

GLAS Fenestration innebär att isolerglas limmas in i en reducerad eller minimerad fönsterbåge. Detta ger "gratisenergi" – och ett bättre insläpp av dagsljus. Limningen sparar även materialåtgången i bågen. Tekniken är nu på väg ut på marknaden.

Ökat ljusinsläpp när fönster limmas in i smalare båge

Av THIM PETTERSSON, Key Account Manager, Sika Danmark

ETT UTRYCK SOM BLIR allt mer använt, främst på kontinenten men även i vissa sammanhang här hemma i Norden, är det relativt korta men ändå omfattande uttrycket fenestration. Det leder oss onekligen direkt in på tanken kring fönster, men uttryckets innebörd är i dag så mycket mer omfattande att det faktiskt ensamt gett näring till denna artikel i ämnet.

Utän att på något sätt göra anspråk på en fullständig redogörelse av begreppet fenestration, kommer några av de grundläggande ingredienserna och utvecklingarna att beskrivas nedan.

Limmar in glaset

Begreppet fenestration utvecklas ständigt och har många byggstenar. Vilken av dessa byggstenar som är den viktigaste i dag beror egentligen endast på var betraktaren står och från vilken riktning byggstenarna läggs på plats, men tekniken att "limma in" glaset i bågen, är helt klart en av de viktigaste hörnstenarna i fundamentet. Limtekniken har förändrat de flesta vedertagna riktlinjerna för vad som varit möjligt, men mer om detta längre fram.

Att ordet fenestration kommer från latin via det franska "fenêtre" eller det tyska "fenster" tycks ganska klart. Det är dock anmärkningsvärt att vi i Sverige använder oss av ordet fönster när det fornnordiska eller isländska uttrycket för det öppna rökhålet i taket kallas "vindauga", vindöga eller "vindue" på norska och danska, som är just våra grannländers ord för fönster. Att vi i Sverige inte tagit oss an denna koppling ter sig något märklig när "vindauga" eller "vindue" helt klart avspeglas även i engelskans "window".

I dag förknippas nog ordet "windows" mest med datorer och operationssystem – en ny syn på vindögat som annars är det

självklara uttrycket till havs för att beskriva varifrån vinden kommer.

Är del av utvecklingen

Liksom många av dagens väletablerade uttryck eller ord har haft många influenser och kopplingar till olika ursprung genom tiderna, har de slutligen etablerat sig till den självklara betydelse det har i dagens språkbruk. Detta gäller även i högsta grad begreppet fenestration.

Den direkta kopplingen till fönster och den utveckling fönster haft historiskt sett, gäller inte bara för material och teknologier som stått till förfogande för fönsterkonstruktioner i samspel med samtidens funktionskrav och arkitektur, utan också de senaste decenniernas krav på energihushållning, underhåll och totala ekonomi.

De senaste årens tillskott på kravspecifikationen är att fönster ska bidra till en hållbar utveckling i det stora perspektivet



Walch fenster, ett slimmat fenestration i trä och glasfiber med stappat glas för vridbeslag dolda i halvvarm zon. Foto: Stefan Ageter



FÖRFATTAREN

Thim Pettersson är Nordic Key Account Manager FFI på Sika Danmark A/S. Han har under hela sitt yrkesverksamma liv arbetat med fönster, isolerglas och Structural Glazing.

i debatten kring den "globala uppvärmningen" och våra utsläpp av CO₂.

Vi har nu kommit något närmare dagens betydelse av fenestration men det saknas flera viktiga delar kring hur dagens och morgondagens fönster kan prestera dessa nytillkomna krav – inte minst energimässigt.

Oljekris ledde till uppvaknande

Oljekrisen i mitten av 1970-talet var ett uppvaknande för oss i Sverige vad gäller utvecklingen av fönster och dess energibesparande egenskaper.

I princip var det efter oljekrisen i mitten av 1970-talet man gick från slanka kopplade bågar med två enkelglas, till mera energibesparande fönster med kraftigare bågar och karmar för 3-glas. Dessa fönster gav en något mindre glasdag, då en stabilare och kraftigare båge krävdes för att bära de tyngre isolerglasen om inte detta skulle leda till nedhängning.

