



LUND UNIVERSITY

Fuktändringar - en kvalitativ metod att skriva fukthistoria och förutsäga fuktförändringar i oventilerade konstruktionsdelar - Kursmaterial för Skadeanalys 2007

Nilsson, Lars-Olof

2007

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Nilsson, L.-O. (2007). *Fuktändringar - en kvalitativ metod att skriva fukthistoria och förutsäga fuktförändringar i oventilerade konstruktionsdelar - Kursmaterial för Skadeanalys 2007*. (TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7194). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
FUKTCENTRUM VID LUNDS UNIVERSITET

Avd Byggnadsmaterial

FUKTÄNDRINGAR

**En kvalitativ metod att skriva fukthistoria och
förutsäga fuktförändringar i oventilerade
konstruktionsdelar**

Kursmaterial för Skadeanalys 2007

Lars-Olof Nilsson

TVBM-7194

Lund 2007

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	5
METODEN	7
Samband	7
Fukttransport – riktning och mängd	8
Fuktändringar – av lokala skillnader i fuktflöde	9
Ny ånghaltsfördelning	10
Nytt tidsteg	10
Instruktion	11
EXEMPEL 1-3	12
Exempel 1	12
Exempel 2	12
Exempel 3	12
Exempel 1 - lösning	13
Steg 1	13
Steg 2	13
Steg 3	14
Steg 4 - 7	14
Exempel 2 - lösning	16
Exempel 3 - lösning	17
EXEMPEL 4 - 8 – MED LÖSNINGAR	18
Exempel 4 - yttervägg	18
Exempel 5 – kylrumsvägg A	18
Exempel 6 - krypgrundsbjälklag	18
Exempel 7 – mellanbjälklag med golvvärme	19
Exempel 8 – mellanbjälklag på stålform	20
EXEMPEL 9 - 19 – UTAN LÖSNINGAR	21
Exempel 9 – platta på mark med lättklinkerisolering A	21
Exempel 10 – platta på mark med lättklinkerisolering B	21
Exempel 11 – platta på mark med olika isoleringar	22
Exempel 12 - lättbetongyttervägg	22
Exempel 13 – mikrovågstorkat vattenskadat bjälklag	22
Exempel 14 – översvämmat mellanbjälklag	23
Exempel 15 – parkettgolv på golvvärme	23
Exempel 16 – kylrumsvägg B	23
Exempel 17 – lättbetongfasad med puts på isolering	24
Exempel 18 – platta på mark ovanpå värmekulvert	26
Exempel 19 – bjälklag på mark i servicehus	28
LÖSNINGAR TILL EXEMPEL 4 - 8	29
Exempel 4 - yttervägg	29
Exempel 5 – kylrumsvägg A	29
Exempel 6 - krypgrundsbjälklag	30
Exempel 7 – mellanbjälklag med golvvärme	31
Exempel 8 – mellanbjälklag på stålform	32

FÖRORD

Fuktförhållanden i material och byggnadsdelar beräknas som regel med hjälp av antingen enkla ekvationer som kan ge den stationära fuktfördelningen eller med sofistikerade datorverktyg som oftast behövs för att förutsäga fuktförändringar, dvs icke-stationära fuktfördelningar. I många tillämpningar räcker det inte alls att bestämma stationära fuktfördelningar, t ex i samband med en fuktskadeutredning där man behöver förstå och förklara hur fuktförhållandena varit tidigare och hur de fuktförhållanden som man kan mäta upp under utredningen kan förklaras. Sådana icke-stationära förlopp kräver normalt datorberäkningar, där man gör antaganden om initialvillkor, randvillkor och materialegenskaper och sedan genomför beräkningar vars resultat jämförs med uppmätta förhållanden. Om de inte stämmer överens, ändrar man antagandena på ett systematiskt sätt så att man får överensstämmelse mellan beräkningar och mätningar. De ändringar i antagandena man då tvingades göra, är väsentliga delar i förklaringen varför de uppmätta fuktförhållandena har uppkommit.

I många fall finns det inte beräkningsverktyg som klarar av att beskriva fuktförändringar eller är det onödigt komplicerat att genomföra sådana beräkningar. Om man behöver skapa en förståelse för vad som hänt och inte nödvändigtvis kvantifiera tidsförloppet exakt duger det bra med kvantitativa bedömningar. Fördelen med sådana är att de kan tillämpas på även mycket komplicerade fall, där det saknas beräkningsverktyg.

En kvalitativ metod att skriva fukthistoria och förutsäga fuktförändringar i oventilerade konstruktionsdelar beskrivs i denna skrift. Den främsta avsikten är att tillhandahålla ett verktyg för att kunna förklara hur en fuktfördelning har uppkommit, som en del av en fuktskadeutredning, där man måste klarlägga orsakssammanhanget. Metoden kan naturligtvis också användas för prognoser, dvs för kvalitativa bedömningar av hur fuktförhållanden kommer att förändras i framtiden, även i mycket komplicerade fall.

Metoden har använts av undertecknad under många år i kurser i fuktmekanik och materialteknik för sunda hus vid Chalmers samt, i en enklare form, vid kurser för s k Byggdoktorer. En del av de redovisade övningsexemplena har använts som övningsexempel och tentamensexempel i dessa båda sammanhang. Många exempel är konstruerade av pedagogiska skäl, men många baseras på erfarenheter från skadefall och fuktskadeutredningar.

