

## Värmeisolering – teknisk isolering är en ren investering

Det vanligaste vid isolering av installationer är att isoleringen anbringas på en varm installation för att begränsa värmeflödet från installationen till omgivningen.

### Värmetekniska begrepp

#### Temperatur

Temperaturen är ett uttryck för molekyrlörelser i ett ämne. Frånvaro av molekyrlörelser betecknas som absoluta nollpunkten (0 K eller  $-273^{\circ}\text{C}$ ).

#### Värmeflöde

En temperaturskillnad mellan två kroppar ger upphov till en utjämnande värmeöverföring. Denna sker alltid från den varmare till den kallare kroppen. Om ett material placeras mellan kropparna verkar detta isolerande och värmeflödet minskar. Det behöver nödvändigtvis inte vara ett fast material. Ett moln kan skärma av solen ganska effektivt. Man brukar skilja på tre olika sätt för värmeöverföring, nämligen:

- ledning
- strålning
- konvektion.

#### Ledning

I fasta tyngre material, såsom metaller, betong och mark sker värmeöverföringen i huvudsak genom ledning. Ju varmare materialet är, desto snabbare rör sig molekyler i det. Rörelseenergin överförs till de kallare delarna och vi uppfattar det som en temperaturökning.



#### Strålning

Molekyrlörelserna i en kropp medför att termisk strålning avges. Mängden värme som överförs genom strålning mellan två kroppar beror på:

- kropparnas temperatur
- kropparnas placering och deras inbördes geometri
- ytornas emittans respektive absorbtans.

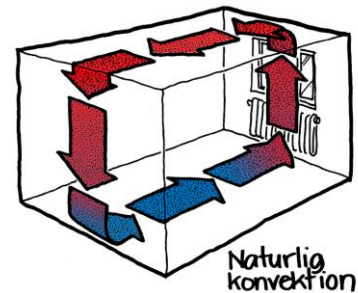
Emittans och absorbtans beror på hur "svart" eller "blank" som ljuset uppfattar ytan. Normala byggnadsmaterial uppfattas ganska "svarta" medan till exempel aluminiumfolie uppfattas som "blank". Detta får, som vi senare ska se, stor betydelse för yttemperaturen.



## Konvektion

Värme kan transporteras genom rörelser (här menas inte de enskilda molekylernas rörelser) i en vätska eller gas. Rörelserna kan till exempel bero på densitetsskillnader i vätskan eller gasen. Kall luft sjunker nedåt och varm lättare luft stiger uppåt. Detta kallas naturlig konvektion eller egenkonvektion. Rörelserna kan också bero på till exempel vind, fläktar eller pumpar, vilket kallas påtvingad konvektion.

## Konvektion



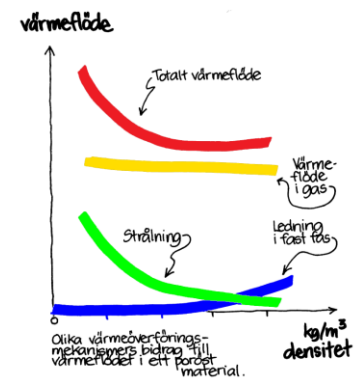
## Värmeisolering

Med värmeisolering menar man metoder att begränsa värmeflödet mellan varma och kalla utrymmen eller kroppar.

Värmeflödet i ett isolermaterial sker huvudsakligen genom

- ledning i gas (luft eller andra gaser)
- ledning i fast material
- strålning.

Egenkonvektion i ett isolermaterial är försumbar. Försöker man minska värmeledningen genom det fasta materialet med hjälp av en väldigt porös isolering blir effekten att strålningen ökar. Är å andra sidan isoleringen väldigt kompakt minskar värmestrålningen, men samtidigt ökar ledningen i det fasta materialet. Genom att avväga värmeledning och -strålning mot varandra kan man bestämma en optimal porositet (densitet) för ett isolermaterial.



## Värmekonduktivitet – Lambdavärde - $\lambda$

Den viktigaste egenskapen hos ett isolermaterial är dess isolerförmåga. Den anges som materialets värmekonduktivitet (värmeledningsförmåga) eller  $\lambda$  (lambdavärde) som anger materialets förmåga att leda värme. Värmekonduktiviteten ska således vara så liten som möjligt och är en materialegenskap, som uttrycks med enheten  $W/(m \text{ } ^\circ\text{C})$  eller  $W / (mK)$ . Siffervärdena blir desamma oavsett val av enhet eftersom det är fråga om en temperaturskillnad. Värmekonduktiviteten varierar med isoleringens medeltemperatur så att högre temperatur ger högre värmekonduktivitet.

### Värmemotstånd hos ett materialskikt

Värmemotståndet anger ett materialskikts förmåga att begränsa värmeflödet. Ett tjockt materialskikt isolerar bättre än ett tunt och ett material med låg värmekonduktivitet isolerar bättre än ett med högre värmekonduktivitet. Värmemotståndet definieras som

$$R = d/\lambda$$

där  $R$  = värmemotståndet i  $m^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$   
 $d$  = materialskiktets tjocklek i m  
 $\lambda$  = materialets värmekonduktivitet i  $W/(m \text{ }^\circ\text{C})$

### Värmeövergångskoefficient

Värmeflödet från en yta till omgivande luft sker i huvudsak genom strålning och konvektion. Ytans emittans och luftrörelserna påverkar värmeflödet. Värmeövergångskoefficienten  $\alpha$  sammansätts av en konvektionsdel  $\alpha_k$  och en strålningsdel  $\alpha_s$  enligt

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_s$$

Enheten för värmeövergångskoefficienten är  $W/(m^2 \text{ }^\circ\text{C})$ .