I samband med oljekrisen gavs nämligen fönstertillverkare möjlighet att göra avsteg från den gällande standard som utvecklats och kunde förvånansvärt

Fortsättning s. 30 ►

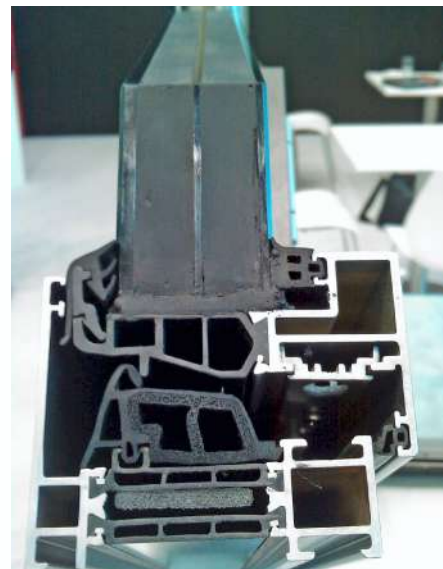


Ego Kiefer. Alu-träfenestration där bågen reducerats i höjd och djup. Bågens isolerglas stänger mot karmbeklädnad.

Foto: Stefan Ageter



Aluplast. Fenestration i PVC utan stålförstärkning i bågen. Foto: Stefan Ageter



Fenestration i helaluminium med låga profiler för stor glassdager samt helbruten köldbrygga i linje med isolerglas.

Foto: Thim Pettersson

► snabbt ta fram nya fönstersystem och nya fönsterkonstruktioner i 3-glas eller 2+1 utförande.

Dessa fick snabbt, tack vare en förständig justering av det dåtida skattesystemet, via vissa subventioner och skattereduktioner vid renoveringsarbeten, stor genomslagskraft. Många undermåliga, eller ur energisynpunkt usla fönster, byttes ut i det befintliga bostadsbeståndet. Nybyggnadsreglerna justerades också så att såväl nyproduktion och renovering uteslutande försågs med de nya mer energibesparande fönstren.

I energisparandets iver blev dock inte alla fönster helt riktigt måttagna eller monterade och vissa monterades som så kallade instickskarm i befintlig karm, med oproportionella ”karmdimensioner” bakom täckplåtar eller anslutningsprofiler och kraftigt reducerade ljusdagermått som följd. Ett fel, som tillsammans med de första generationernas energiglas, med sämre ljustransmission, gav förödande effekt på såväl dagsljusinsläpp och arkitektur.

I Sverige hade vi faktiskt, tack vare vissa skattelättnader redan under 1950-talet, sett en del fönsterkonstruktioner med 3-glas, 2+1 och 1+1+1 konstruktioner, men det fullständiga genombrottet kom alltså i samband med oljekrisen. Även Finland var tidigt ute med treglas konstruktioner efter oljekrisen medan man avvaktade till början av 1980-talet i Danmark och Norge, som dock behöll tvåglaskonstruktioner men med energiglas.

I Europa tog det ännu längre tid innan man började använda mer än två glas i

fönsterkonstruktionerna, eller energiglas, som i större omfattning lanserades i början av 1980-talet. Men i Europa sker utvecklingen i stället i mycket rask takt numera.

Är arkitektoniska element

Det är en komplex bild av krav som ställs på fönster – som i sig skulle räcka för en djupgående avhandling.

Det är dock helt klart att det arkitektoniska uttryck som fönstret ger en byggnad är påfallande i ett rent estetiskt perspektiv. Fönster ger inte bara fasaden sitt uttryck utan bidrar också i stor utsträckning till hur rummen innanför fasaden blir dagsljusbelysta och bidrar även starkt till trivsel och välbefinnande för mänskligheten bakom fasaden.

På senare tid har debatten kring dagsljus och ljusinsläpp utvecklats från att i huvudsak innefatta arkitektoniska, estetiska och trivselsvärden, till att även innefatta det energitillskott som fönsterarealen faktiskt har vid rätt placering och utformning.

På bara några år har vi sett en utveckling av så kallade ”passivhus”, som inte kräver något energitillskott, till ”aktivhus” som faktiskt också producerar energi. Dessa hus är välisolerade och har stor fönsterareal med energiglas som ger riktigt låga U-värden.

Räknar inte med insläpp

I detta sammanhang måste jag bara helt kort beröra, att det U-värde som vi använder dagligen för olika byggmaterial, är ett mått på den värmegenomgångskoefficient ett byggmaterial har.