Lund i april 2007

Lars-Olof Nilsson

METODEN

Metoden att bedöma fuktförändringar är grafisk och utgår från tre moment:

1. Samband - utnyttjande av samband mellan storheterna temperatur, mätnadsånghalt, fukthalt, relativ fuktighet och ånghalt.
2. Fuktransport – riktningar och relativa mängder
3. Fuktvändringar – av lokala skillnader i fuktflöden.

Dessa tre moment genomförs i tur och ordning, för alla djup i materialet/konstruktionen och sedan upprepar man detta successivt tills man nått avsett mål. Momenten, och resultaten av dem, redovisas i 3-4 parallella diagram, med stegvisa förändringar av fördelningen av åtminstone temperatur, relativ fuktighet och ånghalt.

Samband

Med utgångspunkt från fukthaltsfördelningen och temperaturfördelningen, bestäms ånghaltsfördelningen genom att utnyttja sambanden mellan dessa storheter och relativ fuktighet respektive mätnadsånghalt, se figur 1.

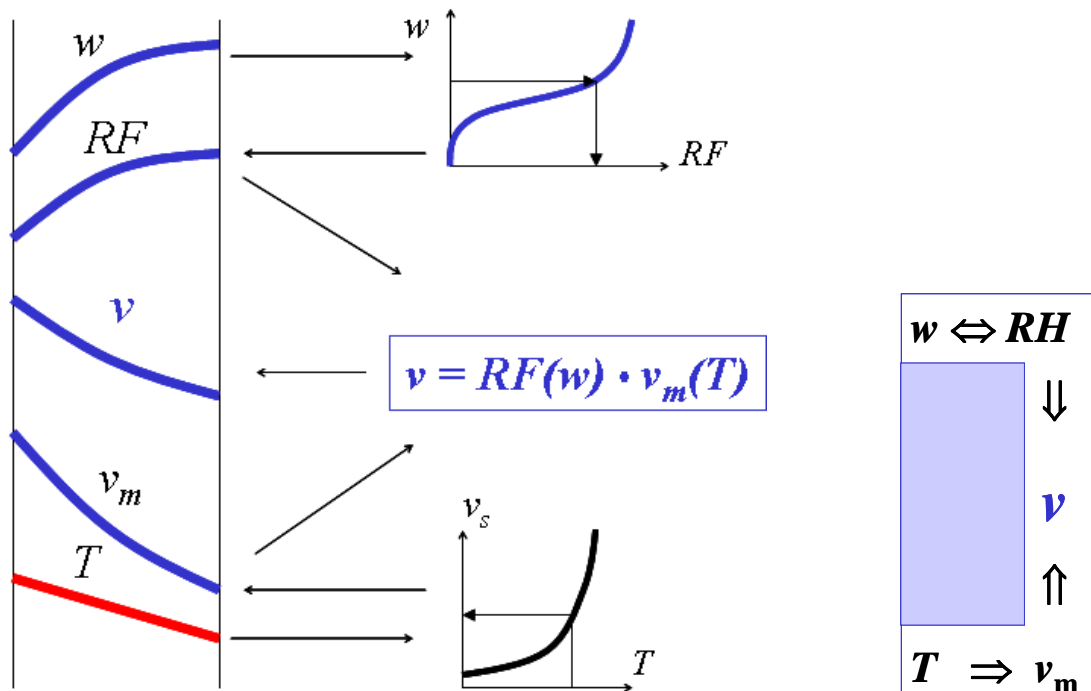


Fig. 1 Samband mellan fukthalt, relativ fuktighet, temperatur och ånghalt i ett material eller en konstruktion. Figuren till höger åskådliggör att det inte finns något samband mellan fukthalt/RF och temperatur.

- a) Fukthalten w översätts till relativ fuktighet RF , i varje punkt, med hjälp av sorptionskurvan för det aktuella materialet. Detta ger en RF -fördelning.

(självkänt kan man ta hänsyn till hysteres, övergångskurvor, temperatureffekt etc. men det avgörs av hur noggrant man vill göra bedömningen).

- b) Temperaturfördelningen översätts till en fördelning av mätnadsånghalten.
- c) Ur mätnadsånghalten och RF bedöms ånghalten i varje punkt. Detta ger ånghaltsfördelningen (ånghalten kan naturligtvis beräknas, men en grafisk uppskattning är ofta tillräcklig).

Fukttransport – riktning och mängd

Ur ånghalts- och RF-fördelningen bedöms fukttransporten i varje punkt. I de flesta fall används lämpligen en bedömning baserad på att fukttransport beskrivs med en gradient i ånghalt och en fukttransportkoefficient δ för det aktuella materialet som beskriver den totala fukttransporten. Fukttransportkoefficienten antas vara konstant, oberoende av fuktnivån, för de flesta material, men en mera nyanserad fukttransportbeskrivning kan naturligtvis också användas. I vissa specialfall kan fukttransport som kapillärsugning, styrd av RF-gradienter, och fukttransport som ångdiffusion behandlas separat.

Tillvägagångssättet för det enklaste fallet, med konstant fukttransportkoefficient, åskådliggörs i figur 2.