### Värmeövergångsmotstånd

I analogi med värmemotstånd för ett materialskikt talar man om värmeövergångsmotstånd vid värmeflödet från en yta till omgivningen. Övergångsmotståndet har sin största betydelse vid beräkning av yttemperatur. Mellan värmeövergångsmotståndet  $R_\delta$  och värmeövergångskoefficienten  $\alpha$  råder följande samband.

$$R_\delta = 1/\alpha$$

Enheten för värmeövergångsmotstånd är  $m^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ .

### Värmemotstånd hos en konstruktion

För en konstruktion som består av flera olika materialskikt kan man summera värmemotstånden hos de olika delarna samt övergångsmotstånden till ett totalt värmemotstånd  $R_T$ .

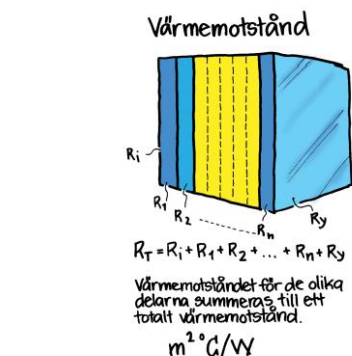
$$R_T = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_y$$

där  $R_i$  = inre värmeövergångsmotstånd

$R_1, R_2 \dots$  = de olika materialskiktens värmemotstånd

$R_y$  = yttre värmeövergångsmotstånd

Enheten för värmemotstånd är  $m^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ .



(osv sid

## Värmegenomgångskoefficient

Värmegenomgångskoefficienten anger hur bra en konstruktion är isolerad. Den betecknas med bokstaven U och kallas ofta för U-värde (tidigare k-värde) U-värdet har enheten  $W/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ . Ju lägre värde på U desto bättre isolerar konstruktionen.

Värmegenomgångskoefficienten beräknas genom sambandet

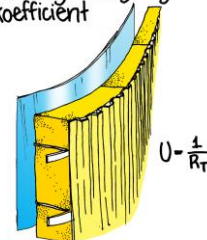
$$U = 1/R_T$$

där

U = värmegenomgångskoefficient

$R_T$  = värmemotståndet för konstruktionen

Värmegenomgångs-  
koefficient



U-värdet anger hur bra en konstruktion isolerar, t.ex. en cisternvägg.

$W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

## Yttemperatur

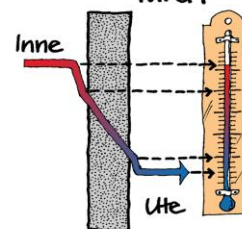
Speciellt två saker påverkar yttemperaturen. Den första är värmeförlusten. Vi har tidigare sagt att en tunn isolering med hög värmekonduktivitet ger en hög värmeförlust. Då förstår vi också att yttemperaturen blir hög. Men anta att vi har en tjock och bra isolering som ger låg värmeförlust. Om isoleringen är inklädd med ett ur strålningssynpunkt matt material, till exempel plastplåt, får vi en viss yttemperatur. Om vi däremot klär in isoleringen med blank aluminiumfolie lägger vi till ett extra skikt som hjälper till att sänka värmeförlusterna. Men samtidigt har vi ändrat strålningsegenskaperna på ytan så att vi får ett betydligt högre värmeövergångsmotstånd. Vi har då också ökat yttemperaturen. Ytans strålningsegenskaper är alltså den andra faktorn som påverkar yttemperaturen.

### Ett exempel:

Vi har ett rör med ytterdiameter 114 mm som är isolerat med 60 mm rörskaal av mineralull. I röret transporteras ånga med en temperatur på  $160 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Omgivningen har en temperatur på  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ . I ena fallet är isoleringen klädd med plastplåt och i det andra fallet med aluminiumfolie. Vi får då följande värmeförluster och yttemperaturer:

Ytbeklädnad	Plastplåt	Aluminiumfolie
Värmeförlust, $W / m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$	48,3	47,0
Yttemperatur, $^\circ\text{C}$	30,9	35,4

Övergångsmotståndet påverkar yttemperaturen



Vi ser att då vi ändrar ytbeklädnaden från den matta plastplåten till ett blankt material som aluminiumfolie minskar värmeförlusten men yttemperaturen ökar.

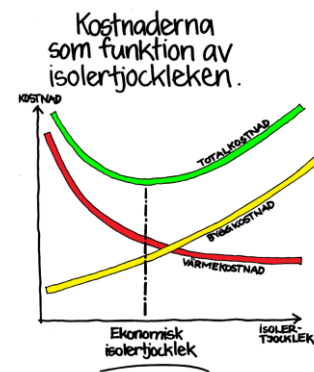
## Beräkningar och dimensionering

Dimensionering av isolering gör man utifrån tre olika kriterier.

1. Normskäl: Dessa krav ställs i olika normer eller regler, till exempel, till exempel BBR. De byggs i sin tur på följande två skäl.

2. Ekonomiska: Man vill göra en så ekonomisk isolering som möjligt. Här måste man beräkna vilken investering man ska göra i isolering och ställa den i relation till hur mycket man får tillbaka genom minskad värmeförlustkostnad, genom besparing på grund av att man kan installera en mindre värmeanläggning, hänsyn till energiprisökningar etcetera

3. Tekniska: Man har kanske endast tillgång till en liten värmecentral samtidigt som man har långt avstånd till värmekällan och därmed stora värmeförluster och högt temperaturfall, såvida man inte isolerar tillräckligt för att undvika tekniska problem.



Med kännedom om olika materials egenskaper samt de formler som finns, till exempel i olika isolermaterialtillverkares broschyrer, kan man dimensionera sin isolering. Isolermaterialtillverkarna har också program för dimensionering av teknisk isolering.