Vi måste också komma ihåg att vårt vanligen använda U-värde är ett så kallat ”mörker U-värde”, som inte tar hänsyn till den energi som ett fönster släpper in under dygnets ljusa del utan endast beskriver hur mycket energi, värme, som passerar från det varma rummet ut till det kalla utanför fasaden. Endast ett lågt U-värde, som i den bästa yttervägg, är alltså inte alltid det enda vägledande då ett fönster rätt placerat, fast med ett förhållandevis sämre U-värde, ger oss ett energibalansmässigt värmetillskott.

Traditionella fönster

Vad som egentligen kan anses som traditionella fönster i hus är helt avhängt tidsperiod och typen av byggnad. Man har funnit glas i gamla Babylonien som daterats till 2600–2000 år f Kr.

Någon större omfattning som fönsterglas i Romarriket fick glaset först vid tiden kring Jesu födelse och då främst i katedraler och kyrkor. Glas kunde då endast tillverkas i små storlekar med varierande teknik och kulör men sattes samman till större glasytor i ”blyspröjsar”, vad vi i dag benämner som ”blyinfattade glas”.

Metoden att blåsa glas spred sig till Frankrike och Belgien kring 700-talet. I kalla Norden skulle det dock dröja till 1400–1500-talen, innan de första ljusgluggarna i kyrkor eller slott, som då var försedda med oxblåsa eller oljat lärf, började bytas ut mot glas.

Fönster i dess rätta bemärkelse, i enklare hus, kom först under 1700-talet då man övergick till cylindermotoden, som då gav glaset ett något större mått än de



Traditionellt kopplat 2-glasfönster med slanka profiler. Foto: Thim Petttersson



Flera felaktigt mått-satta insticksfönster med allt för breda täcklistor ger felaktig arkitektur och för lite dagsljus. Ett originalfönster till vänster. Foto: Thim Petttersson

cirka 30 x 30 cm som därtills varit brukligt. Glasen monterades i spröjsverk så att större fönsterdimensioner kunde uppnås. Det är i princip dessa som gett oss modellen med de enkla 2-lufts-fönster där fönsterbågarna delats med två horisontala spröjs, till ett fönster med sex lika glas, det vill säga tre glas i varje båg eller luft.

Blir allt större

Under 1800-talet och framför allt under dess senare del blev fönster allt större, med flera luft i samma karm. Finare fönster med svängda överstycken i såväl överljus som i korsande horisontell mittpost förekom vid sekelskiftet. Vid denna tidpunkt försågs fönster också allt oftare med en innanbåge och dessa blev kring 1920-talet alltmera försedda med hängningsbeslag.

På 1930-talet blev tre enkla luft vid sidan av varandra i gemensam båg en allt mera populär konstruktion. Dessa utvecklades till flerluftfönster i funkisstil under 1940- och 1950-talen och fönstren blev allt större.

Rutorna förseglades

Under 1960-talet utvecklades det så kallade "pivåhängda" fönstret och under 1970-talet lanserades de "horisontalhängda utåtgående glidfönstren" som ofta kallades H-fönster. Dessa fönster är sedan introduktionen en av de viktigaste fönstertyperna i Sverige och Norge och tillåter relativt stora glasarealer.

Redan under 1950-talet introducerades isolerglas i Sverige. Vid denna tidpunkt var det ett amerikanskt patent från Libbey-Owens-Ford (LOF) i Toledo, som

utvecklats redan under slutet av 1930-talet, som licenstillverkades i Belgien under 1950-talet och framöver.

Tekniken byggde på att kanterna på glasen "förkopprades" genom flamsprutning och kunde härigenom lödas samman med ett distansband av bly, efter att torr luft injekterats mellan glasen. Det var dessa lödda eller metallförseglade isolerglas som genom import från Belgien nådde Sverige.

De metallförseglade rutorna hade en god långtidsfunktion men var känsliga mot vibrationer eller kraftiga vindlaster på grund av sin stumma kantförsegling. En annan svaghet var risken för termiskt bräckage vid oproportionerliga mått.

Torkmedel tog upp fukt

Mot denna bakgrund utvecklades sedermera de organiskt förseglade fönster, som i mitten av 1940-talet tillverkades i USA med en förseglingsmassa av polysulfid, på den tiden ofta kallad Theo Khool efter dess upptäckare.

