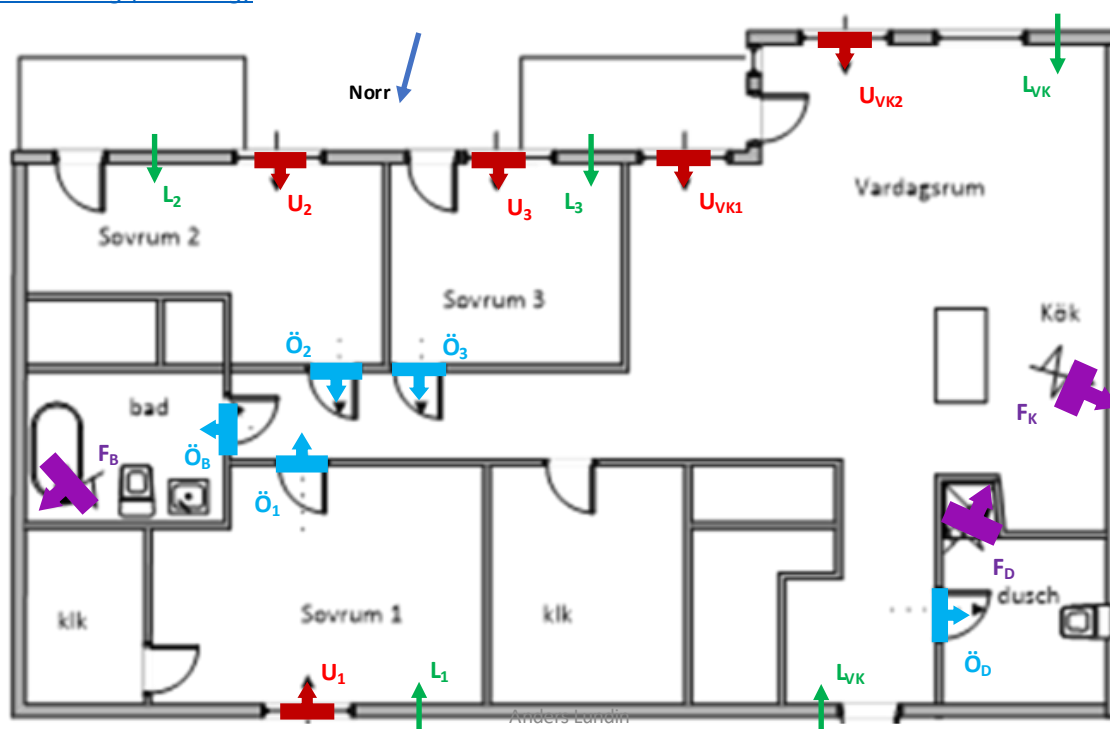
Temperatur T_{ute} : **0 °C** T_{inne} : **20 °C**

Nederbörd? **nej** Vindriktning (varifrån blåser det, t.ex. S, SV, NO): **växlande**

Vindstyrka (svag, medel, stark, ...): **svag** Vindbyar (inga, måttliga, starka, ...): **xxx**

Uppskattat termiskt drivtryck $\Delta p_{term} = 0,04 * (T_{inne} - T_{ute}) * h$: **3,4 Pa** (<2 Pa Lågt; >10 Pa Högt)

Planritning (skalenlig)

