

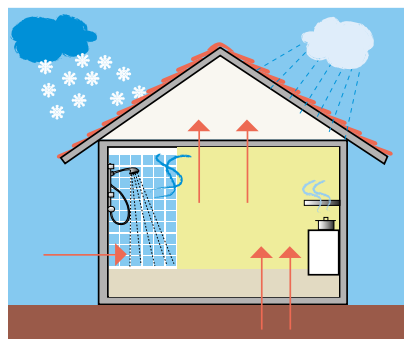
4.5 Fukt

4.5.1 Fukt

Boverkets byggregler, BFS 2011:6 BBR, Kapitel 6 Hygien, hälsa och miljö, innehåller föreskrifter och allmänna råd. Där anges i avsnitt 6.5, Fukt, att byggnader ska utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa. Kraven i 6.5 bör i projekteringskedet verifieras med hjälp av fuktsäkerhetsprojektering.

Fuktig luft

De olika delarna i en byggnad kommer i de allra flesta konstruktioner i kontakt med luft. Alla byggnadsmaterial är mer eller mindre hygroskopiska,



Tabell 4.5.1:01

Medelvärden för temperatur, T (°C), ånghalt v (g/m ³) och relativ fuktighet RF (%) för månaderna och året 1961 - 1990														
Ort	Storhet	Året	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Luleå	T	1,5	-11,5	-10,7	-6,1	0,0	6,3	12,9	15,5	13,5	8,3	2,9	-4,1	-9,0
	v	3,7	1,5	1,6	2,0	2,8	4,1	5,8	7,3	6,9	5,2	3,7	2,3	1,7
	RF	76	81	79	76	72	67	64	70	75	78	81	82	81
Söderhamn	T	4,3	-5,8	-5,3	-1,9	2,4	8,0	13,6	15,5	14,2	10,0	5,5	-0,2	-4,2
	v	5,6	2,8	2,9	3,4	4,2	5,7	8,0	9,6	9,4	7,7	5,9	4,2	3,1
	RF	79	83	81	78	75	71	70	74	79	82	83	85	83
Bromma	T	6,3	-3,4	-3,6	-0,4	4,3	10,6	15,5	17,1	16,1	11,6	7,2	2,2	1,6
	v	6,1	3,4	3,3	3,7	4,6	6,3	8,4	9,8	9,8	8,1	6,6	4,9	3,9
	RF	78	87	85	78	72	67	66	70	74	78	83	86	88
Jönköping	T	5,3	-3,4	-3,9	-1,0	3,5	9,6	13,9	15,1	14,2	10,2	6,3	1,5	-1,8
	v	5,8	3,5	3,3	3,7	4,4	6,0	7,9	9,0	8,9	7,6	6,4	4,9	3,9
	RF	80	88	85	80	74	69	69	73	76	81	85	88	88
Sturup	T	7,5	-0,5	-0,8	1,6	5,3	10,9	14,5	16,2	16,0	12,3	8,5	4,2	1,2
	v	6,9	4,3	4,1	4,6	5,2	7,0	9,2	10,3	10,3	9,0	7,6	5,9	4,9
	RF	83	90	88	85	77	72	76	77	78	83	88	90	91

4.5 Fukt

4.5.1 Fukt

vilket innebär att de kan ta upp eller avge fukt till eller från luft. Luftens tillstånd är därför av central betydelse vid fuktteknisk dimensionering. Det är sambandet mellan luftens fukttinnehåll och temperatur som i första hand är intressant. Fuktig luft kan ses som en blandning av torr luft och vattenånga.

Ånghalt och relativ fuktighet

För att beskriva luftens innehåll av vattenånga används begreppet ånghalt, v (kg/m^3). Fukten i inomhusluften bestäms av utomhusluftens ånghalt plus fuktproduktionen inomhus. Inomhusluftens ånghalt i bostäder är normalt 2–5 g/m^3 högre än utomhusluftens. Medelvärden för temperatur, T ($^{\circ}\text{C}$), ånghalt v (g/m^3) och relativ fuktighet RF (%) för månaderna och året 1961 – 1990 visas i tabell 4.5.1:01.