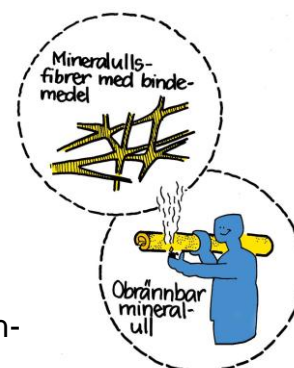
## Materialegenskaper

### Mineralull

Med mineralull menas porösa oorganiska fibermaterial. I Sverige finns glasull och stenull. Glasullen tillverkas, som allt glas, till största delen av en blandning av sand och soda. En stor del av råvarorna kan bestå av ekoglas (krossat återvunnet flaskglas med mera). Även glasullspill kan återföras. Blandningen smälts och smältan fibreras i en roterande spinnare till tunna fibrer. Stenullen består mest av bergarten diabas som tillsammans med koks och återfört stenullspill smälts i en kupolugn. Smältan rinner ner över roterande hjul som ger fibrer.

Man kan lätt se skillnad på glas- och stenull. Glasullen är gul medan stenullen är brunaktig. I båda materialen ingår en hårdplast, typ bakelit, som bindemedel. Under förutsättning att produkterna inte innehåller för mycket bindemedel kan varken glasull eller stenull brinna, det vill säga de klassas båda som obrännbara material (klass A1 eller A2 enligt den nya europastandarden). Både glas- och stenullsprodukter kan tillverkas med olika specifikationer som ger dem skilda egenskaper då det gäller värmekonduktivitet, temperaturbeständighet, brandegenskaper, hållfasthet med mera.

Med mineralull kan man isolera konstruktioner som håller en kontinuerlig temperatur på upp till 700 °C (vissa stenullsprodukter). I de delar av isoleringen, som blir varmare än 200 °C, bryts bindemedlet ner. Om opåverkad ull eller annat (till exempel nätet på nätmattor) håller ihop isoleringen så spelar detta inte någon roll.



### Cellmaterial

Man kan också använda cellmaterial som värmeisolering. De vanligaste plastisoleringarna är:

- polystyren
- polyuretan
- cellgummi

Fördelen hos vissa cellmaterial med slutna celler är att de fungerar bättre i en fuktig miljö, till exempel markförlagda rör, eller på kylledningar där de slutna cellerna bromsar fuktflödet. Gemensamt för de flesta cellmaterial är att de är tillverkade av organiskt material och därmed kan brinna.

### Keramisk fiber

Om installationen är mycket varm (över 700 °C) och man därför inte kan använda mineralull, kan man istället använda keramisk fiber. Den finns i olika typer och en del kan användas upp till 1 500 °C.

# Rörisolering

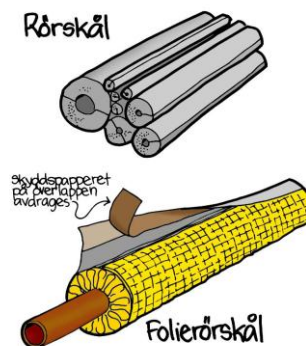
## Produktredovisning

Vid värmeisolering av rör använder man vanligtvis isolering av mineralull. De produkttyper som då blir aktuella är rörsålar och mattor. De senare används oftast på större rör och vid de tillfällen då rören har många oregelbundenheter i form av upphängningar eller dylikt. Om produkterna inte finns i de storlekar som krävs monteras flera lager av isolermaterialet.

## Rörsålar

Rörsålar tillverkas i många olika storlekar som passar rördimensioner från 12 mm och uppåt. För varje dimension finns dessutom olika tjocklekar. Alla rör sålar förutsätts enligt VVS AMA vara skyddsbelagda (komfortbelagda) för att göra arbetet behagligare för montören. Beklädnaden består av glastrådsförstärkt aluminiumfolie. Montering kan ske på olika sätt beroende på sålens utförande.

Den enklaste varianten av rörsålar monteras genom spiralindning med varmförzinkad ståltråd. Om folien har tillräckligt högt ånggenomgångsmotstånd och alla skarvar fogtätas kan den användas som isolering på kalla rör för att begränsa fuktvandringen. På en annan variant av rörsålar bildar folien en längsgående överlapp som är försedd med en dubbelhäftande tejp med skyddspapper. Om tvärskarvarna fogtätas kan rörsålen användas som isolering på kalla rör och rör för komfortkyla. Om man vill ha en yta som är tåligare mot mekanisk påverkan förses rörsålarerna med en ytbeläggning av plastplåt eller aluminiumplåt.

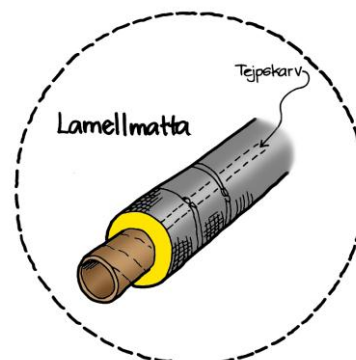


Högsta användningstemperatur för glasullssålar är 500 °C medan den för stenullssålar är 700 °C. Temperaturen på ytbeläggningen av aluminiumfolie får uppgå till högst 80 °C.

## Lamellmattor

Lamellmattor består av mineralullsskivor som sågats i stavar som vänts och limmats på ett ytskikt av papper eller aluminiumfolie. På så sätt får man en produkt som är lätt att böja runt rör samtidigt som mattan får hög tryckhållfasthet.

Om en vanlig mineralullsmatta dras åt för hårt runt röret riskerar man att den färdiga isoleringen blir för tunn. Tack vare lamellmattans höga tryckhållfasthet eliminerar man denna risk. Lamellmattor levereras på rulle och kapas med kniv eller sax. Montering sker genom



spirallindning med varmförzinkad ståltråd, bandning eller kombination av ovanstående och tejping. Högsta anv.temperatur för lamellmattor är 200 °C.