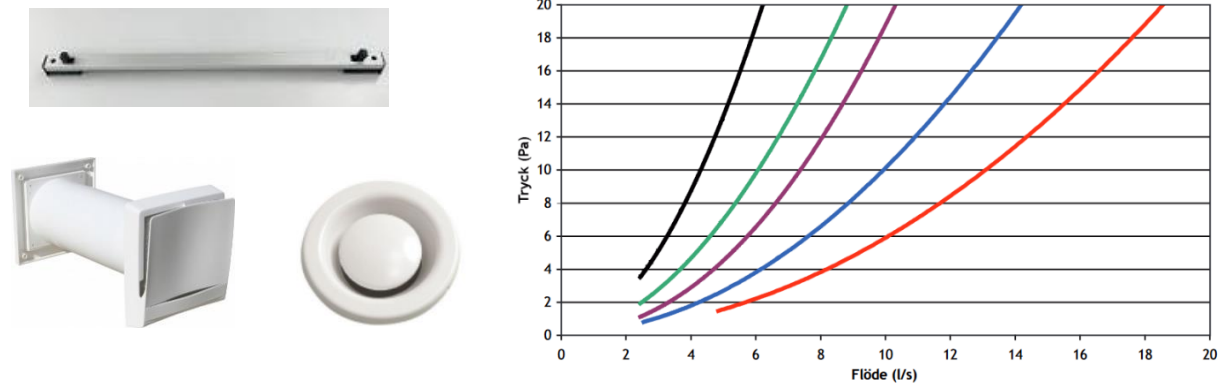


Figur 16. Exempel på planritning med inritade komponenter i självdragssystemet

Förklaringar: Röda pilar - Uteluftdon, Gröna - Läckflöden, Ljusblå - Överluftdon, Lila - Frånluftdon. Bostaden har öppen planlösning med gemensam hall som är öppen mot vardagsrum och kök. Dörrarna mellan rummen hålls normalt stängda nattetid och ibland dagtid när barnen t.ex. läser läxor.

A1, B2. Noggrann genomgång av komponenter med beräkning av A_k -värden

Allmänna data och beräkningar av A_k -värden rum för rum (rumslistan metod A1 och B2). Beteckningar enligt figur 16. Ute- och frånluftdon är hämtade från textens figur 5 som är samma som fig. 17, se nedan



Spaltventil, tryckflödeskurvas färg	svart	grön	lila	blå	röd	Uteluftdon	Frånluftventil
Luftflöde vid 5 Pa [l/s]	2,7	4	5	7	9	5,5	3,3
Diameter på borrade hål [mm]	10	10	12	12	12	---	---
Antal borrade hål	17	25	17	25	34	---	---
Total hålareal [cm ²]	13	20	19	28	38	---	---
A_k som parallella kanaler (formel 5) [cm ²]	12	17	17	25	34	---	---
A_k ur tryckflödeskurva [cm ²]	9,4	14	17	24	31	19	11

Figur 17. Överst t. v. visas en vanlig typ av spaltventil med borrade 10 mm hål. Under t.v. en annan typ av uteluftdon. Under t.h. en vanlig typ av frånluftsväntil (för 100 mm kanal) i t.ex. toaletter. Till höger visas typiska tryckflödeskurvor för spaltventiler av olika storlekar. Underst en tabell över uppmätta luftflöden vid 5 Pa tryckfall samt beräknade A_k -värden utgående från tryckflödeskurvorna vid 5 Pa (formel 4), dels beräknade som parallellkopplade kanaler enligt formel 5.

Läckflöden

Läckflödena är okända men läckage antas endast ske via fasaden.

Vid provtryckning med 50 Pa och vid 20 °C antas läckflödet vara 1 l/s per m² fasadyta.

Takhöjden invändigt är 2,5 m, dvs. inläckaget är 2,5 l/s per meter ytterfasad vid 50 Pa.

Formel 4 ger $A_L = 0,0025 / (2 \cdot 50 / 1,2)^{0,5} = 0,000274 \text{ m}^2 = 0,0274 \text{ dm}^2$ per meter fasad.

Skorstensmynningen

De runda plåtrören till bostadens tre frånluftskanaler utmynnar på tre olika platser på taket med enkla regnskydd över. Utblåsningen vid skorstensmynningen kan betraktas som fri kanalutblåsning.

Enligt formel 6 gäller att A_k -värdet är lika med kanalens respektive tvärsnittareal.

Sovrum 1, föräldrarnas sovrums, ca 15 m²

L1: Fasadlängden är ca 5 m. Inget uppenbart inläckage. $A_{L1} = 5 \cdot 0,0274 = 0,14 \text{ dm}^2$.

U1: Bild i figur 17: "Uteluftdon". Donet är reglerbart och flödet är inställt på max.

Donet fungerar men har mycket smutsigt filter och bör rengöras.

Enligt figur 17: $A_{U1} = 19 \text{ cm}^2 = 0,19 \text{ dm}^2$.