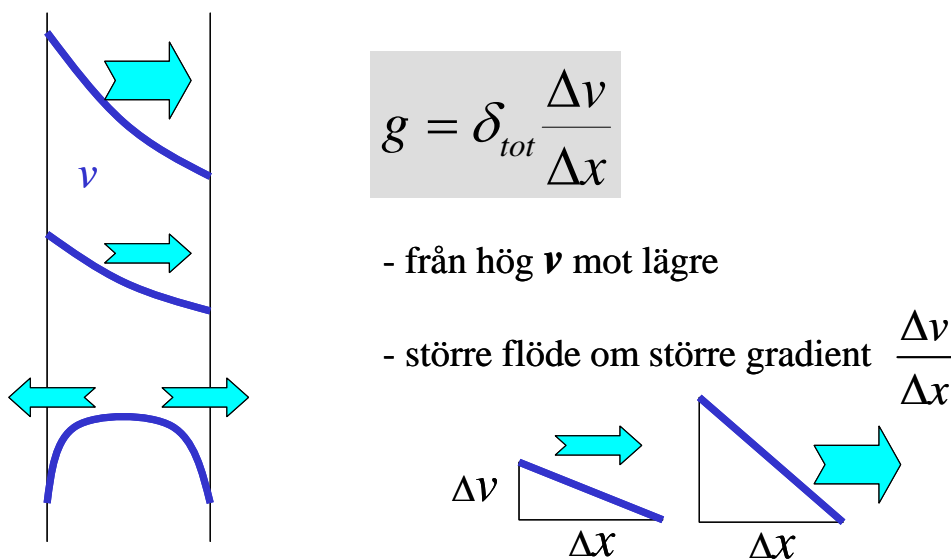


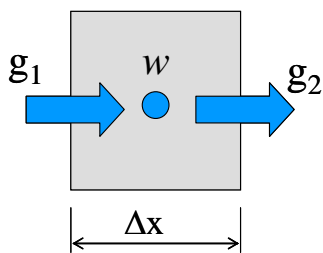
Fig. 2 Bedömning av fukttransportriktningar utifrån ånghaltsgradienten i varje punkt (till vänster) och storleken av fuktflödet utifrån gradientens storlek.

- d) I varje punkt bedöms lutningen hos ånghaltsfördelningen och ur denna bestäms fukttransportriktningen.
- e) I varje punkt bedöms sedan fuktflödets storlek i varje punkt, utifrån samma lutning och eventuellt med hänsyn till fukttransportkoefficientens storlek, om denna är fuktberoende eller det gäller olika material med olika egenskaper.

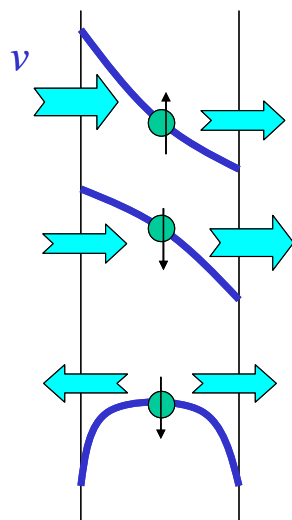
Fuktändringar – av lokala skillnader i fuktflöde

Ur ånghalts- och RF-fördelningen bedöms fukttransporten i varje punkt. Om flödet till en punkt är större än flödet från punkten, ökar naturligtvis fukthalten i den punkten. I en punkt där skillnaden i fuktflöde är större än i en annan punkt, ökar fukthalten mer i den punkten. Principerna ges i figur 3.

Olika fuktflöden till och från ett materialskikt ändrar fukthalten w i skiktet under tiden Δt med



$$\Delta w = \frac{g_1 - g_2}{\Delta x} \cdot \Delta t$$



$g_1 > g_2$: w ökar!

$g_1 < g_2$: w minskar!

$g_1 < g_2$: w minskar!

($-g_1 = g_2$!)

Fig. 3 Bedömning av fuktändring i varje punkt utifrån skillnader i fuktflöde till och från den aktuella punkten

- f) I varje punkt bedöms sedan hur fukthalten förändras, om det ökar eller minskar och i vilka punkter det ändras mest, med utgångspunkt från skillnader i fuktflöden till och från respektive punkt.

Ny ånghaltsfördelning

Fuktändringen i föregående moment ger en fukthaltsfördelning. Eftersom RF-ändringen (olinjärt) följer fukthaltsändringen, enligt sorptionskurvan kan man direkt kvalitativt uppskatta den nya RF-fördelningen utan att nödvändigtvis gå via en ny fukthaltsfördelning.

Ändring av fukthalten w ändrar RF
och därmed ändras ånghalten v

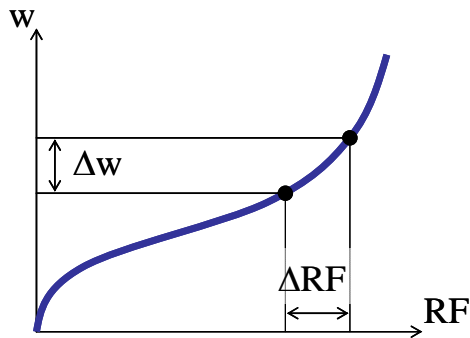


Fig. 4 Ändring av RF i respektive punkt då fukthalten ändras.

Den nya RF-fördelningen, och RF-ändringen, ger direkt en ny ånghaltsfördelning, om temperaturfördelningen inte ändrats.