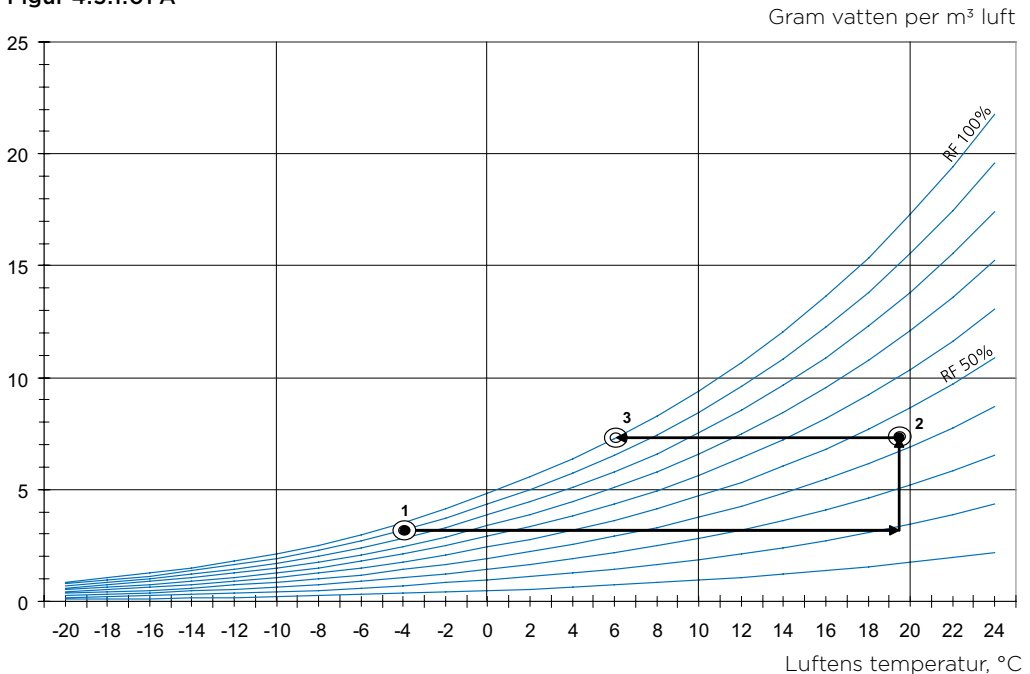
Vid en given temperatur, kan luft inte innehålla mer än en viss mängd vattenånga svarande mot mätnadsånghalten. Mätnadsånghalten är en funktion av temperaturen, sambandet anges i tabell 4.5.1:02. Luften kan innehålla en större mängd vattenånga vid högre temperaturer än när temperaturen sjunker. Begreppet relativ fuktighet definieras som kvoten av aktuell ånghalt, v vid en viss temperatur och mätnadsånghalten, v_s vid samma temperatur: $\text{RF} = v/v_s$. Förhållandet mellan temperatur, luftens fukttinnehåll och relativ fuktighet visas i figur 4.5.1:01A och B

Tabell 4.5.1:02

Mätnadsvärden för ånghalt v_s	
Temperatur 0°C	Mätnadsånghalt g/m^3
-30	0,33
-25	0,55
-20	0,89
-18	1,05
-16	1,26
-14	1,51
-12	1,8
-10	2,14
-8	2,52
-6	2,98
-4	3,52
-2	4,13
0	4,84
2	5,55
4	6,36
6	7,25
8	8,26
10	9,4
12	10,66
14	12,06
16	13,62
18	15,36
20	17,28
22	19,41
24	21,76
26	24,33
28	27,18
30	30,31
32	33,74
34	37,51
36	41,64
38	46,45
40	51,07