Ö1: Springa under tröskel: $1 \cdot 80 \text{ cm}^2 =$ Donet fungerar, OK flöde.

A_{10} uppskattas som den fria tvärsnittsarean: $A_{10} = 0,8 \text{ dm}^2$



Sovrum 2, Tanjas rum, ca 12 m²

L2: Fasadlängden är ca 5 m. Det drar vid altandörren så A_{2L} antas $\approx 8 * 0,0274 = 0,22 \text{ dm}^2$.

U2: Bild i figur 17: "Uteluftdon". Donet är reglerbart och flödet är inställt på max.

Donet fungerar men har smutsigt filter och bör rengöras.

Enligt figur 17: $A_{2U} = 19 \text{ cm}^2 = 0,19 \text{ dm}^2$.

Ö2: Springa under tröskel: $1 * 80 \text{ cm}^2 =$ Donet fungerar, OK flöde.

$A_{2ö}$ uppskattas som den fria tvärsnittsarean: $A_{2ö} = 0,8 \text{ dm}^2$



Sovrum 3, Alexanders rum, ca 10 m²

L3: Fasadlängden är ca 3 m. Det drar lite vid altandörren så A_{L3} antas $\approx 5 * 0,0274 = 0,14 \text{ dm}^2$.

U3: Bild i figur 17: "Spaltventil, grön kurva". Flödet är OK. Donet är reglerbart med

flödet inställt på max. Donet fungerar men är smutsigt. Det saknar filter.

Enligt figur 17: $A_{3U} = 14 \text{ cm}^2 = 0,14 \text{ dm}^2$.

Ö3: Springa under tröskel: $1 * 80 \text{ cm}^2 =$ Donet fungerar, OK flöde.

$A_{3ö}$ uppskattas som den fria tvärsnittsarean: $A_{3ö} = 0,8 \text{ dm}^2$



Vardagsrum/Kök, ca 40 m² (öppet mot hallen men hallytan är inte inräknad)

L_{VK}: Fasadlängden är ca 10 m. Det drar vid altan- o entrédörr så A_{VKL} antas $\approx 15 * 0,0274 = 0,41 \text{ dm}^2$.

U_{VK1} + U_{VK2}: Bild i figur 17: 2 st "Spaltventil, lila kurva". Flödet är kraftigt genom båda donen.

De är reglerbara och flödet är inställt på max. Donen fungerar men är mycket smutsiga.

De saknar filter. Enligt figur 17: $A_{VKU1} = A_{VKU2} = 17 \text{ cm}^2$. $A_{VKU} = 2 * 0,17 = 0,34 \text{ dm}^2$.

Överluftdon saknas.



Kökets frånluft

K_{kök}: Kökets frånluftskanal är ett runt, slätt, vertikalt plåtrör med diameter 200 mm.

Kanalen ser ren ut. $\lambda = 0,03$, $l = 2,5 \text{ m}$, $d = 0,2 \text{ m}$.

Kanalens tvärsnittsarea: $\pi d^2/4 = 3,14 * 2^2/4 = 3,14 \text{ dm}^2$.

$A_{k\ddot{o}k}$ beräknas ur [formel 5](#): $A_{k\ddot{o}k} = 3,14 / (0,03 * 2,5/0,2)^{0,5} = 5,13 \text{ dm}^2$.

F_{kök}: En stor spiskåpa med inmonterad elektrisk varvtalsreglerad hjälpfläkt med fettfilter. Filtret är nyligen rengjort och fläkten ser ren ut. Bra flöde med avstängd fläkt. Vid maximal hastighet reduceras frånluftsflödet i badrummet tydligt (teströk). Flödet i duschrummet är svagt men vänder inte riktning. Enligt leverantörens produktblad är flödet vid 10 Pa (avstängd fläkt) genom fläkt/filter 80 l/s.

[Formel 4](#) ger $A_{k\ddot{o}kF} = 0,080 / (2 * 10/1,2)^{0,5} = 0,0196 \text{ m}^2 = 1,96 \text{ dm}^2$.