- g) Ändringen i fukttinhåll i respektive punkt ger direkt, via sorptionskurvan, ändringen av RF i punkten. På så sätt kan en ny RF-fördelning ritas upp.
- h) Med den nya RF-fördelningen bedöms en ny ånghaltsfördelning, med hänsyn till temperaturfördelningen. Om temperaturfördelningen ändrats, ändras naturligtvis mätnadsånghalterna och de nya ånghalterna blir radikalt annorlunda.

Nytt tidsteg

Moment a) – h) utgör ett "tidsteg". I nästa tidsteg används eventuellt en ny temperaturändring, om denna ändrats. Temperaturändringen är normalt så snabb, jämfört med fuktändringen, att den kan antas ske mellan två "tidsteg".

- i) Med de nya fördelningarna av fukthalt, RF och ånghalt, och eventuellt en ny temperaturfördelning, görs en ny bedömning av fuktändringarna genom att börja om från det första momentet.

Instruktion

En sammanfattande instruktion för metodens olika moment blir, enligt ovan:

- a) Fukthalten w översätts till relativ fuktighet RF, i varje punkt, med hjälp av sorptionskurvan för det aktuella materialet. Detta ger en RF-fördelning.
- b) Temperaturfördelningen översätts till en fördelning av mätnadsånghalten.
- c) Ur mätnadsånghalten och RF bedöms ånghalten i varje punkt. Detta ger ånghaltsfördelningen (ånghalten kan naturligtvis beräknas, men en grafisk uppskattning är ofta tillräcklig).
- d) I varje punkt bedöms lutningen hos ånghaltsfördelningen och ur denna bestäms fukttransportriktningen.
- e) I varje punkt bedöms sedan fuktflödets storlek i varje punkt, utifrån samma lutning och eventuellt med hänsyn till fukttransportkoefficientens storlek, om denna är fuktberoende eller det gäller olika material med olika egenskaper.
- f) I varje punkt bedöms sedan hur fuktinnehållet förändras, om det ökar eller minskar och i vilka punkter det ändras mest, med utgångspunkt från skillnader i fuktflöden till och från respektive punkt.
- g) Ändringen i fuktinnehåll i respektive punkt ger direkt, via sorptionskurvan, ändringen av RF i punkten. På så sätt kan en ny RF-fördelning ritas upp.
- h) Med den nya RF-fördelningen bedöms en ny ånghaltsfördelning, med hänsyn till temperaturfördelningen. Om temperaturfördelningen ändrats, ändras naturligtvis mätnadsånghalterna och de nya ånghalterna blir radikalt annorlunda.
- i) Med de nya fördelningarna av fukthalt, RF och ånghalt, och eventuellt en ny temperaturfördelning, görs en ny bedömning av fuktändringarna genom att börja om från det första momentet.
- j) Börja om från moment a)!

Exempel 1-3

De tre första exemplena åskådliggörs i figur 5. De kan se väldigt enkla ut, men exempel 2, och särskilt exempel 3, är i själva verket inte uppenbara på något sätt. Det fordras helt enkelt en metod för att angripa denna typ av problem.

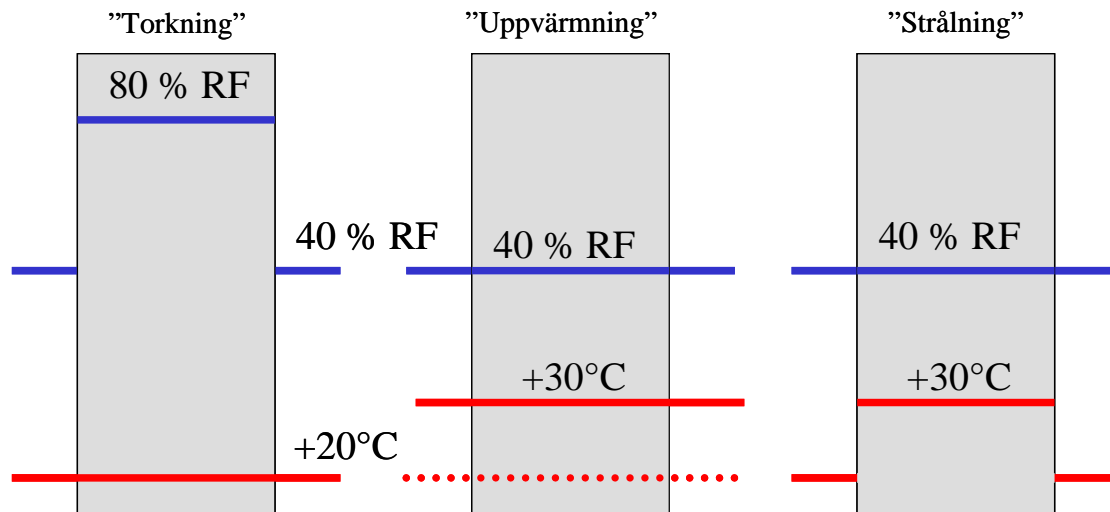


Fig. 5 Startvillkor i exempel 1-3.

Exempel 1

En konstruktion har ett fuktillstånd med en konstant fukthalt som motsvarar en RF av 80 % genom hela tvärsnittet. Temperaturen är $+20^{\circ}\text{C}$ genom hela konstruktionen och i luften på ömse sidor av den. Uttorkningsklimatet är konstant $+20^{\circ}\text{C}$ och 40 % RF på båda sidor.

Visa hur RF- och ånghaltsfördelningarna ändras med tiden!