Mättnadsånghaltsdiagram

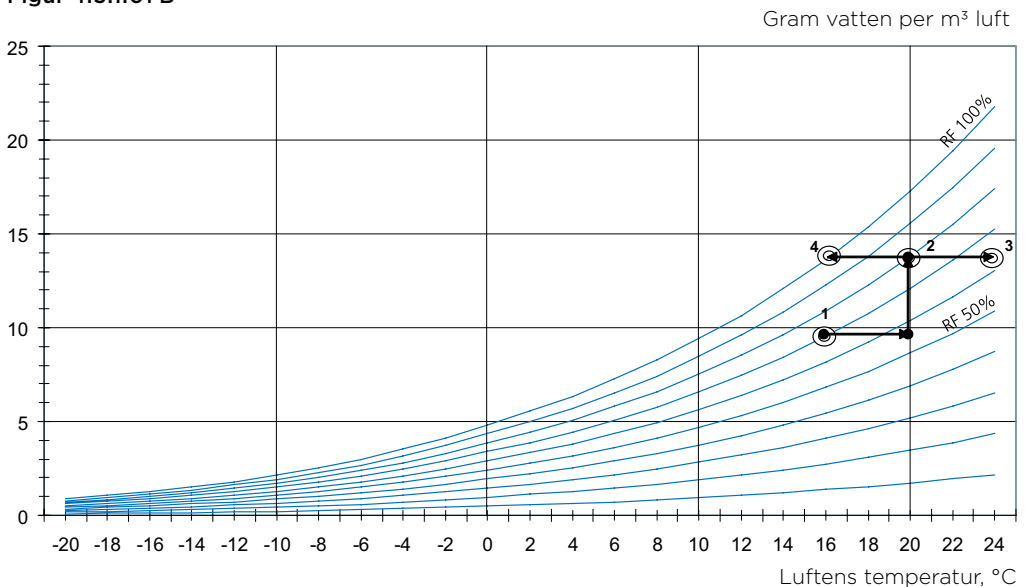
Figur 4.5.1:01 A



Exempel 1: Stockholm under februari

1. Utomhus: Luftens ånghalt är 3,3 g/m³ och temperaturen är -3,6°C
2. Inomhus: Luftens värms upp till +20°C och fukt (4 g/m³) tillförs, vilket ger RF= 43%
3. Daggpunktstemperaturen blir 6°C

Figur 4.5.1:01 B



Exempel 2: Stockholm under augusti.

1. Utomhus: Luftens ånghalt är 9,8 g/m³ och temperaturen är 16,1°C
2. Inomhus: Luftens värms upp till +20°C och fukt (4 g/m³) tillförs, vilket ger RF= 80%
3. Luftens värms upp till +24°C, vilket ger RF= 63%
4. Daggpunktstemperaturen blir 16°C

4.5.2 Fukt i material

Vatten kan bindas till olika byggnadsmaterial. Inom byggtekniken skiljer man på kemiskt bundet vatten och förångningsbart vatten. Kemiskt bundet vatten är så fast fixerat att det i detta sammanhang inte behöver tas in under begreppet fukt. Som exempel på kemiskt bundet vatten kan nämnas kristallvattnet i gips. Det vatten som normalt kan betecknas som fukt är det förångningsbara vattnet. Med detta avses det vatten som förångas vid en bestämd temperatur, vanligtvis 105°C.

Det råder alltid en viss balans mellan fukt i material och fukt i omgivningen. Detta förhållande kan motsvara något av fallen:

- Uppfuktning/absorption (materialet tar upp vatten från omgivningen)
- Uttorkning/desorption (materialet avger vatten till omgivningen)
- Jämvikt (lika mycket vatten som upptas, avges per tidsenhet).

Den mängd fukt som finns i ett material kan anges som fukthalt eller fuktkvot. Fukthalten är ett mått på hur mycket vatten i kg som finns per m³ av materialet. Fuktkvoten är förhållandet mellan fukttinnehållet i kg och mängden torrt material i kg.

Om ett från början torrt material lagras i en omgivning med konstant temperatur och relativ fuktighet, uppstår med tiden en jämvikt mellan omgivningen och fukthalten i materialet. När den relativa ånghalten ökas, ökar fukthalten i materialet och en absorptionskurva kan bestämmas för materialet under uppfuktning. Motsvarande försök kan göras med från början vattenmättade material varvid en desorptionskurva erhålls. Figur 4.5.2:01 visar absorptionskurvan för gipsskivor. Normalt är fukttinnehållet i gipsskivor så lågt att det inte har någon betydelse för den praktiska användningen. Vid RF över 90% försvagas gipsskivans hållfasthets- och styvhetssegenskaper. Gipsskivor ska därför inte användas i lokaler med en luftfuktighet som överstiger 90%. Med hänsyn till risken för mögel bör luftfuktigheten dock begränsas till max 80% vid normal rumstemperatur. Glasroc som är en gipsbaserad kompositiska bör inte utsättas för en relativ fuktighet som överstiger 95%. Detta gränsvärde avser skivor som inte utsatts för nedsmutsning. Trä och träbaserade skivors fuktkvot ökar vid högre värden på relativ