M_{kök}, Skorstensmyningen: fri kanalutblåsning, se ovan. $A_{k\ddot{o}kM} =$ kanalens tvärsnittsytta $= 3,14 \text{ dm}^2$

Badrummet

Duschrummet

Ö_D: Badrummets överluft är en springa under tröskel: $A_{Bö} = 2 * 80 \text{ cm}^2 = 1,6 \text{ dm}^2$.

K_D: Duschrummets frånluftskanal är ett runt, slätt, vertikalt plåtrör med diametern 100 mm. Det verkar rostigt på insidan. $\lambda = 0,03$, $l = 2,5 \text{ m}$, $d = 0,1 \text{ m}$.

Kanalens tvärsnittsarea $\pi d^2/4 = 3,14 * 1^2/4 = 0,785 \text{ dm}^2$.

A_{DK} beräknas ur [formel 5](#): $A_{DK} = 0,785 / (0,03 * 2,5/0,1)^{0,5} = 1,05 \text{ dm}^2$

F_D: I duschrummet finns den frånluftventil som visas i figur 17.

Flödet är mycket svagt. Enligt figur 17: $A_{DF} = 0,11 \text{ dm}^2$.

M_D, Skorstensmyningen: fri kanalutblåsning, se ovan. $A_{DM} = 0,78 \text{ dm}^2$.



B3. Beräkningar för hela självdragssystemet

1. Beräkna A_i , genomströmningsarean för varje rum med uteluftdon:

a. Beräkna $A_{i\text{in}}$ genom att för varje rum addera A_{iU} för uteluftdon samt A_{iL} för läckflöde:

Sovrum 1: $A_{1\text{in}} = 0,19 + 0,14 = 0,33 \text{ dm}^2$	$A_{1\text{in}} = 0,33 \text{ dm}^2$
Sovrum 2: $A_{2\text{in}} = 0,19 + 0,22 = 0,41 \text{ dm}^2$	$A_{2\text{in}} = 0,41 \text{ dm}^2$
Sovrum 3: $A_{3\text{in}} = 0,14 + 0,14 = 0,28 \text{ dm}^2$	$A_{3\text{in}} = 0,28 \text{ dm}^2$
Vardagsrum/Kök: $A_{VK\text{in}} = 0,34 + 0,41 = 0,75 \text{ dm}^2$	$A_{VK\text{in}} = 0,75 \text{ dm}^2$

c. Beräkna A_i genom seriekoppling av $A_{i\text{in}}$ med resp. överluftdon: $1/A_i^2 = 1/A_{i\text{in}}^2 + 1/A_{i\text{ö}}^2$

$1/A_1^2 = 1/A_{1\text{in}}^2 + 1/A_{1\text{ö}}^2 = 1/0,33^2 + 1/0,8^2 = 9,26 + 1,56 = 10,82$	$A_1 = 0,30 \text{ dm}^2$
$1/A_2^2 = 1/A_{2\text{in}}^2 + 1/A_{2\text{ö}}^2 = 1/0,41^2 + 1/0,8^2 = 5,95 + 1,56 = 7,52$	$A_2 = 0,36 \text{ dm}^2$
$1/A_3^2 = 1/A_{3\text{in}}^2 + 1/A_{3\text{ö}}^2 = 1/0,28^2 + 1/0,8^2 = 12,82 + 1,56 = 14,38$	$A_3 = 0,26 \text{ dm}^2$
	$A_{VK} = 0,75 \text{ dm}^2$
	$A_{\text{till}} = 1,67 \text{ dm}^2$

2. Beräkna $A_{\text{till}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_{VK} = 1,67 \text{ dm}^2$

3. Beräkna A_j för alla rum med frånluftdon genom seriekoppling:

$1/A_j^2 = 1/A_{j\text{ö}}^2 + 1/A_{jK}^2 + 1/A_{jF}^2 + 1/A_{jM}^2$	
$1/A_{\text{kök}}^2 = 0 + 1/5,13^2 + 1/1,96^2 + 1/3,14^2 = 0,038 + 0,260 + 0,101$	$A_{\text{kök}} = 1,58 \text{ dm}^2$
$1/A_B^2 = 1/1,6^2 + 1/5,13^2 + 1/10,05^2 + 1/3,14^2 = 0,391 + 0,038 + 0,010 + 0,101$	$A_B = 1,36 \text{ dm}^2$
$1/A_D^2 = 1/1,6^2 + 1/1,05^2 + 1/0,11^2 + 1/0,78^2 = 0,391 + 0,91 + 83,33 + 1,62$	$A_D = 0,11 \text{ dm}^2$
	$A_{\text{från}} = 3,05 \text{ dm}^2$