## Nätmatter

Nätmatter består av en mineralullsmatta på vilken man sytt fast ett varmförzinkat trådnät. Nätet används för att fästa ihop mattan. Montering sker antingen genom att nätmaskorna sys ihop med varmförzinkad ståltråd eller genom att kramlas med ett specialverktyg. Även nätmatter levereras i rulle och kapning sker med häcksax eller slagsax. Nätmatter finns i tjocklekar upp till 100 mm.

Nätmatter av stenull finns i olika densiteter. Den lättast nätmattan används vid temperaturer upp till 250 °C medan de andra kan användas vid temperaturer upp till 700 °C.

Liksom för rörskålar så förutsätts enligt VVS AMA att nätmatter har ett komfortskikt. Skyddsbeläggningen kan bestå av tunn polyesterväv som är insydd mellan nät och ull. Det finns också nätmatter med aluminiumfolie mellan nät och ull. Vid rörisolering klär man ofta in nätmattorna med plåt.

## Ventilationsisolering

### Produktredovisning

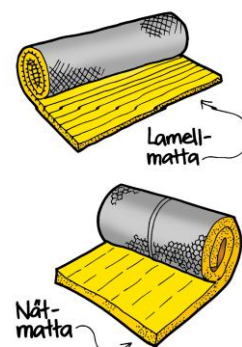
Med värmeisolering på ventilationskanaler menar man sådan isolering som ska minska värmeförlusterna från en kanal som innehåller luft varmare än omgivningen. Ibland vill man också hindra kall luft i en kanal från att uppvärmas. Då ska man dessutom utföra denna isolering så att den förhindrar kondens på kanalen. Detta gör man genom att förse isoleringen med en ångbroms.

Ofta ska ventilationskanaler isoleras så att de uppfyller kraven både för den dagliga värme-, kondens- och ljudisoleringen och kraven vid en eventuell brand. Dessa krav är olika och både produkter och monteringsmetoder måste väljas så att de strängaste kraven uppfylls. De produkter som blir aktuella för värmeisolering är lamellmattor och nätmatter (på cirkulära och rektangulära kanaler) samt mineralullsskivor av olika slag (vid rektangulära kanaler).

### Lamellmattor

Lamellmattor används och monteras på samma sätt som vid rörisolering. De kan användas i första hand på cirkulära kanaler men även i vissa fall på rektangulära kanaler.

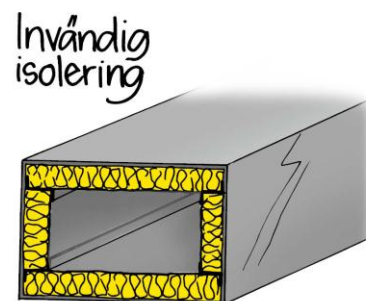
### Nätmatter





När nätmattor monteras utvändigt på varma kanaler i kalla utrymmen görs detta på samma sätt som vid rörisolering. I många fall används foliemattor eftersom ventilationsisolering inte ytterligare kläs in. Nätmattor används ibland vid tillverkning av speciella ljudfällor.

## Invändig isolering



Invändig isolering måste tåla rensning.

## Brandisolering

Byggnadstekniskt brandskydd i byggnader och brandisolering av installationer avser att förhindra att en brand uppstår och sprider sig samt att säkra att en eventuell brand får ett förlopp som är acceptabelt med utgångspunkt från personsäkerhet och ekonomi.

Konstruktionsutförande och brandteknisk bedömning baseras i de flesta fall på fullskaleprovning, typprovningar av allmänna konstruktioner eller provning av den aktuella konstruktionen. För närvarande satsas stora resurser på att utveckla beräkningsprogram för hur man dimensionerar brandutsatta konstruktioner. Det är då viktigt att ha kännedom om ingående materials egenskaper vid höga temperaturer.



## Brandbelastning

Med brandbelastning menar man förhållandet mellan den samlade värmemängd som frigörs vid fullständig förbränning av allt brännbart material i en byggnad, inklusive lagervaror, inventarier etcetera och byggnadens total omslutningsarea.

Brandbelastningen uttrycks i  $\text{MJ}/\text{m}^2$  men är i litteraturen ofta angiven i  $\text{kg trä}/\text{m}^2$ . Den senare enheten är internationellt använd och praktiskt användbar eftersom en väsentlig del av förekommande brandbelastning utgörs av trä. Andra brännbara material omräknas till trä i förhållande till deras förbränningsvärme. Brandbelastningen kan därför beräknas som summan av samtliga materials förbränningsvärme, dividerat med förbränningsvärmen hos ett kg trä (fur) det vill säga  $19\,000 \text{ kJ}/\text{kg}$ .



## Brandcell

Med *brandcell* avses en begränsad del av en byggnad inom vilken en brand under en föreskriven minsta tid kan utvecklas utan att sprida sig till andra delar av byggnaden.

Brandcellen ska vara avgränsad från byggnaden i övrigt genom omslutande väggar och bjälklag eller på annat sätt, så att utrymning av byggnaden tryggas och så att personer i intilliggande brandceller eller byggnader skyddas under föreskriven tid.

I brandcellens omslutande konstruktioner får ingå byggnadsdelar med mindre brandmotstånd än vad som svarar mot föreskriven tid, om en brand kan hindras sprida sig i anslutning till dessa byggnadsdelar genom till exempel räddningstjänstens ingripande inom normal insatstid.



### Brandisolering av ventilationskanaler

I BBR ställs funktionskrav på ventilationsinstallationer. Detta innebär att utformningen av tekniska lösningar är fri så länge som funktionskraven uppfylls.