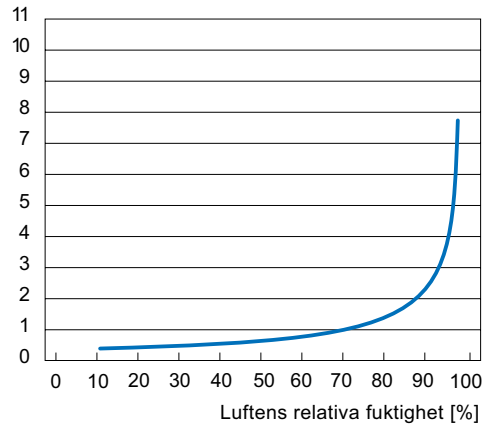
fuktighet i luften, vilket framgår av absorptionskurvan i figur 4.5.2:02. Detta ger i sin tur upphov till fuktbetingade rörelser i både uppfuktning- och uttorkningsfasen.

Sorptionskurva för Gyproc Normal

Figur 4.5.2:01

Materialets fukttinnehåll

Vikt %

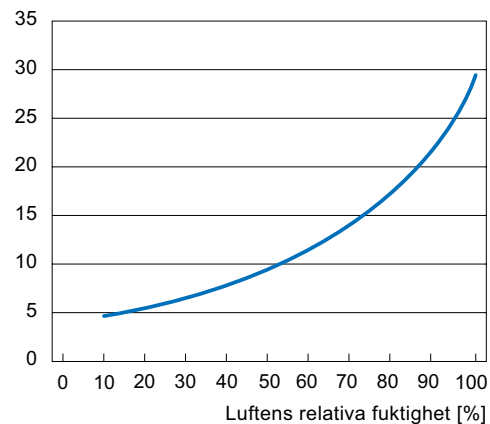


Sorptionskurva för furu

Figur 4.5.2:02

Materialets fukttinnehåll

Vikt %



4.5.3 Fuktransportmekanismer

Fuktransport i byggnadskonstruktioner kan ske i ångfas eller vätskefas.

Transport i ångfas kan ske på olika sätt.

- Diffusion som innebär att vattenmolekyler rör sig i riktning mot avtagande koncentration.
- Fuktkonvektion som innebär att vattenånga transporteras med luft som transporterande medium.
- Effusion och termodiffusion är former som normalt har marginell betydelse
- Vid fuktransport i vätskefas är vattenöverttryck och kapillärsugning de två viktigaste drivkrafterna.

Diffusion

I en inhomogen gasblandning rör sig gasmolekylerna så att de så småningom blir fördelade i blandningen. Denna strävan hos vattenånga och andra gaser att reducera olikheter i koncentrationen kallas diffusion. Som exempel på diffusion kan nämnas:

- Ånghalten är i genomsnitt högre inomhus än utomhus. Därför uppstår fuktransport på grund av diffusion genom exempelvis ytterväggar. Denna transport sker från den varma insidan till den kallare utsidan.
- Byggfukt i material avges till omgivningen genom att fukt transporteras från materialets inre till ytan och avges till den omgivande luften. Denna transport sker till stor del genom diffusion.

Diffusionen reduceras i byggnadens klimatskärm med en ångspärr/ångbroms av t.ex PE-folie, som med sitt relativt höga ånggenomgångsmotstånd bromsar fuktransporten.

Konvektion

Fuktransport genom konvektion innebär att vatten i ångfas följer med luftströmmen. Luftströmmen kan orsakas av antingen tryck- eller temperaturdifferenser.

- En luftström från varmt till kallt innebär att luften avkyls, vilket kan leda till kondens och fuktanrikning.
- En luftström från kallt till varmt innebär att luften blir varmare. Detta ökar luftens fuktupptagande förmåga. Processen verkar då uttorkande.