Exempel 2

Konstruktionen i exempel 1 torkar till slut till jämvikt med 40 % RF. Därefter höjs temperaturen i luften, och därmed relativt snabbt i materialet, till $+30^{\circ}\text{C}$.

Visa hur RF- och ånghaltsfördelningarna ändras med tiden efter temperaturhöjningen!

Exempel 3

Konstruktionen i exempel 1, som torkat till jämvikt med 40 % RF, torkas vidare med hjälp av strålningsvärme som höjer temperaturen i materialet till $+30^{\circ}\text{C}$. Utrymmena på ömse sidor av konstruktionen är välventilerade så att lufttemperaturen är $+20^{\circ}\text{C}$.

Visa hur RF- och ånghaltsfördelningarna ändras med tiden efter temperaturhöjningen av materialet (men inte av luften)!

Exempel 1 - lösning

Nedan visas i detalj hur exempel 1 löses. Lösningen är ju självklar och välkänd och just därför användes exemplet för att demonstrera metoden i detalj. De första stegen visas i figur 6, steg 1.

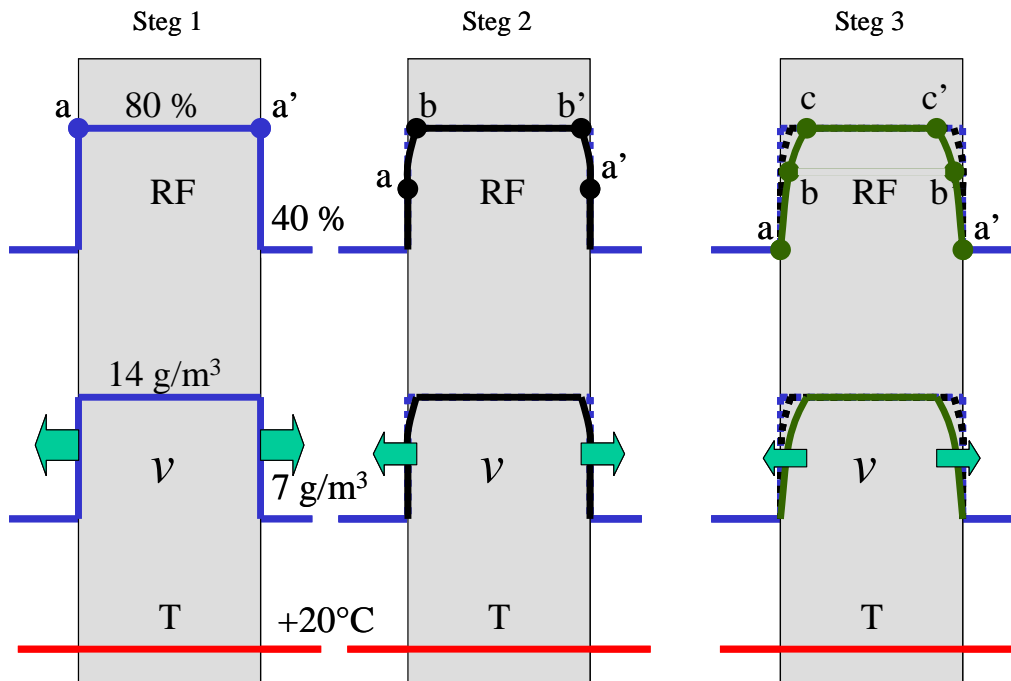


Fig. 6 Ändring av RF och ånghalt i exempel 1 under de tre första tidstegen.

Steg 1

Vid temperaturen $+20^{\circ}\text{C}$ är mättnadsånghalten 17.3 g/m^3 . Detta ger ånghalterna 7 respektive 14 g/m^3 vid 40 respektive 80% RF. Startfördelningen av ånghalt blir därför enligt figur 6.

Enligt ånghaltsfördelningen finns det inga ånghaltsgradienter, och därmed ingen fukttransport, annat än i de två punkterna a och a'. I de punkterna är, å andra sidan, gradienterna extremt (=oändligt) stora! Detta markeras av de två stora pilarna i figuren.

Från dessa båda punkter är fuktflödet mycket stort. Till dessa båda punkter sker ingen fukttransport alls, eftersom ånghaltsgradienten är noll inne i materialet. Skillnaden i fuktflöde är alltså mycket stor. Fukt(halts)ändringen blir därför stor i dessa båda punkter. Fuktändringen medför att också RF-ändringen blir stor i dessa punkter.

Steg 2

Den stora fuktändringen (och därmed RF-ändringen) på materialytan från steg 1 markeras i figurens steg 2, som en startpunkt för steg 2, genom att punkterna a och a' på materialytan har flyttats mot lägre RF, ca 60% RF efter steg 1. Punkterna b och b' på materialytan har flyttats mot lägre RF, ca 60% RF efter steg 1. Punkterna c och c' på materialytan har flyttats mot lägre RF, ca 60% RF efter steg 1.

b' inne i materialen har fortfarande inte fått någon fuktändring och RF ligger här kvar på ursprungligt värde. Den nya RF-fördelningen ger nu en nu ånghaltsfördelning.

Ånghaltsgradienterna på materialytan är fortfarande mycket stora, men nu finns också stora ånghaltsgradients mellan punkterna a & b respektive a' & b'. Fuktlödet är alltså fortfarande mycket stort från materialytorna. Fuktlödet är nu också stort mellan punkterna a & b respektive a' & b'. Detta markeras med pilar som nu startar på ett djup som motsvarar punkterna b och b' (det borde egentligen vara olika stora pilar mellan punkterna a och b respektive från materialytan).