Polysulfidrutor började tillverkas i Sverige under sent 1950-tal, och i början av 1960-talet för kommersiellt bruk. Under sent 1960-tal och under början av 1970-talet utvecklades förseglingsmassor av polymertyp och polyuretaner. Även silikoner gjorde entré.

Fortfarande hade isolerglas en distansprofil av metall, nu oftast i aluminium. Men med organiska förseglingsmassor, som var mer elastiska än metallförseglingen, måste distansprofilen även innehålla ett torkmedel. Detta för att adsorbera den luftfuktighet som stängdes inne i den hermetiskt tillslutna isoler-

rutan under produktionsprocessen samt för den luftfuktighet som diffunderar in i rutan på grund av hög- och lågtryck eller så kallad klimatisk påverkan.

Under 1960- och 1970-talen kom flera typer av metalloxidbelagda glas, ofta med ett kraftigt reflekterande speglade yt-skikt som gav en sol- och värmereflekterande effekt, och en betydande reduktion av solljustransmittans.

Under 1970-talet introducerades den så kallade dubbelförseglingen, där primärförsegling av butyl ensamt var många gånger tätare mot diffusionsvandring än den ensamma organiska förseglingsmassan oavsett bas. Efter introduktionen av butyl som primärförsegling ökade isolerglasets livslängd avsevärt och den organiska förseglingen kom att benämnas som sekundärförsegling.

Allt lägre U-värden

Ur de beläggningstekniker som beskrivs ovan, utvecklades även de glas som populärt kallades energiglas, LE-Glas eller Low E-glas. Dessa fick en stark tillväxt på marknaden under början av 1980-talet. Inledningsvis var dessa relativt "mörka" med dagens mått mätt. Det vill säga de hade betydligt lägre ljustransmittans än beläggningen på dagens energiglas, som knappast kan urskiljas med blotta ögat.

Liksom energiglasen förbättrades när det gäller ljusegenskaper och energibesparande effekt förbättrades också isoler-rutan med dessa bättre energiglas. I allt större utsträckning fylldes luftrummet mellan glasen med gas, oftast argon, som gör isolerglas ännu bättre i fråga om

Fortsättning s. 32 ►



Tidsenliga fönster från sekelskiftet. Foto: Thim Pettersson

energiebesparing, det vill säga U-värdet förbättras ytterligare. I samband med dessa förbättringar utvecklades även de termiska egenskaperna i distansprofilerna.

Nya material introducerades, som galvaniserade stålprofiler eller distansprofiler helt utan metall, med torkmedel dispergerat in i profilen. Dessa distansprofiler kallas i dag "varmkant distanser" och ger ytterligare förbättringar på isolerglas. Även distansprofiler av rostfritt stål har en konduktivitet/termisk ledning så liten att den klarar att kvalificera sig till de distanssystem som i dag benämns "varm kant".

Under 1990-talets början initierade Nutek en fönstertävling där målsättningen var att tillverka fönster med ett U-värde på $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Detta kunde vinnaren uppnå med en 4-glas konstruktion varav två av dessa var energiglas vilket gav relativt dålig ljustransmission.

Fönsterkonstruktionen var också väldigt kraftig. Den skulle rent mekaniskt vara styv nog att bära fyra stycken glas, som vid denna tidpunkt var 4 mm tjocka mot tidigare 3 mm, utan att fönsterkonstruktionen hängde ner sig och fick bestående deformationer.

För att kort beskriva utvecklingen av energiglas vill jag här nämna att man år 2002 vid introduceringen av de så kallade "superenergiglasen" hade lyckats utveckla energibeläggningar som i en 2-glasruta med ett energiglas och ett standard floatglas och argon, nu fick U-värde $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Bara tolv år tidigare krävdes fyra glas varav två stycken med energibeläggning! Superenergiglas från år 2002 skiljer sig för en lekman inte synbart från 1960-talets 2-glasruta, men i prestanda är det milsvid skillnad.

Öppningsbara fönster eller fasta partier, det vill säga ej öppningsbara fönster i

glasade fasader i traditionell utförande, benämns oftast som "Curtain Wall" fasader. De har utmärkande utvändiga glaslist eller lock, ofta i aluminium eller annan metall.