4. Beräkna $A_{\text{från}} = A_{\text{kök}} + A_B + A_D = 3,04 \text{ dm}^2$

5. Beräkna A_s genom seriekoppling:

$1/A_s^2 = 1/A_{\text{till}}^2 + 1/A_{\text{från}}^2 = 0,3586 + 0,1075$	$A_s = 1,46 \text{ dm}^2$
---	---------------------------

6. Beräkna termiska drivtrycket, $\Delta p_{\text{term}} = 0,043 \cdot (20 - 0) \cdot 4 = 3,44 \text{ Pa}$

7. Beräkna specifika lufthastigheten $v_s = (\Delta p_{\text{term}} / 0,6)^{0,5} = 2,38 \text{ m/s}$

8. Beräkna $Q_s = A_s \cdot v_s = 1,46 \cdot 23,8 = 34,7 \text{ dm}^3/\text{s} = 34,7 \text{ l/s}$

Beräkna Q_i , luftflödet genom varje rum, med formeln $Q_i = Q_s \cdot A_i / A_{\text{till}}$ resp. $Q_j = Q_s \cdot A_j / A_{\text{från}}$.

Observera att $\sum Q_i = Q_{\text{till}} = \sum Q_j = Q_{\text{från}} = 34,7 \text{ l/s}$.

$Q_1 = 34,7 \cdot 0,30 / 1,67 = 6,2 \text{ l/s}$	$Q_{\text{kök}} = 34,7 \cdot 1,56 / 3,04 = 17,8 \text{ l/s}$
$Q_2 = 34,7 \cdot 0,36 / 1,67 = 7,5 \text{ l/s}$	$Q_B = 34,7 \cdot 1,37 / 3,04 = 15,6 \text{ l/s}$
$Q_3 = 34,7 \cdot 0,26 / 1,67 = 5,4 \text{ l/s}$	$Q_D = 34,7 \cdot 0,11 / 3,04 = 1,3 \text{ l/s}$
$Q_{VK} = 34,7 \cdot 0,75 / 1,67 = 15,6 \text{ l/s}$	

Bedömning: Det totala luftflödet kan jämföras med normen 0,35 l/s/per m^2 . För 130 m^2 skulle krävas $130 \cdot 0,35 = 45 \text{ l/s}$. Totala luftflödet är alltså lågt, trots låg utetemperatur, dvs. relativt högt termiskt drivtryck. Även i sovrummen är flödena låga jämfört kravet $>10 \text{ l/s}$ per person för god sömnkvalitet, framförallt i föräldrasovrummet med 2,7 l/s/person, dvs. lägre än lägsta acceptabla flöde 4 l/s/person. Inte heller i köket/vardagsrummet är flödet tillräckligt; när hela familjen samlas är $4 \cdot 9 = 36 \text{ l/s}$ önskvärt. Observera att de här beräkningarna utgår från rengjorda kanaler och don i gott skick. På frånluftsidan är det framförallt duschrummet som sticker ut med ett helt olämpligt frånluftdon och en kanal med för liten diameter för att klara duschning utan att flödet forceras med fläkt. Varken dusch- eller badrum har öppningsbara fönster. Duschrummet var ursprungligen avsett som extratoalett men har kompletterats med dusch. Antagligen har överskottsfukten orsakat mikrobiell växt i taket innanför entrén.