Tidigare har ofta schablonmässiga lösningar tillämpats och dessa har inte alltid varit i överensstämmelse med de verkliga förhållandena vid en brand.

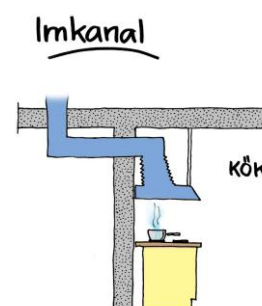
BBR innebär att det byggnadstekniska brandskyddet så långt som möjligt förankras genom beräkningar.

Se respektive tillverkares dokumenterade anvisningar för aktuella produkter, isolertjocklekar samt montageanvisningar.

### Imkanal

BBR ställer krav på imkanaler enligt kapitel 5:515 och 5:6522. Vid val av material måste de allmänna funktionskraven tolkas. Tolkningen leder till två viktiga förutsättningar.

- 1: Imkanal och isolering ska alltid utföras med obrännbart material.
- 2: Skarvarnas täthet ägnas stor omsorg.



Schablonmässigt anges två brandtekniska klasser, EI 15 och EI 60. Den praxis som tillämpas kan ses i tabellen nedan.

<b>BRANDTEKNISK KLASSEI 15</b> Kök i en bostad Pentry på arbetsplats Kök i förskola, fritidshem o d - för beredning av max 30 port/måltid - för uppvärmning av förberedd mat	<b>BRANDTEKNISK KLASSEI 60</b> Restaurangkök Storkök (centralkök) Grillbar Pizzeria Kök till personalmatsal Kök för konventionell matlagning Bageritugn Sprutmålningsutrymnen
---	---

# Kylisolering

## Värmeisolering

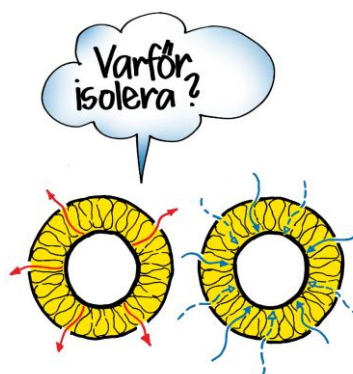
Vanligast vid isolering av installationer är att den anbringas på en varm installation för att begränsa värmeflödet från installationen till omgivningen.

## Kylisolering

En typ av installationer som inte har fått den uppmärksamhet som är önskvärd är kalla installationer. Även en sådan måste isoleras för att begränsa värmeflödet från omgivningen till den kalla installationen. Problemen vid isolering av kalla installationer är många och svårlösta.

## Värmefflöde

Isoleringen på den varma installationen begränsar värmefflödet från installationen till omgivningen. Det är alltid fråga om att begränsa värmefflödet. Att förhindra ett värmefflöde från den varma installationen till omgivningen är inte möjligt. Det värmefflöde som passerar genom isoleringen kommer att tas upp av omgivningen och transporteras bort.



Syftet med isoleringen på den kalla installationen är att begränsa värmefflödet från omgivningen till installationen. Det är alltså värmefflödet till installationen och inte som ibland felaktigt anges kylfflödet från installationen till omgivningen som ska begränsas. Det värmefflöde som genom isolering når den kalla installationen kommer att ge en viss temperaturhöjning av mediet och transporteras bort.

## Fuktfflöde

Så här långt är isoleringen av den kalla installationen problemfri men utöver värmefflödet mot den kalla installationen kommer i de flesta fall även ett fuktfflöde att ske genom isoleringen in mot den kalla installationen. Det är detta fuktfflöde som skapar stora och svårlösta problem i samband med isolering av kalla installationer och detta problem återkommer vi till längre fram.

## Vad säger BBR?

I Boverkets byggregler, BBR som innehåller föreskrifter och allmänna råd till bland annat Plan- och bygglagen, PBL, sägs väldigt lite om de problem som förekommer i samband med kalla installationer.



Den text som berör detta område finns under 6:6 Vatten och avlopp

Här finns under rubriken 6:622 Mikrobiell tillväxt följande föreskriftstext:

”Installationer för tappvatten ska utformas så att möjligheterna för tillväxt av mikroorganismer i tappvattnet minimeras. Installationer för tappkallvatten ska utformas så att tappkallvattnet inte värms upp oavsiktligt. Cirkulationsledningar för tappvarmvatten ska utformas så att temperaturen på det cirkulerande tappvarmvattnet inte underskrider 50 °C i någon del av installationen (BFS 2006:12)”.

Tolkningen av denna föreskriftstext ställer höga krav på att alla kalla installationer isoleras så att inte någon kondensering sker på den kalla installationen. Ansvarig för att isoleringen dimensioneras på rätt sätt och utförs med ett material som har rätt materialegenskaper har den föreskrivande som känner till de driftförutsättningar som gäller för den aktuella installationen. För att få en väl fungerande totalisolering måste entreprenören utföra arbetet med ett material med angivna materialegenskaper som monteras på föreskrivet sätt.

### Varför isolera?

Svaret på frågan varför en kall installation ska isoleras är att vi vill begränsa värmeflödet till den kalla installationen. En följdfråga till detta svar blir vilka skäl man har till att vilja begränsa värmeflödet. Dessa är:

#### 1. Process

Ett motiv till begränsning av värmeflödet till den kalla installationen kan vara att man i en process vill få en så liten temperaturändring som möjligt på det transporterande mediet.

#### 2. Ekonomi

Det är kostsamt att sänka temperaturen varför ekonomiska skäl kan ligga som grund för att installationen isoleras.

#### 3. Kondens

Ett tredje alternativ till isolering på kalla installationer är att förhindra att den omgivande luften kondenserar på ytan. Isolering måste således dimensioneras så att yttemperaturen ligger över den omgivande luftens daggpunkt.