Fogmassa av silikon

Till skillnad mot dessa Curtain Wall fasader kallas oftast de släta svepande limmade glasfasaderna, i princip utan skarvar och utvändiga glaslist eller lock, för "Structural Glazing". I dessa sammanhang har glaset limmats in med en speciell silikon i fasadkonstruktionen eller strukturen, antingen i fabrik eller på byggplatsen.

Det bärande limmet bakom glaset mot den bakomvarande strukturen är alltid av UV-beständigt Structural Glazing silikon, då det inte förekommer glaslist eller andra utvändiga metallprofiler för mekanisk fixering av glaset. I avsaknad av dessa glaslist, utsätts isolerglasets kantförsegling för UV-exponering.

I dessa sammanhang kan kantförseglingen eller det man benämner som sekundärförseglingen hos isolerglas endast utföras i silikon. Den utvändiga vädertätningen, såväl som den fog som bär isolerglas, är med andra ord av silikon. Dessa fogmassor ska vara kompatibla med varandra för långsiktig hållbarhet i såväl fasadinfästning som i isolerglas.

Enorma fasadytor

Låglutande glastak kräver en viss lutning för avrinning i traditionella Curtain Wall-system. De kan hållas med en väldigt låg taklutning utan problem om de utförs som Structural Glazing då inga utvändiga glaslist eller lock behöver förekomma. Med detta korta konstaterande lämnas glastaken utan vidare kommentarer vad gäller personsäkerhet eller säkerhet mot snölast eller andra myndighetskrav.

Structural Glazing utvecklades i USA under tidigt 1960-tal och i enkelglasutförande då det inledningsvis utfördes i ett klimat som inte krävde annat. Structural Glazing har sedan utvecklats till att fylla de mest krävande kraven i de allra högsta byggnaderna i världen med enorma glasfasader.

De senaste 10–20 åren har varit den period då Structural Glazing verkligen etablerat sig även i Europa. Inledningsvis användes beräkningsgrunder från den amerikanska standarden ASTM men sedan ett antal år tillbaka har regelverk EOTA och ETAG 002 utvecklats i Europa. Dessa är mer omfattande och djupgående än den tidigare amerikanska standarden.

Bärande del av karossen

De infästningssystem som tidigt användes inom fordonsindustrin var relativt enkla och begränsade glaset till form och storlek. Ofta var infästningen utformad så att en gummiprofil med utformning som ett H, pressades på karossen på ena sidan och på andra sidan pressades glaset in. Systemet var inte speciellt rationellt, inte speciellt tätt vare sig vad gällde vattenläckage eller vad gällde akustiskt läckage med vindsus som resultat.

Under 1960-talet utvecklades tekniken och även här användes ofta en butyltätning för att klara vattenläckage och akustiska egenskaper, medan de mekaniska kraven löstes med hjälp av en ytterligare utvändigt list i metall, en så kallad "kromlist" runt ytan.

Nu, faktiskt i snart 20 år, har vindrutorna på personbilar liksom rutor på bussar, lastbilar eller höghastighetståg och så vidare, limmats in i karossen med ett bärande lim. Det kallas för Direct Glazing eller Glass Bonding.

Limmas in i båge

Glaset har fått en designfunktion i bilar och utöver detta, en rad andra egenskaper än bara den delen av bilen som kommunicerar vägbanan och yttervärlden med föraren. Glaset har blivit större när det gäller ytan och är en del av säkerhetssystemet som "mothåll" till dubbla airbags vid kollision och är integrerad som en bärande del av karossen. Glaset och limtekniken har även kunnat automatiseras till förmån för producent och konsument.

Med fenestration menas i dag, i korta

drag, ett utvecklat fönster med reducerad eller minimerad båge där isolerglaset limmas in i fönsterbågen, på ett liknande sätt som vid Structural Glazing, eller som i fallet med bilkarossen, där man låter glasets bära bågen och inte som tidigare tvärt om, låter bågen bära glasets.

Exemplet från 1990-talets fönstertävling som inte bara krävde fyra glas för att nå tillräckligt låga U-värden, brottades med problemet att isolerglasets fortfarande isolerade sämre än karm och båge. Därför lät konstruktörerna karmen, och framför allt bågen, vara så kraftig att den skulle klara de mekaniska påkänningar som krävdes för att "klossa upp" fyra glas i bågen, men också för att den kraftiga bågen gav ett bättre U-värde med den tidens isolerglas. Man mätte ju och tog endast hänsyn till "mörker U-värdet".

