

Effekter på funktion och kostnad av styrd ventilation av kallvindar

En nyligen publicerade studie har visat att mögelförekomsten är normalt riklig i kallvindar. SBUF-projektet, Etapp I, som redovisas undersöker en metod för att förbättra fuktsäkerheten med hjälp av lufttätade kallvindar som ventileras kontrollerat.

Beräkningsresultaten för fuktillståndet och temperaturen på kallvindar visar tydligt på en kraftigt reducerad eller helt eliminerad risk för mögelpåväxt vid kontrollerad ventilation och lufttätad kallvind.

Kostnadsanalysen visar att, då rutiner etablerats, kan en väl tätad

På påståendet "Fuktproblem kommer ofta efter tilläggsisolering av vindar" instämde 83 stycken. I påståendet "Ventilerade vindar har ofta problem" instämmer 53 av 95 konsulter. I en rapport från Anticimex nämns att 50 procent av alla vindar får anmärkningar vid besiktning.

Att kallvindar kan klassas som en riskkonstruktion ur fuktsynpunkt styrks av resultat från ett nyligen färdigställt examensarbetet "Fukt på kallvindar – en kartläggning av småhus i Västra Götalands län" som har utförts på Chalmers tekniska högskola under hösten 2006. Kartläggningen har baserats på bland annat provtagningsunderlag för mykologisk analys. En postenkät skickades ut till 200 stycken slumpmässigt utvalda fastighetsägare till friliggande småhus i Västra Göta-

Artikelförfattare är *C-E Hagentoft, A Sasic, C Ahrnens och E Borglund, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.*

lands län. Kartläggningen fick en svarsandel på 50 procent och den visar att 76 till 90 procent av alla småhus i Västra Götalands län kan antas ha kallvindar och att 60 till 84 procent av dem kan antas ha en riklig förekomst av mögelsvamp på kallvinden.

Några förklaringar till att kallvindar i stor omfattning är drabbade av fuktproblem är dagens förändrade byggnadsvillkor med ökade isoleringstjocklekar i vindsbjälklag och uppvärmningssystem utan förbränning, vilket leder till föränd-



kallvind byggas utan merkostnad.

I takt med att kallvindar värmeisolerats allt mer uppstår fler och fler fuktrelaterade skador. Det förekommer en mängd fuktproblem kopplade till kalla vindar i allmänhet och till ökad isoleringsgrad i synnerhet. Det finns en stor risk att behövliga energieffektiviseringsåtgärder får stå tillbaka för rädsan för fuktrelaterade skador.

I en utredning som gjordes på KTH- Byggnadsteknik i ett uppdrag från Småhusskadenämnden, tillfrågades 95 konsulter i en enkät.



Figur 1: Exempel på olika fuktskador.

rade temperatur- och fuktillstånd i byggnaden.

Följande slutsatser har dragits utifrån studiens kartläggning av småhus i Västra Götalands län samt litteraturstudier:

- Att självdragsventilation och mekanisk ventilation som skapar ett övertryck relativt vinden ökar risken för fuktproblem på kallvindar.

- Att uppvärmningssystem utan förbränning ökar risken för fuktproblem på kallvindar och då särskilt vid en konvertering från ett system med förbränning till ett utan.

- Att en stor fuktproduktion i den bebodda ytan ökar risken för fuktproblem på kallvindar.
- Att träfiberskivor och särskilt plywood som material på yttertakets inneryta ökar risken för fuktproblem.

● Att ökad isoleringstjocklek i vindsbjälklaget ökar risken för fuktproblem på kallvindar och särskilt vid en tilläggsisolering av ett befintligt bjälklag där lufttätheten inte kan säkerställas.

- Att luftläckage genom vindsbjälklaget ökar risken för fuktproblem på kallvindar.
- Att kallvindars ventilation i kalla och fuktiga kustklimat kan öka vindens fuktbelastning.