Om processtekniska eller ekonomiska skäl ligger till grund för dimensioneringen av isoleringen måste alltid en kontroll ske av att isoleringen fått en sådan tjocklek att yttemperaturen ligger över den omgivande luftens daggpunkt.

### Daggpunkt

När isoleringen på en kall installation ska dimensioneras för att förhindra fuktutfällning på isoleringens yta är det luftens temperatur och relativa fuktighet som blir avgörande för hur tjock isoleringen ska vara.

Om vi antar en lufttemperatur på 22 °C så får vi vid relativa fuktigheten 40 procent en daggpunkt som ligger på 8 °C. Isoleringen ska således dimensioneras så att yttemperaturen ligger över 8 °C. Med stigande relativ fuktighet, exempelvis över 80 procent, får vi en daggpunkt som ligger på 19 °C. Här ställs betydligt högre krav på isoleringen eftersom isoleringens yttemperatur måste ligga över 19 °C för att förhindra att fukt kondenserar på ytan.



Daggpunkt

Lufttemperatur 22°C

RELATIV FUKTIGHET %	DAGGPUNKT
40	8
60	14
80	19

## Värmekonduktivitet

Den viktigaste materialegenskapen för termisk isolering är värmekonduktiviteten som anger ett materials förmåga att leda värme. Värmekonduktiviteten ska sålunda vara så liten som möjligt. De flesta på marknaden förekommande isoleringsmaterialen utnyttjar luftens låga värmekonduktivitet för att skapa ett motstånd mot värmeflödet.



## Torr eller våt isolering

Den värmekonduktivitet som redovisas för ett isoleringsmaterial förutsätter att isoleringsmaterialet är torrt. Om fukt kommer in i isoleringen så att den blir våt ersätter vatten luften och eftersom vatten har en högre värmekonduktivitet än luft försämras isoleringens förmåga att begränsa värmeflödet.

Nästa fas om man har vatten i isoleringen kan bli att vattnet fryser till is om installationen ligger på en temperatur under 0 °C. Isen har väsentligt högre värmekonduktivitet än vatten och man får ytterligare en försämring av isoleringen.

## Begränsat fuktflöde

Av den redovisade försämringen av värmekonduktiviteten hos isoleringsmaterial som blir fuktigt framgår hur viktigt det är att så långt som möjligt begränsa fuktflödet in i isoleringen.

I tyska föreskrifter anger man som en generell regel att en volymprocent fukt på mellan

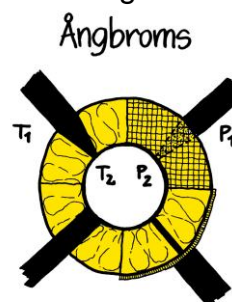
3 - 5 procent ger en försämring av värmekonduktiviteten med cirka 25 - 30 procent. När detta värde har uppnåtts anses isoleringen inte längre fungera tillfredsställande.

## Dimensionering

Vid dimensioneringen av isoleringen och ångbromsen på en kall installation bedöms isoleringens funktionstid med utgångspunkt från hur lång tid det tar innan de angivna procentsatserna fukt trängt in i isoleringen.

## Ångspärr - Ångbroms

Begränsningen av fuktflödet in i isoleringen sker med en ångbroms. Uttrycket ångbroms och ångspärr används i dessa sammanhang.



## Drivkraft

Som inledningsvis nämnts skapar temperaturskillnaden en drivkraft som ger ett värmeflöde vilket begränsas med hjälp av en termisk isolering. På motsvarande sätt får vi genom en partialtrycksskillnad en drivkraft som skapar ett fuktflöde in mot den kalla installationen där det lägre partialtrycket råder.

## Ånggenomgångsmotstånd

Ett isoleringsmaterial typ mineralull har ett mycket lågt ånggenomgångsmotstånd. Denna isolering släpper igenom nästan samma fuktmängd som luften.

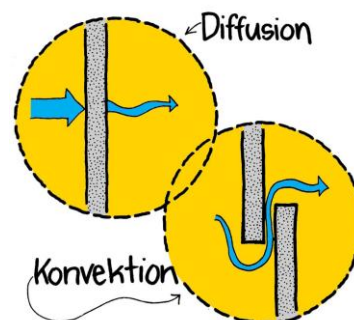
För att en mineralullsisolering ska fungera som kylisolering måste den förses med en skiktångbroms av ett lämpligt material, exempelvis polyetenfolie. Hela begränsningen av fuktflödet sker vid ångbromsen och den fukt som diffunderar genom denna går sedan rakt igenom isoleringen in mot den kalla installationen där den kondenserar ut som vatten.

## Volymmaterial

I volymmaterial typ cellgummi erhåller man både en begränsning av värmeflödet och fuktflödet i själva isoleringsmaterialet. Detta är uppbyggt av många slutna celler med tunna cellväggar med mycket högt ånggenomgångsmotstånd. Varje cellvägg utgör således en ångbroms. Den totala ångbromsande effekten blir därför mycket stor och man får alltså en successiv begränsning av fuktflödet genom denna typ av isolering.

## Diffusion - konvektion

Fuktflödet genom en skiktångbroms in mot den kalla installationen sker genom diffusion och konvektion. Transport genom diffusion sker då vattenmolekylerna rör sig mot lägre partialtryck genom ångbromsen. Fukttransport genom konvektion sker då fuktig luft tränger in i isoleringen genom springor och otätheter i ångbromsen.



Att göra en bedömning av den fuktmängd som transporteras genom diffusion är möjligt om man känner till ångbromsens materialegenskaper och de rådande driftförutsättningarna. Betydligt svårare är det att få en uppfattning om vilka fuktmängder som transporteras genom konvektion.