Numera är glaserna så bra att det är karm och framför allt bågens material som måste reduceras för att nå ännu längre i reduktionen av energiförluster. Med minskat material i bågen ökar "gratisenergin" in genom fönstret.

Fenestration är ett annat grepp om glasets än de sedvanliga glasklossarna och de traditionella glaslisterna.

Fenestration är att limma bågen runt glasets. Fenestration vänder ut och in på de etablerade begreppen. Med fenestration och inlimning av glasets fördelas lasten runt hela glasets i stället för de punktlaster glaserna tidigare utsatts för när de klossats upp i bågen för att hjälpa till att motverka nedhängning.

Ett annat positivt resultat är att reklamationer på sprickor i isolerglas minskats vid limning jämfört med den traditionella uppklossningen.



Typisk Curtain Wall fasad anno 2004.

Foto: Thim Pettersson

Limningen möjliggör också att konstruktören kan reducera dimensionen i fönsterbågen och se omedelbar besparing av material i bågen. Dess utvändiga beklädnad vid trä- och metallfönster kan i många fall helt elimineras. PVC-fönster kan skippa stål förstärkningen, som fungerar som en veritabel köldbrygga. Aluminiumfönster får helt andra möjligheter att med slanka profiler låta isolerglasets vara del av den brutna köldbryggan.

Samtidigt får fönstret ett större glasdagarmått i bibehållet karmyttermått med mer dagsljus och en större mängd energitillskott utifrån under den ljusa delen av dygnet. Fönster erhåller även ett bättre mörker U-värde och får förbättrad täthet och inbrottskydd som en extra bonus samtidigt som underhållskostnaderna och nedhängning minimeras. Detta är vad som på kontinenten kalas fenestration.

Snart ute på svensk marknad

Att hela fönsterproduktionen kan automatiseras på ett helt annat sätt än tidigare kommer både producent och slutförbrukaren till gagn. Det bör även nämnas att flertalet konstruktioner fått minskad totalvikt i samband med reduktionen av



Swizz Ree. Foto: Thim Pettersson

material i bågen. Denna vinst är störst på PVC-fönster där stål förstärkningen inte längre behövs.

I Sverige finns ett antal konstruktioner framtagna och fullskaleprovade. Ännu har inget av dessa fönster lanserats eller saluförts kommersiellt. De första prototyperna i Sverige togs fram för snart tio år sedan då ett nyvaknat intresse för tekniken såg dagens ljus nere på kontinenten.

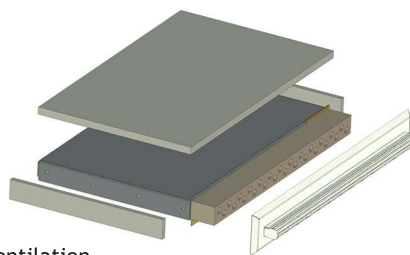
På sina håll menar man här hemma att tekniken inte var riktigt mogen för marknaden då, men att man nu är nära en produktionsstart för färdigutvecklade system från flera håll. Det som krävs är antingen ett objekt där kraven på U-värde eller någon annan av alla bonusfunktionerna ställs, och således blir startskottet för ett objekt, eller att man fått till alla detaljer för att köra igång den nya produktionslinjen och starta marknadsföringen.

Vid en enklare inventering i grannländerna finner vi någon limmad konstruktion och ett flertal som ligger i startgrupperna för produktionsstart. Detta är relativt lika i Skandinavien och Finland men även tillverkare i Baltikum har utfört en rad långtgående tester och är nära en förestående lansering. □



Innovativa lösningar på ventilationsrelaterade ljudproblem!

- Spiskåpa med stor volym ger 98,5% osuppfångning vid 20,8 l/s (enligt SP-protokoll)
- Dragfri UteluftsDiffusor Omega - som med ljudfälla dämpar upp till 53 dB $D_{n,e,w}$ och ger 10 l/s



Vi har många innovativa lösningar på ljudproblem i samband med ventilation. Våra spiskåpor kräver extremt lite frånluft för att nå 90% osuppfångning. Energibesparande!

Casamja AB • Göttinggatan 34, 124 71 Bandhagen 08-556 211 70 • casamja@casamja.se • www.casamja.se