Fuktlödena är olika stora till och från punkterna a och a'. Eftersom fuktlödena från dessa punkter är större än till dem, minskar fuktinnehållet (och därmed RF) i dessa punkter. Detta markeras i figur 6, steg 3, med att punkterna a och a' nu är i det närmaste i jämvikt med omgivningens RF (Fortsatt fuktlöde från materialytan kräver en liten skillnad så att det finns någon liten drivkraft för fukttransport mellan materialytan och luften. Den behöver inte vara stor eftersom motståndet hos luften är så litet).

Fuktlödena är också olika stora till och från punkterna b och b'. Flödet från dessa punkter sker ut mot materialytan. Fuktlödet till dessa båda punkter är noll, eftersom ånghaltsgradienten mellan punkterna b och b' är noll. Fuktinnehållet i punkterna b och b' minskar nu på grund av skillnaderna i fuktlöden från och till punkterna. Detta markeras i figur 6, steg 3, med att punkterna b och b' har flyttats något neråt, mot lägre RF.

Steg 3

I steg 3 ger den nya RF-fördelningen en ny ånghaltsfördelning. I denna finns det nu ånghaltsgradients ända in till punkterna c och c', dvs. fukttransport sker ända härifrån. Med jämförelse mellan gradienterna, dvs. fuktlödenas storlek, på ömse sidor av respektive punkt inses nu på samma sätt som ovan att fuktinnehållet (och därmed RF) fortsätter att minska i punkterna b och b' och att det nu också börjar minska i punkterna c och c'.

Steg 4 - 7

Fuktändringarna fortsätter på samma sätt, så att RF är kvar på ursprungligt värde bara i mitten av konstruktionen. Detta kan ses mellan steg 4 och steg 5 i figur 7. Då sker fortfarande fuktlöde åt båda håll från denna punkt, så att fuktinnehållet (och därmed RF) börjar sjunka även i denna punkt. I denna punkt (e) kommer alla fördelningar i fortsättningen att ha nollgradient och därmed inget fuktlöde, men i punkter alldeles intill kommer det att vara ett fuktlöde utåt båda håll.

Detta kommer att fortsätta tills det inte längre blir någon fuktändring alls, dvs. att fuktlödet är lika överallt. Detta innebär naturligtvis i det aktuella fallet att fuktlödet är noll överallt, vilket inträffar då ånghalten är konstant, dvs. då konstruktionen torkat till jämvikt med omgivningens ånghalt och RF (=steg 7).

Fördelningarna under steg 4-7 visas i figur 7.

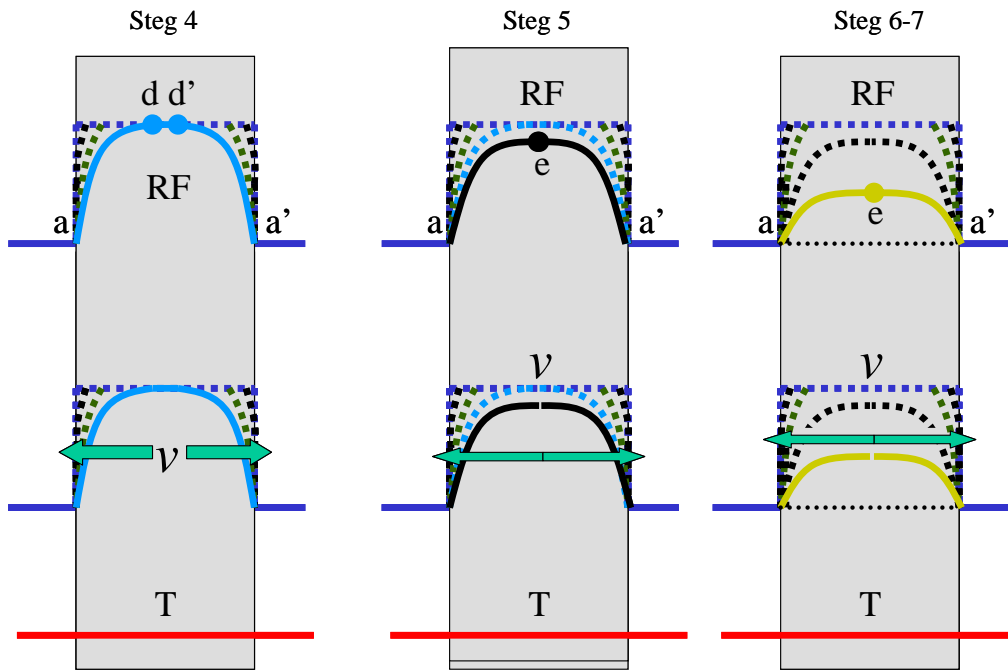


Fig. 7 Ändring av RF och ånghalt i exempel 1 under de fyra "sista" tidstegen.

Lösningen skall jämföras med den analytiska lösningen i figur 8. Den grafiska lösningen med hjälp av "Metoden" ger naturligtvis lite egendomliga "brytpunkter" här och var som inte är helt riktiga, beroende på hur noggrant lösningen bestäms.