Fukt. Fuktrelaterade problem uppstår då det finns fuktkällor, såsom regngensomslag (läckage) genom yttertaget, byggfukt i material i nyare hus samt fukten som finns i omgivande luft. Att ha ett vattentätt tak som förhindrar regnvatten att komma in är självklart. Regnläckage ger normalt missfärgningar lokalt och man brukar se att vatten runnit längs takstol och undertak, eller att vatten droppat ner på isoleringen på vindsbjälklaget. De andra fuktkällorna är däremot svårare att hantera, speciellt luftfukten. Luften för med sig fukt både i form av varm och fuktig inomhusluft, vilken tar sig upp genom vindsbjälklaget samt genom ventilationen av uteluft vid takfot. Under långa perioder av året uppstår hög relativ fuktighet, vilket kan leda till mögelpåväxt på undertaket av till exempel plywood eller råspont. Det är inte alltid att man ser mörka mögelfläckar. Vid mykologisk analys konstateras ofta riklig förekomst av aktiva mögelsporer trots att möglet inte är synligt. Ett annat problem är att den biologiska aktiviteten leder till elak lukt som sprider sig på vindsutrymmet och ibland ner i huset. Läckage av fuktig inneluft upp på vinden och utstrålning av värme från taket mot himlen förvärrar situationen av-

SBUF-projektgrupp: *Angela Sasic, Chalmers Byggnadsfysik*
Carl-Eric Hagendoft, – ” –
Rolf Jonsson, Wäst Bygg
Dick Jimar, JK Bygg
Charlotte Svensson-Tengberg, Skanska
Martin Lindström, NCC

Referensgrupp: Företagen inom FoU-Väst

sevärt. Luftfukten kan kondensera och bilda vattendroppar på undertaket. Dessa sugts in och ansamlas i ytmaterialet. Även problem med röta kan då uppstå.

Idag ges det mycket vaga råd till byggindustrin för hur kallvindsproblematiken ska lösas. Rådet att bygga helt lufttäta vindsbjälklag är bra, men svårt att uppnå. I moderna kallvindar skapar uteluften mer problem än det löser, genom vattenångan som ventileras in och ”underkyls” på grund av nattutstrålning från taket. Man vågar dock inte rekommendera att ta bort ventilationen helt i fall fukt trots allt kommer upp på vinden från bostaden genom vindsbjälklaget, eller på annat sätt. Rådet blir att ventileras ”lagom”.

Kontrollerad ventilation. Det är svårt eller omöjligt att byggnadsteknisk skapa rätt ventilation för en kallvind som täcker både tidigt driftskede (byggfukt) och kontinuerlig drift. Varje kallvind har olika lufttäthet och värmeisoleringsgrad av vindsbjälklaget. Ett sätt att lösa detta är att nyttja en installationsteknisk lösning med kontrollerad ventilation.

För att ha kontroll av ventilationen krävs en reduktion av okontrollerad luftinfiltration. Detta betyder att utrymmet inte har ventilöppningar vid takfot eller vidnock, samt att kallvindens tak görs så lufttät som möjligt.

I samband med nytillverkning leder detta nya koncept till möjliga kostnadsreduktioner under driftperioden, eftersom isoleringstjockleken på vinden kan ökas. Även i samband med ombyggnad och tilläggsisolering av befintliga vindar på-

verkas både funktion, produktionsteknik och ekonomi.

SBUF-projektet ”Effekter på funktion och kostnad av styrd ventilation av kallvindar” har analyserat betydelsen av kontrollerad ventilation både avseende fuktsäkerhet och ekonomi.

Beräkningsfall

Byggnaden som studerats är ett tvåplans bostadshus beläget i Västsverige i en förortsbebyggelse. Byggnaden är orienterad med gavlarna i väst och öst. Bjälklagets värmeisoleringsstjocklek är 0,4 m. Lufttätheten för byggnadens klimatskal har bedömts utifrån att en provtryckning med 50 Pa övertryck ger en luftomsättning på 3 oms/h. I denna artikel redovisas resultat för en byggnad med FT-ventilation. SBUF-rapporten för projektet redovisas också fallet med F-ventilation.

Inomhusklimatet representeras av ett RF-värde för inomhusluften som är en funktion av utetemperaturen, enligt en EN-standard. Vid minus 10 °C utomhus är RF lika med 30 procent och den stiger linjärt till 60 procent vid utetemperaturen 20 °C. I genomsnitt motsvarar detta ett fukttillskott på cirka 3 g/m³.

Lufttätheten för kallvinden i normalfallet baseras på antagandet om en 20 mm bred (1 cm lång luftströmningskanal) spaltöppning vid båda sidor längs hela takfoten (totalt 10 m), samt läckage vid gavelsidorna. Vid en provtryckning motsvaras denna otäta vind av 130 luftomsättningar (för kallvindsluften) i timmen vid 50 Pa. Med antagande om en effektiv öppningsarea och att luftflödet är proportionellt mot kvadratroten av tryckskillnaden blir den effektiva öppningsarean 0,55 m² (lika med 0,74 gånger 0,74 m).