Fuktransport genom konvektion förutsätter en totaltryckdifferens. Därmed skapas förutsättningar för ett luftflöde som samtidigt resulterar i fuktransport eftersom luften alltid innehåller vattenånga. Totaltryckdifferenser kan uppstå av flera orsaker varav kan nämnas: vindtryck, temperaturdifferenser, ventilationsystem, fläktar. Fuktkonvektion kan förekomma i spalter, hål och i porösa material. Fuktkonvektionen reduceras med hjälp av lufttäta skikt i konstruktionen.

Kapillärsugning

En förutsättning för att kapillär transport ska kunna ske är att vattnet i materialets porer eller kapillärer bildar ett sammanhängande system. För att ett sådant system ska kunna bildas måste fukten i materialet överstiga ett gränsvärde som kallas för den kritiska fukthalten, w_{krit} . För fukthalter större än den kritiska finns således förutsättningar för fuktransport i vätskefas genom kapillärsugning. Kapillärsugning från ett fuktigt material till ett torrt material kan förhindras genom applicering av en fuktspärr mellan materialen.

4.5.4 Kondensationsfenomen

Om fuktig luft kommer i kontakt med en yta som har lägre temperatur än daggpunktstemperaturen för den aktuella luften, uppstår kondens på ytan. Yttemperaturen, T_y , på en konstruktion kan beräknas om konstruktionens isolerförmåga är känd.

$$T_y = T_i - \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{u}{\alpha_i} (T_i - T_u), \text{ där: } T_i = \text{Innetemperaturen, } T_u = \text{Uttemperaturen,}$$

$u = \text{konstruktionens värmegenomgångskoefficient,}$
 $\alpha_i = \text{värmeövergångskoefficienten vid innerytan}$

Exempel.

En 45 mm träkarm till ett takfönster har ett värmemotstånd på ca: $R = d/\lambda_{\text{ber}} = 0,375 \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$. Inomhustemperaturen är 20°C och uttemperaturen är -5°C

$$\Delta T = \frac{0,13}{(0,04 + 0,375 + 0,13)} \cdot (20 - (-5)) = 6^\circ\text{C}; T_y = 20 - 6 = 14^\circ\text{C}$$

Med en relativ fuktighet på 50% är daggpunktstemperaturen 8,7°C. Det är således ingen risk för kondens på karmens insida. I ett badrum med 20°C och 80% relativ fuktighet är luftens daggpunktstemperatur 16,2°C vilket med den givna temperaturskillnaden kommer att ge upphov till kondens.

En beräkning med avseende på kondens inuti konstruktioner utförs alltid i två steg. I det första steget utförs en beräkning som visar om, och i så fall i vilken del av konstruktionen, kondens inträffar. Som kriterium används att kondens inträffar när den relativa fuktigheten beräkningsmässigt överstiger 100%. I det andra steget bestäms hur mycket vatten som kan kondensera inne i konstruktionen. Den kondenserade mängden beräknas som differensen mellan tillförd och avgiven fukt i kondensationssnittet.

$$G_{\text{kondens}} = G_{\text{in}} - G_{\text{ut}} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

4.5.5 Dimensionering mot kondens inuti konstruktioner

Diffusion

Diffusionen genom ett homogent material kan beräknas enligt Ficks lag.

$$g = \frac{v_1 - v_u}{Z}, \text{ där: } v_1 - v_u = \text{ånghaltsdifferensen (kg/m}^3\text{)}, Z = \text{ånggenomgångsmotståndet (s/m)}$$

$Z = d / \delta_v$, där: d = materialtjockleken (m), δ_v = Ånggenomsläppligheten (m^2/s)

Värden på δ_v och Z anges i tabell 4.5.5:01 och tabell 4.5.5:02

Tabell 4.5.5:01

Ånggenomsläpplighet, riktvärden	
Material	Ånggenomsläpplighet $\delta_v \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
Betong	0,12–2,0
Lättbetong	2,1–6,4
Lättklinkerblock	3
Fasadtegel	2,7–5,5
Mineralull (15 kg/m ³)	15–24
Mineralull (200 kg/m ³)	8–12
EPS (20 kg/m ³)	0,6–1,4
XPS (25 kg/m ³)	0,25–0,30
Fibercementskiva	0,28–0,75
Furu, gran	0,2–3,5
Plywood	0,20–3,5