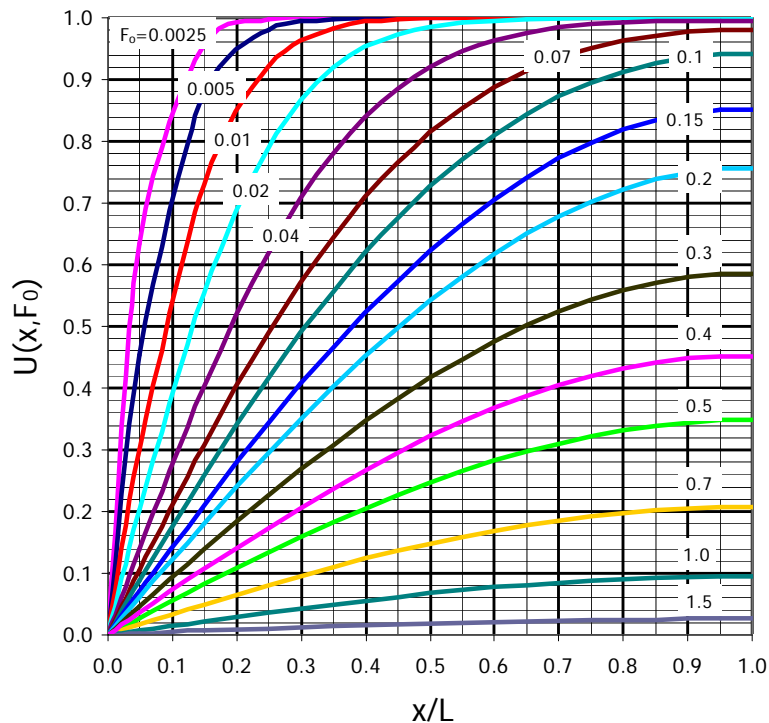
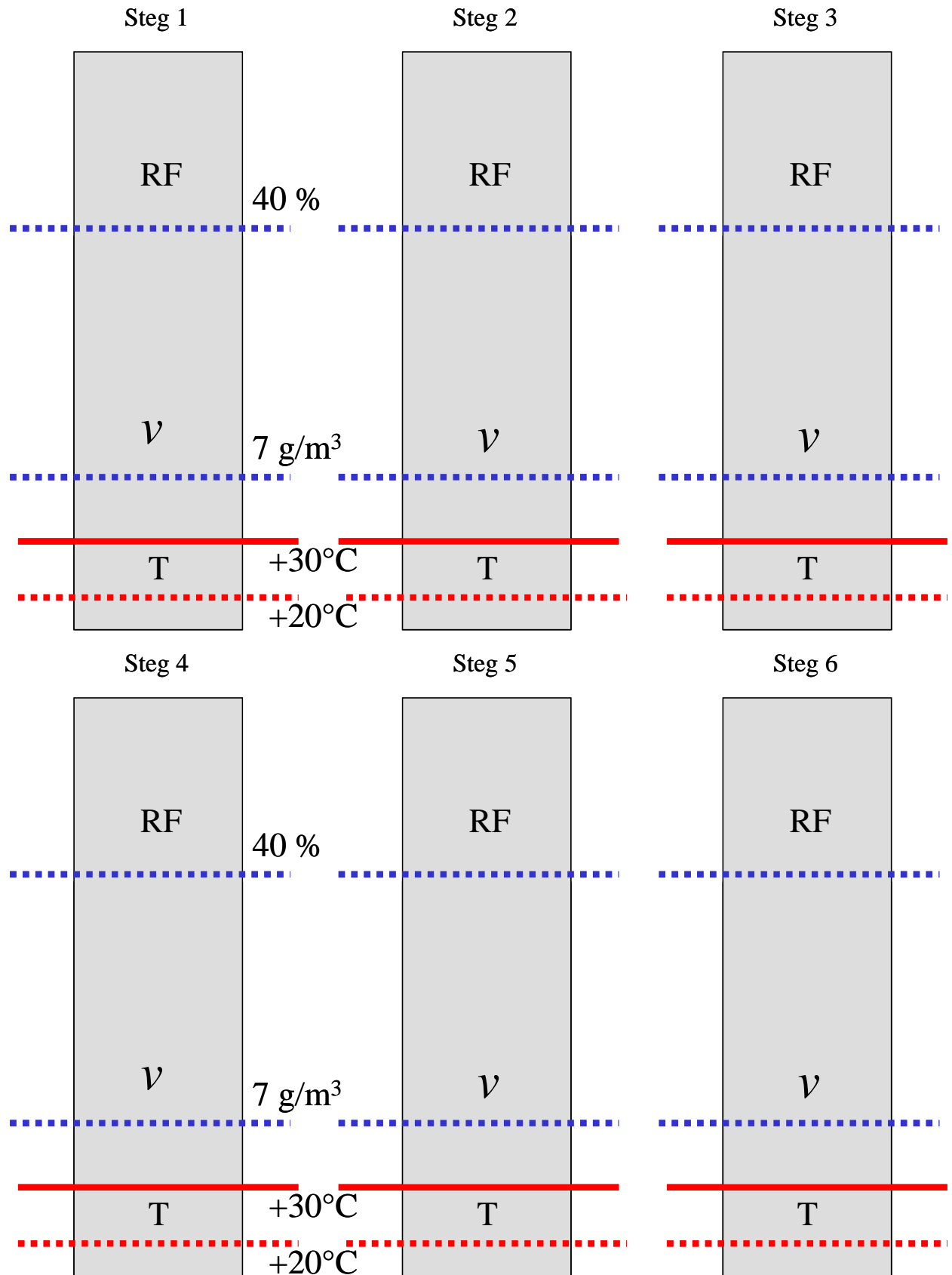


Fig. 8 Den analytiska lösningen till exempel 1, som fuktfördelningarna (w , RF och v) för den vänstra hälften av det symmetriska exemplet.