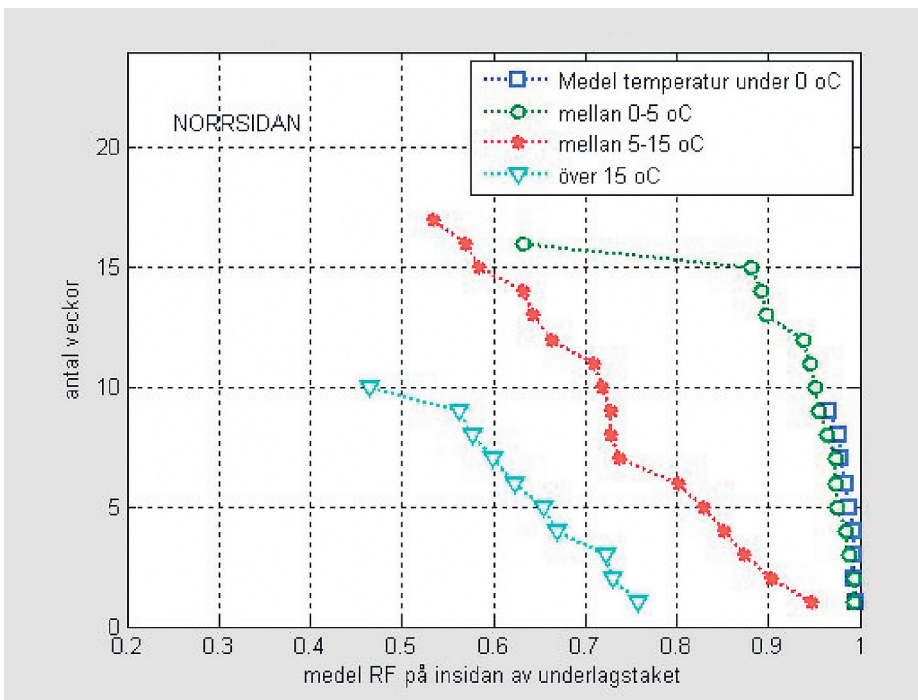
För fallet med kontrollerad ventilation antas kallvindstätheten förbättras så att luftflödet vid 50 Pa motsvarar 7,1 respektive 0 luftomsättningar i timmen. Fallet

Tabell 1: Definition av mögelindex.

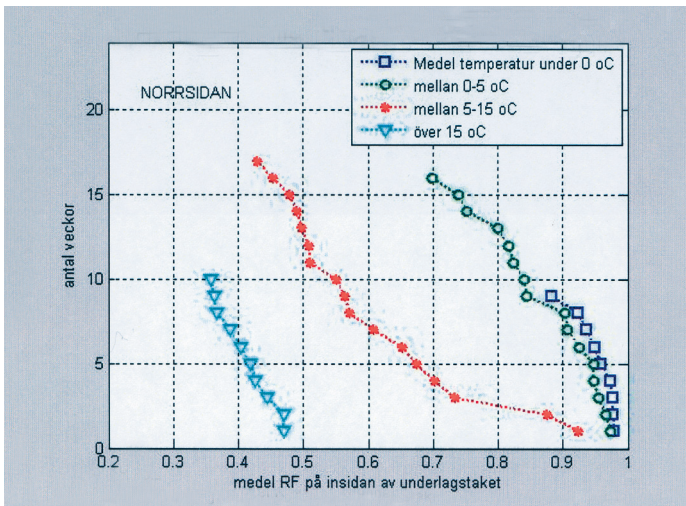
Index	Mögeltillväxt/påväxt	
0	Ingen	Sporer har ej börjat gro
1	Någon – kan upptäckas i mikroskop	Initiellt stadium med tillväxt av hyfer
2	Medel – kan upptäckas i mikroskop	Täcker mer än 10 % av ytan
3	Någon – kan upptäckas med ögat	Nya sporer bildas
4	Tydligt – synligt med ögat	Täcker mer än 10 % av ytan
5	Rikligt – synligt med ögat	Täcker mer än 50 % av ytan
6	Mycket rikligt och tätt	Täcker nästan hela ytan

Tabell 2: Olika alternativ som finns för den presenterade parameterstudien. Alla kombinationer är dock ej beräknade.