PFS-programmet med exempelbostaden som tillämpningsexempel

På denna sida visas hur det kan se ut i utskrift från [PFS-programmet](#) när A_k -värden beräknats för olika komponenter och sedan luftflöden och differenstryck beräknats på olika platser i systemet (Vissa siffror är ändrade jämfört sid 48-49). Från Lars Jensen, Installationsteknik, Lunds tekniska högskola.

```

begin
flow      l / s
format    p 2 q 2
print     :hq          "ger utskrift av alla tryckändringar och flöden"
parameter dp=-3.4      "drivtryck Pa"
set       op=t,0.6e-6  "op ger tryckfallet 0.6 Pa för arean 1 m2 och 1000 l/s"
com       avluftsdon frånluftsdon uteluftsdon innerdörr läckage kanal
set       AD=op        FD=op          UD=op          ID=op          LK=op        SK=op

```

```

      h, dp      h, dp      h, dp
      -3.40 Pa   -3.40 Pa   -3.40 Pa
      -10.42 l/s -1.38 l/s  -19.48 l/s
      AD,0.0314  AD,0.00785  AD,0.0314
      0.07 Pa    0.02 Pa    0.23 Pa
      -10.42 l/s -1.38 l/s  -19.48 l/s
      SK,0.0444  SK,0.00785  SK,0.0444
      0.03 Pa    0.02 Pa    0.12 Pa
      -10.42 l/s -1.38 l/s  -19.48 l/s
      FD,0.0188:to FD,0.0011:to FD,0.0188:to
      -3.12 Pa   -2.42 Pa   -2.41 Pa
      0.18 Pa    0.94 Pa    0.64 Pa
      -10.42 l/s -1.38 l/s  -19.48 l/s

      "badrum"      "duschrum"      "allrum kök"
      UD,0.0017
      2.41 Pa
      -3.41 l/s
      UD,0.0017
      2.41 Pa
      -3.41 l/s
      LK,0.004125
      2.41 Pa
      -8.27 l/s

      ID,0.0096    ID,0.0096
      0.71 Pa      0.01 Pa
      -10.42 l/s  -1.38 l/s

      ID,0.0048:to ID,0.0048:to ID,0.0048:to
      -1.64 Pa     -1.48 Pa     -1.81 Pa
      0.77 Pa      0.93 Pa      0.60 Pa
      -5.42 l/s    -5.97 l/s    -4.81 l/s

      "sovrum 1"    "sovrum 2"    "sovrum 3"
      UD,0.0019    UD,0.0016    UD,0.0014
      1.64 Pa      1.48 Pa      1.81 Pa
      -3.14 l/s    -2.51 l/s    -2.43 l/s
      LK,0.001375  LK,0.0022    LK,0.001375
      1.64 Pa      1.48 Pa      1.81 Pa
      -2.28 l/s    -3.46 l/s    -2.39 l/s

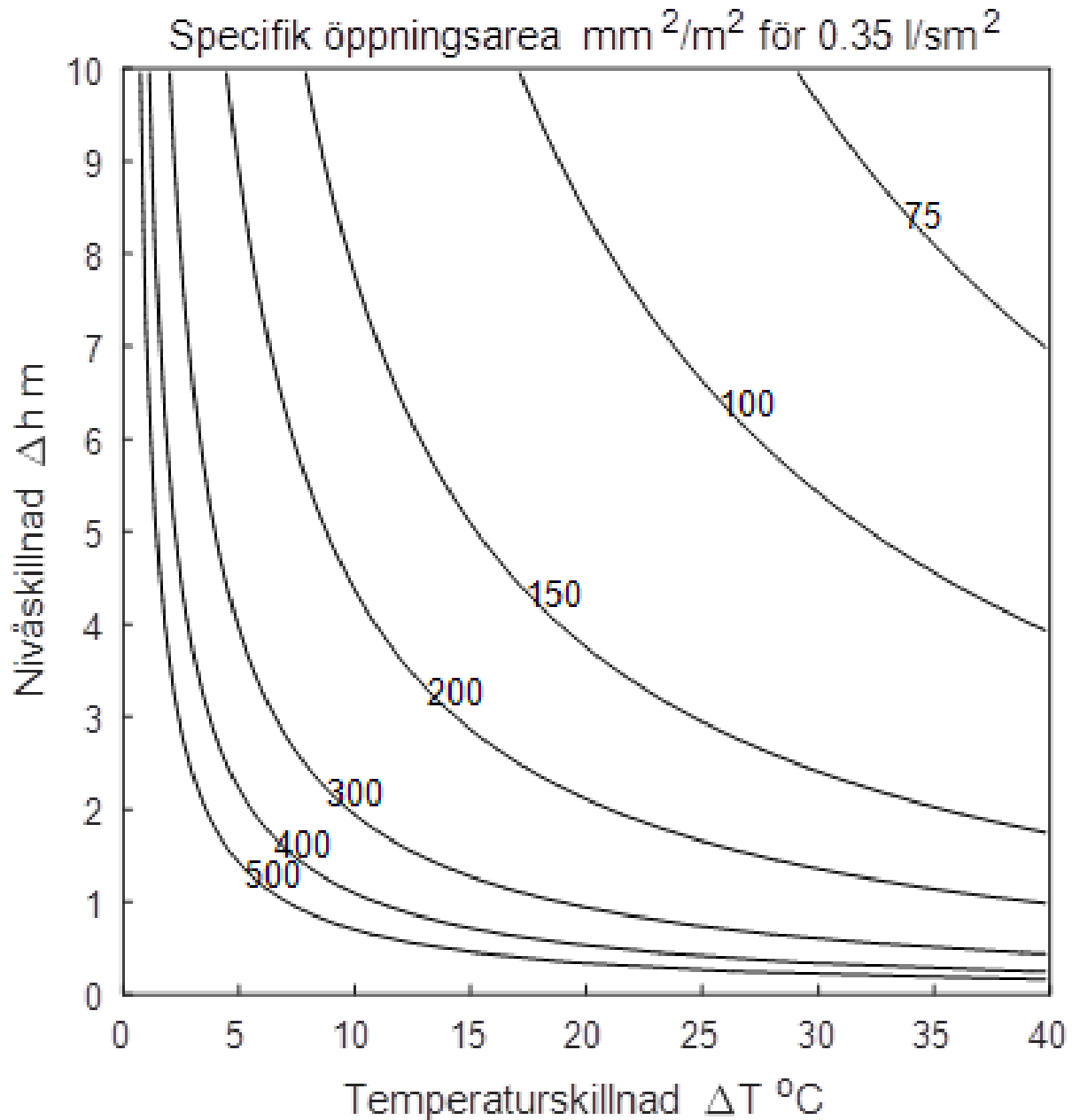
end 1 block 1 system 26 elements 0 errors 0 observations 2022-10-10 15.04.19