Tabell 4.5.5:02

Ånggenomsläpplighet, riktvärden		
Skikt	Tjocklek (mm)	Ångmotstånd $Z_v \cdot 10^3 \text{ s/m}$
Spånskiva	10	20
Träfiberskiva, hård	3,5	15
Träfiberskiva, halvhård	10	8–15
Träfiberskiva, porös	12	3
Gyproc Normal	12,5	3–4
Gyproc Protect F	15,4	3–4
Glasroc H Ocean	12,5	2,6
Polyetenfolie	0,2	>2000
PVC-matta	2	500–5000
Tätskiktspapp		>1000
Vindskyddspapp		<20

För tjockare material anges oftast ånggenomsläppligheten medan man för tunnare material anger ångmotståndet. För många material varierar Ånggenomsläppligheten inom olika fuktområden

Diffusion i sammansatta konstruktioner

Beräkning av fukttransporten vid diffusion i sammansatta konstruktioner kan utföras som en statisk beräkning där man utgår från konstanta förhållanden ute och inne. Denna beräkningsmetod kallas Glasmermetoden och kan utföras i ett beräkningsschema. Exemplet visar beräkning för en lätt yttervägg med vindskydd av Glasroc H Storm och invändig beklädnad av 12,5 mm Gyproc Normal. Ångspärren är applicerad 50 mm in i väggen, vilket ger plats för elektriska installationer och minimerar risken för perforering av ångspärren. $V_{\text{inne}} - V_{\text{ute}} = 4 \text{ g/m}^3$, Fukttillskottet inomhus, V_{FT} , antas således vara 4 g/m^3 .

Beräkning av kondens inuti en sammansatt konstruktion									
Skikt	d (mm)	λ W/mK	δ m ² /s	R m ² K/W	Z s/m	T °C	v_s g/m ³	v g/m ³	RF %
						-11,5	1,77	1,49	84
Ute				0,04	$0,3 \cdot 10^3$				
						-11,3	1,92	1,49	78
Glasroc H	12,5			0,06	$2,6 \cdot 10^3$				
						-10,9	1,98	1,50	76
Mineralull	150	0,036	$14,0 \cdot 10^{-6}$	4,17	10,7				
						11,5	10,34	1,64	15
Ångspärr				-	$2000 \cdot 10^3$				
						11,5	10,34	5,46	53
Mineralull	50	0,036	$14,0 \cdot 10^{-6}$	1,39	$3,57 \cdot 10^3$				
						19,0	16,3	5,47	34
Gyproc	12,5			0,06	$3 \cdot 10^3$				
						19,3	16,66	5,48	33
Målning				-	$10 \cdot 10^3$				
						19,3	16,66	5,49	33
Inne				0,13	$0,3 \cdot 10^3$				
						20,0	17,31	5,49	32
Σ				5,64	$2030 \cdot 10^3$				

Det framgår av beräkningen att den aktuella ånghalten, v, inte överskrider mätnadsånghalten, V_s , någonstans i konstruktionen. Med givna förutsättningar för ute- och inneklimat, föreligger således ingen risk för kondens i konstruktionen.

Fukttransport genom konvektion

Vid fukttransport genom konvektion är det skillnader i lufttrycket som är drivkraften. Över en yttervägg med ett högre ångtryck på insidan än på utsidan, erhålls tryckdifferensen,

$$\Delta p = p_{vi} - p_{vu}$$

Totaltryckdifferenser kan uppstå av olika orsaker

- Vindtryck
- Temperaturdifferenser
- Ventilationssystem, fläktar

För att undvika skador på grund av fuktkonvektion bör byggnadens klimatskiljande delar ha så god lufttätethet som möjligt

Luftflödet, Q , kan beräknas med hjälp av strömningsläran. Luftflödet genom en spalt kan med någorlunda säkerhet beräknas som:

$$Q = 0,8 \cdot A \cdot \Delta p \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Där: 0,8 är en empirisk konstant för små spalter och A är spaltens areal (m^2). Tryckdifferensen kan vid termiska drivkrafter tecknas som:

$$\Delta p = 0,043 \cdot T \cdot h \text{ (Pa)}$$

Där: T är temperaturskillnaden ($^{\circ}\text{C}$) mellan inne-luften och luften i hålrummet dit luftströmningen sker. h = rumshöjden. 0,043 är en konstant.