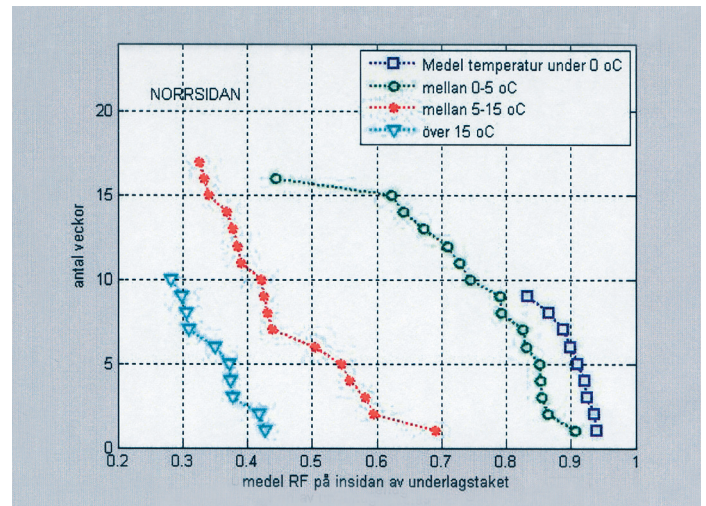
Bjälklagstäthet	Kallvindstäthet	Vindsventilation
Medelötät 0,27 oms/h Vol hus vid 50 Pa	Vanlig 130 oms/h Vol vind vid 50 Pa	Styrd
Tät 0 oms/h Vol hus vid 50 Pa	Tätad 7 oms/h Vol vind vid 50 Pa	Vanlig
	Väl tätad 1 oms/h Vol vind vid 50 Pa	
	Tät 0 oms/h Vol vind vid 50 Pa	



Figur 2: Figuren visar hur lång tid (veckor av ett år) ett visst RF råder inom ett givet temperaturintervall. Fall: FT-ventilation/(Bjälklag:Medelötät)/(Kallvind:Vanlig).



Figur 3: Figuren visar hur lång tid (veckor av ett år) ett visst RF råder inom ett givet temperaturintervall. Fall: FT-ventilation/(Bjälklag:Medelötät)/(Kallvind:Väl tätad, styrd ventilation).



Figur 4: Figuren visar hur lång tid (veckor av ett år) ett visst RF råder inom ett givet temperaturintervall. Fall: FT-ventilation/(Bjälklag:Medelötät)/(Kallvind:Väl tätad, styrd ventilation), Kraftigare vindsfläkt.

med 7 oms/h motsvaras approximativt av en 1 mm bred ventilationsöppning längs med hela takfoten eller en effektiv läckagearea på 0,03 m² (lika med 0,17 gånger 0,17m).

Ventilationen i bostaden ger cirka 0,6 luftomsättningar i timmen. Luftflödena som framsimuleras för FT-systemet ger att cirka 75 procent av frånluften kommer från tilluftssystemet och resten genom otätheter i klimatskalet.

Beräkningarna av det hygrotermiska förhållandet på kallvindar har utförts av Angela Sasic med programvaran Ham-Tools som är egenutvecklad. Med detta verktyg kan förhållanden på kallvinden predikteras på ett mycket sofistikerat sätt. Verktyget är validerat (Sasic, 2004) mot bland annat Ingemar Samuelsons försök 1995 på ett antal testvindar på SP i Borås, (Samuelson, 1995).

Ham-Tools har också jämförts med andra beräkningsprogram i ett EU-projekt och kan betraktas som ett state-of-the-art verktyg för kopplad värme-, fukt- och lufttransport. Verktyget är unikt med sin möjlighet att bygga upp och simulera funktionen för byggnadssystem med hjälp av grafiskt användargränssnitt.

Svårigheten vid simuleringar är bland annat att känna till de verkliga förutsättningar som råder för en byggnad såsom; mikroklimatet i den omedelbara omgivningen till byggnaden, materialegenskaper, byggnadsdelarnas täthet med mera. Av detta skäl tvingas man göra ett antal antaganden och studera hur de olika parametrarna inverkar på resultatet. Framförallt har parameterstudier av ventilations-system, bjälklagslufttäthet och kallvinds-lufttätheten (utåt) utförts. En betydande osäkerhet ligger i att värdera beräknings-

resultatet för det hygrotermiska tillståndet. För kallvindar behöver vi till exempel värdera hur stor mögelrisken är. Det finns olika studier (Adan, 1994) som kan tjänstgöra som underlag för en sådan bedömning men det finns dessvärre ingen etablerad och erkänd metod. Vi kan stödja oss på resultat från (Viitanen, 2001) och (Hukka, Viitanen, 1999), som föreslagit ett mögelindex med skala enligt tabell 1.