```

Nomogram för bestämning av specifik öppningsarea

Från Lars Jensen, Installationsteknik, Lunds tekniska högskola

Specifik öppningsarea = Genomströmningsarea per m^2 golvyta



Gör så här:

- Beräkna temperaturskillnaden $\Delta T = T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}$ [° C]
- Ta fram Nivåskillnaden = Skorstenshöjden Δh [m]
- Gå in i nomogrammet och läs av Specifik öppningsarea (genomströmningsarea per m^2)

Beräkning för exempelbostaden

$\Delta T = T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}} = 20 - 0 = 20$ °C Skorstenshöjden $\Delta h = 4$ m. Lägenhetsytan är 130 m^2

Gå in i nomogrammet och läs av den specifika öppningsarean till ca $145 [\text{mm}^2/\text{m}^2]$

För 130 m^2 krävs då minst $130 * 145 \text{ mm}^2 = 18850 \text{ mm}^2 \approx 188 \text{ cm}^2$ i total genomströmningsarea för att bostaden ska klara ett luftflödeskrav på $0,35 \text{ l/s/m}^2$. För exempelbostaden uppmättes ca 155 cm^2 ([sidan 49](#)), vilket alltså är otillräckligt.

Bilaga 2. Nomogram för termiskt drivtryck och specifik lufthastighet

Från Lars Jensen, Installationsteknik, Lunds tekniska högskola. $\Delta T = T_{inne} - T_{ute} [^{\circ}\text{C}]$

Specifik lufthastighet, v_s används för beräkning av totala luftflödet: $Q_s = A_s * v_s$ ([formel 10](#))