## Materialprovning

För att den föreskrivande med utgångspunkt från gällande driftförutsättningar ska kunna göra en dimensionering av ångbromsen och beräkning av fuktflödets storlek måste man ha tillgång till aktuella värden för det material som används som ångbroms.



Provning av materialet och redovisningen av materialvärdena måste ske enligt normerade metoder. Att så sker är en förutsättning för att värdena ska kunna användas vid beräkningen och framför allt för att man ska kunna göra en jämförelse mellan olika typer av material som används som ångbroms.

## Funktionsprov

Som tidigare påpekats sker inte enbart fukttransporten genom diffusion utan även genom konvektion. Att göra en beräkning av den andel av fukttransporten som sker genom konvektion är mycket svårt. Här fordras funktionsprovning för att man ska få en grov uppfattning om hur stort fuktflöde som sker genom otäta skarvar, genomföringar och avslut på ångbromsen.

## Egenskapsredovisning

Tyvärr är redovisningen av aktuella materialegenskaper för de på den svenska marknaden förekommande materialen mycket dålig.

Redovisningen sker många gånger i talvärden och enheter som är helt obegripliga. Ofta redovisas resultatet från någon provning med uppgift om mätresultatet. Dessa provningsresultat är helt oanvändbara utan kännedom om förutsättningarna vid provets genomförande.

En samordning måste ske så att redovisningen av materialegenskaper sker i samma enheter för alla material. I svensk standard SS EN ISO 9346 "Värmeisolering - Masstransport - Fysikaliska Storheter och definitioner (ISO 9346:1987)" anges de storheter och enheter som ska användas då materialvärdena redovisas för material som används vid isolering av kalla installationer.

### Egenskapsredovisning



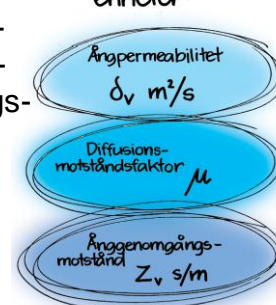
## Ångpermiabilitet

Den materialegenskap som ska redovisas för volymmateriell är ångpermiabilitet som anger materialets ånggenomsläpplighet. Redovisningen kan också ske i form av en diffusionsmotståndsfaktor som anger relationen mellan det aktuella materialet och luftens ånggenomsläpplighet.

## Ånggenomgångsmotstånd

Med utgångspunkt från ett materials ångpermeabilitet eller diffusionsmotståndsfaktor kan man räkna fram det ånggenomgångsmotstånd som ett skikt av materialet ger. Anges ånggenomgångsmotståndet måste alltid skiktjockleken anges. För skiktmaterial är det vanligt att materialegenskapen för materialet anges som ett ånggenomgångsmotstånd.

### Storheter och enheter



## Olika fuktflöden

Tidigare har nämnts att det är luftens temperatur och relativa luftfuktighet som avgör hur stor drivkraften för fuktflödet blir. Här redovisas två exempel med olika lufttemperatur och relativ fuktighet och därmed sammanhängande fuktflöde.

I det redovisade exemplet har vi en rördiameter av 100 mm, en objekttemperatur på 6 °C samt i Fall 1 lufttemperaturen 20 °C och relativa fuktigheten 40 procent och i Fall 2 lufttemperaturen 25 °C och relativa fuktigheten 60 procent. Ånggenomgångsmotståndet är  $0,18 \times 10^6$  s/m och isolertjockleken 13 mm.

### Olika fuktflöden, ett exempel

FÖRUTSÄTTNINGAR:	FALL 1	FALL 2
• rördiameter	100 mm	100 mm
• objekttemp.	6 °C	6 °C
• lufttemp.	20 °C	25 °C
• rel. luftfukt	40 %	60 %
• ånggen. motst.	$0,18 \cdot 10^6$ s/m	5/m
• isolertjocklek	13 mm	13 mm

### RESULTAT

FALL 1: 0 g/(m, år)  
FALL 2: 504 g/(m, år)

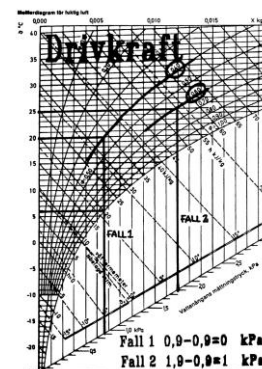
... indiffunderad vattenmängd per meter ledning och år.

Resultatet av beräkningen av fuktflödet blir att i Fall 1 får man inte in någon fukt i isoleringen medan i Fall 2 ger beräkningen till resultat cirka 500 g vatten / ledning och år.

### Fall 1

Svaret på varför vi får så olika stora fuktflöden kan vi hämta i ett mollierdiagram.

Fall 1 med lufttemperaturen 20 °C och relativa luftfuktigheten 40 procent ger ett partialtryck i luften som är 0,9 kPa. Partialtrycket inne vid ytan på den isolerade installationen är också 0,9 kPa. Det blir således ingen partialtrycksskillnad i det aktuella fallet och ingen drivkraft som kan ge fuktflöde.



### Fall 2

I Fall 2 får vid 25 °C lufttemperatur och relativa fuktigheten 60 procent ett partialtryck i luften som är 1,9 kPa och vi får således en partialtrycksskillnad på 1 kPa. Partialtrycksskillnaden på 1 kPa är tillräckligt stor för att skapa en drivkraft som ger den redovisade fuktmängden cirka 500 g vatten / m ledning och år. Av de här redovisade fallen framgår att det är mycket viktigt att man väl känner till de driftförutsättningar som gäller då man ska dimensionera ångbromsen på en kall installation.