Den styrda ventilationen på vinden ger cirka en luftomsättning i timmen. Parametern matrisen enligt tabell 2 används för att lättare diskutera de olika fallen. Beteckningarna har ingen generell statistisk signifikans utan relaterar i huvudsak bara till parameterstudien.

För några specialfall har lufttätare hus studerats som motsvarar en luftomsättning i timmen vid 50 Pa provtryckning. För några fall med styrd ventilation på vinden har ventilationsflödet ökat till fem luftomsättningar i timmen.

Beräkningsresultat. Exempel på beräkningsresultaten redovisas i figurerna 2 till 4.

Det är uppenbart att det är svårt att få riktigt låga RF-värden under vinterhalvåret om inte vinden är riktigt lufttät. En tätare byggnad/vindsbjälklag hjälper till att reducera fuktigheten. Klart är också, som förväntat, att norrsidan är den kritiska sidan.

För att bedöma mögelrisken redovisas det framräknade mögelindexet som baseras på beräknade timvärden för RF och temperatur.

Figur 5 på nästa sida visar hur mögelindex ändras över tiden på kallvindens norrsida för tre fall markerade kursivt i tabell 3.

Byggnadsteknisk analys och ekonomi

I analysen har platsbyggda hus studerats. I kostnadskalkylerna antas att den nya byggnadstekniken är känd och att utarbe-

med kontrollerad och kraftig ventilation strax efter färdigställandet kan förväntas hantera byggfukten på ett tillfredsställande sätt.

Beräkningarna förutsätter en lufttätethet i intervallet en till sju luftomsättningar i timmen vid provtryckning på 50 Pa. Brisande täthet kan delvis kompenseras med en större ventilation av kallvinden. Beräkningarna visar också att ett tätare hus är lättare åtgärdat med kontrollerad ventilation. Kostnadsanalysen visar att, då rutiner etablerats, kan en väl tätad kallvind byggas utan merkostnad.

Den kontrollerade ventilationen bedöms kräva i storleksordningen 100 kWh elenergi per år för drift. ■

Referenser

Hagentoft, C-E., 2007. *Effekter på funktion och kostnad av styrd ventilation av kallvindar*. SBUF-rapport. Chalmers Byggnadsfysik.

Sasic-Kalagasidis, Angela, 2004. *Ham-Tools. An integrated simulation tool for heat, air and moisture transfer analyses in building physics*. Doktorsavhandling, Byggnadsfysik, Chalmers P-04:1.

Ahrnens, C. & Borglund, E., 2007. *Fukt på kallvindar – En kartläggning av småhus i Västra Götalands län*, Examensarbete 2007:11, Institutionen för bygg- och miljöteknik, Chalmers tekniska högskola.

Länk: www.chalmers.se/cee/SV/avdelningar/byggnadsteknologi/forskargrupper/tillampat-varme-och2125/kallvindar