I regel är man intresserad av hur mycket fukt som stannar kvar i en konstruktion. Den fukt mängd som per tidsenhet avges till en konstruktion på grund av konvektion kan tecknas:

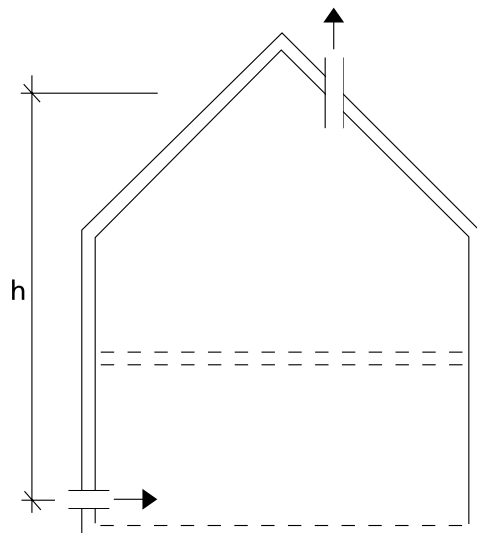
$$G = (v_{in} - v_{ut}) \cdot Q \text{ (kg/s)}$$

Där: v_{in} = ånghalt i luften vid inflöde. v_{ut} = ånghalt i luften vid utflöde.

Därutöver kan det uppstå tryckskillnader på grund av vindpåverkan på byggnaden, dessa tryckskillnader är normalt av samma storleksordning som tryckskillnaderna orsakade av termiska drivkrafter. Även små skador i ångspärren kan i ventilerade konstruktioner orsaka transport av fukt mängder som vida överskrider de fukt mängder som transporteras genom diffusion. Därför är tätheten viktig för byggnadens fuktbalans.

Ventilation av konstruktioner

Ventilation av konstruktioner har till syfte att leda bort de mängder fukt, som kan komma in i konstruktionen vid diffusion samt att påskynda uttorkning av fasadbeklädnader av t.ex trä efter påverkan av nederbörd. Det kan inte förväntas att de fuktproblem som uppstår, som en följd av konvektion, kan lösas genom bättre ventilation. Dessa problem kan lösas mer effektivt med en lufttät ångspärr. I en yttervägg är en kompakt konstruktion med ventilerad regnskärm en mycket säker lösning. Det diffusionsöppna vindsyddet av Glasroc H Storm fungerar även som konvektions-spärr. En vindtät avtäckning med Glasroc H Storm skyddar även mot vind och fukt under byggtiden



och leder till att konstruktionen bevaras torr och intakt tills fasadbeklädnaden är monterad.

Utrymmen med krav på vattentäta skikt

Golv och väggar som kommer att utsättas för vattenspolning, vattenspill eller utläckande vatten ska ha ett vattentätt skikt som hindrar fukt att komma i kontakt med byggnadsdelar och utrymmen som inte tål fukt. Om ett fuktkänsligt material placeras mellan två täta material, exempelvis mellan en ångspärr och ett vattentätt skikt, bör verifiering ske, t.ex med fuktsäkerhetsprojektering, av att det högsta tillåtna fukttillståndet för materialet inte överskrids. Ånggenomgångsmotståndet hos det vattentäta skiktet bör vara större än $1 \cdot 10^6 \text{ s/m}$ ($1,35 \cdot 10^{11} \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa/kg}$) om man inte vid fuktsäkerhetsprojekteringen påvisat att annat ånggenomgångsmotstånd kan användas.

I väggkonstruktioner där det finns en potentiell risk för att ingående material kommer att exponeras för fukt bör Glasroc H Ocean användas som skivmaterial. Denna rekommendation utgår från en hög ambitionsnivå vad gäller fuktsäkerheten och beaktar konsekvenserna av oönskad punktering av tätskiktet. En våtrumsvägg ska alltid skyddas mot fukt med ett vatten- och diffusionstätt skikt. Ytbelägningen ska utföras enligt branschavisningar för vattentäta ytskikt. Exempel på sådana branschregler är:

- BBV, Byggkeramikrådets branschregler för våtrum
- GVK:s Branschregler för tätskikt i våtrum, AB Svensk Våtrumskontroll, GVK
- Måleribranschens regler för våtrum, MVK (Måleribranschens våtrumskontroll)