## Fukt in och ut

En förutsättning för att isoleringen på en kall installation ska fungera är att isoleringen förblir torr så länge som möjligt. För att uppnå detta har det hitintills bara funnits ett tillvägagångssätt, nämligen att i möjligaste mån begränsa fuktflödet in i isoleringen. Detta kan göras på två sätt. Antingen genom att anbringa en skiktångbroms på isoleringen eller genom att använda ett isoleringsmaterial med högt ånggenomgångsmotstånd.



Det finns ett system för isolering av kalla rör som istället för att begränsa fuktflödet till det kalla röret tillåter fukten att passera genom isoleringen. Mellan röret och isoleringen ligger en veke som absorberar den fukt som kondenserar mot det kalla röret. Veken transporterar ut fukten till den omgivande

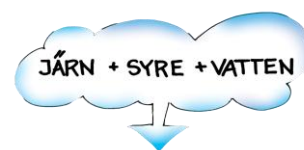


luften och isoleringen förblir torr. Detta system passar bäst för isolering med öppna celler såsom mineralull och vid en temperatur över 0 °C på röret.

### Korrosion

Av vad som har sagts hitintills framgår att när vi arbetar med isolerade kalla installationer förutsätter vi att en viss mängd fukt alltid kommer att tränga in genom ångbroms och isolering för att sedan kondensera på den isolerade installationens yta.

Består den isolerade installationen av oskyddat järn får vi ett klimat för korrosion när det finns tillgång till syre och vatten. Det behövs en mycket liten mängd vatten för att starta detta korrosionsförlopp och en rörledning kan genom korrosion förstöras på mycket kort tid, cirka ett år.



### Korrosionsskydd

Alla kalla installationer måste därför utföras på ett sådant sätt att de skyddas mot korrosion antingen genom att materialet korrosionsskyddsbehandlas eller att man väljer ett korrosionssäkert material, typ rostfritt stål, koppar eller plast.

### Konstruktionsdetaljer

En isolerad kall installation består inte bara av raka delar utan det finns fogar, avslut, avstick, upphängningar, böjar och genombrott. Alla dessa konstruktionsdetaljer utgör svaga punkter i ångbromsen. Oberoende av hur goda ångbromsande egenskaper som skiktmaterial har, blir den totala konstruktionens effektivitet beroende av hur väl de angivna konstruktionsdetaljerna utförs.



Stor noggrannhet måste iaktas så att alla olika typer av skarvar i ångbromsen utförs på ett sådant sätt att fuktig luft inte kan tränga in genom ångbromsen till den underliggande isoleringen och därefter diffundera mot och kondensera på den kalla installationen. Ett stort ansvar vilar här på materialleverantören som bör lämna dokumenterade anvisningar för hur materialet, som rekommenderas som isolering på kalla installationer, ska monteras.

### Arbetsanvisningar

En aktuell fråga är vem som ansvarar för hur isolering och ångbroms på en kall installation ska utföras. I allmänhet hänvisas i beskrivningar till VVS AMA. Här anges att en skiktångbroms ska anbringas på isoleringen men inte alltid hur den ska utföras utan hänvisning sker till "av tillverkaren rekommenderad och dokumenterad metod". Här ska de föreskrivande och entreprenörerna ställa krav på att materialleverantörerna utarbetar lämpliga anvisningar för hur materialet ska användas för att fungera som ångbroms på kalla installationer.

## Samordning

För att missförstånd inte ska uppstå i framtiden är det viktigt att beställare och föreskrivande är överens om vilka krav som ska ställas på isolering och ångbroms. Beställaren ska alltid vara medveten om att en viss fuktvandring kommer att ske in mot den kalla installationen och begränsa isoleringens livslängd.

## Egenskapsredovisning

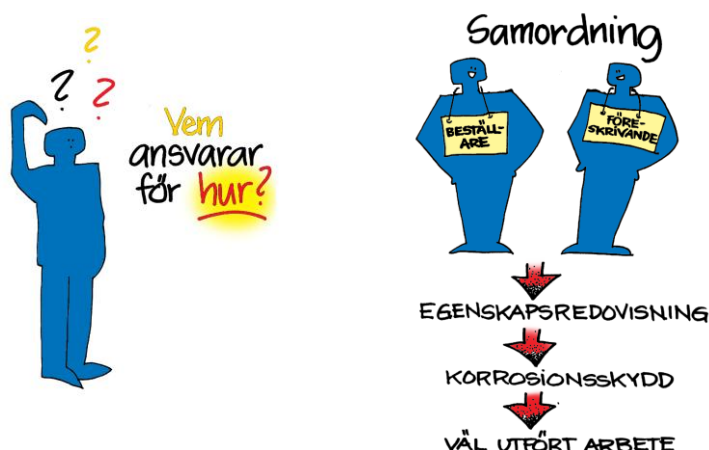
För att den föreskrivande på ett riktigt sätt ska kunna beräkna och ange det material som ska användas i konstruktionen måste en riktig egenskapsredovisning ske. Detta är också viktigt för att entreprenören ska kunna göra en riktig upphandling.

## Korrosionsskydd

Kalla installationer får aldrig förekomma utan att de är korrosionsskyddade på något sätt.

## Arbetsutförande

Oavsett hur väl den föreskrivande har beräknat konstruktionen och valt material till densamma är funktionen hos isolering och ångbroms på en kall installation till slut alltid beroende på att ett arbete utförs väl. Här ligger ett stort ansvar på entreprenörerna.



## Materialet är sammansatt från olika källor

Kursmaterialet i detta avsnitt är hämtat ur IF:s tekniska kompendium, tredje upplagan och hänsyn tagen till ändringar som har skett i dels BBR, dels VVS AMA 09 samt nya brandisoleringsregler.

Stockholm i mars 2012  
För Isoleringsfirmornas Förening  
/Anneli Kouthoofd