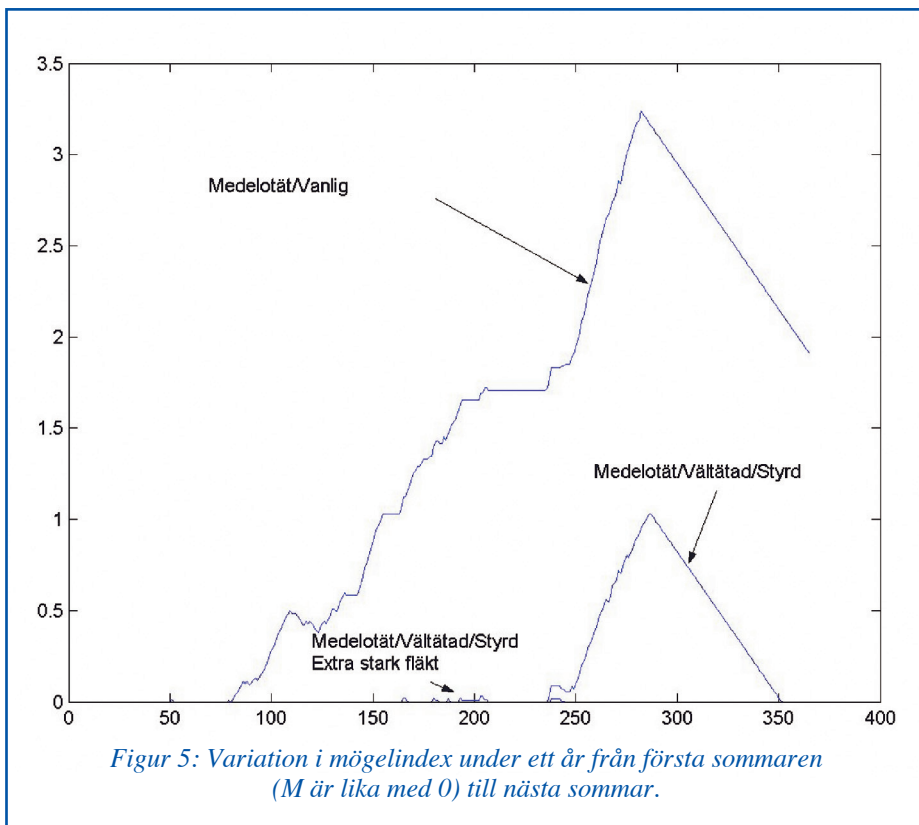
Adan, O.C.G., 1994. *On the fungal defacement of interior finishes*. ph.d thesis, Technical University of Eindhoven.

Hukka E., Viitanen H.A., 1999. *A mathematical model of mould growth on wooden material*. Wood Science and Technology 33, Springer-Verlag.

Viitanen H.A., 2001. *Factors affecting mould growth on kiln dried wood*, VTT Finland.

Engman, L. & Samuelson, I, 2006. *Re-dovisning av fältundersökning och forskningsprojekt: Kalla vindar – problem och förbättringar*. Bygg & teknik 4/2006.

Samuelson, I., 1995. *Fuktbalans i kalla vindstrymmen*. SP-Rapport 1995:68. www.ventotech.com.



Figur 5: Variation i mögelindex under ett år från första sommaren (M är lika med 0) till nästa sommar.

tade rutiner och vana vid hantering finns.

Den nya tekniken gör att ventilöppningar längs med takfot ochnockventiler kan tas bort. Vindavledare eller insektsnät behövs ej heller mer. Material för tätning av takfot, gavlar och genomföringar tillkommer.

Utrustning för kontrollerad ventilation har inte adderats i analysen.

Analysen visar på en kostnadsneutralitet vid platsbygge. Material av typen vindtät men ångöppen folie användes. Folien appliceras horisontellt längs med långsidorna och kläms mot väggens vindskydd och kallvindens undertak (råspont). På detta sätt minimeras antalet skarvar. På gavlarna måste folie appliceras på liknande sätt. Luftare och huvar tätas.

Resultaten från analysen kan förändras om en högre grad prefabelement utnyttjas.

Slutsatser och kommentarer

Beräkningsresultaten för fuktillståndet och temperaturen på kallvindar visar tydligt på en kraftigt reducerad eller helt eliminerad risk för mögelpåväxt vid kontrollerad ventilation. Som utgångspunkt för denna slutsats har medeltillståndet på yttertakets norra insida och kännedom om mögelrisker använts. Lokala effekter av otätheter underifrån eller ventilationsluft utifrån har emellertid inte beaktats. Fallet med riklig byggfukt har ej heller studerats utan beräkningarna motsvarar ett fortvarighetstillstånd (typiskt år). En kallvind

Tabell 3: Mögelindex för några beräkningsfall. Fallen med kursiv text redovisas också i figur 5.

Byggnad	Bjälklag	Kallvind	Vindsventilation styrd	Mögelindex
Grundfall	Medelotät	Vanlig	Nej	3,24
Grundfall	Tät	Vanlig	Nej	1,35
Grundfall	Medelotät	Tätad	Ja/ Extra stark fläkt	0,06
Grundfall	Medelotät	Väl tätad	Ja	1,03
Grundfall	Medelotät	Väl tätad	Ja/Extra stark fläkt	0,02
Grundfall	Tät	Tätad	Ja	0
Grundfall	Tät	Väl tätad	Ja	0
Grundfall	Tät	Tät	Ja	0
Extra tät	Medelotät	Väl tätad	Ja	0