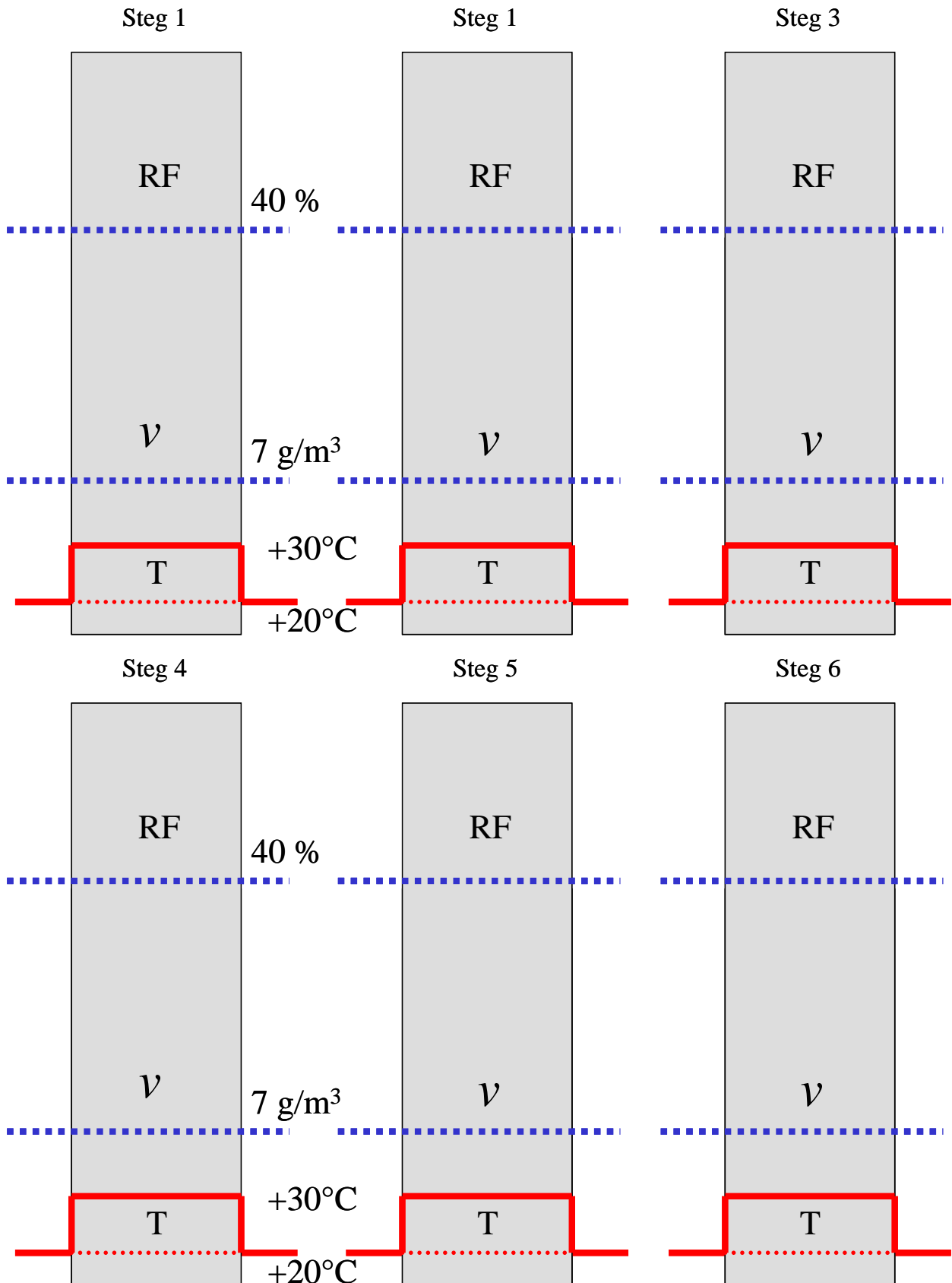
Exempel 2 - lösning

Nedan ges utrymme för att använda Metoden för att lösa exempel 2.



Exempel 3 - lösning

Nedan ges utrymme för att använda Metoden för att lösa exempel 3.



Exempel 4 - 8 – med lösningar

Till nedanstående fem övningsexempel ges lösningarna i slutet av kompendiet.

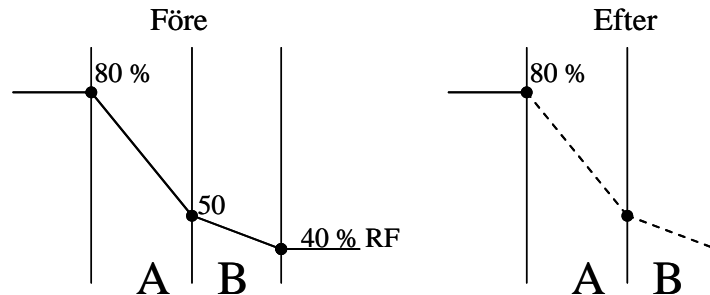
Exempel 4 - yttervägg

Ett material med utgångs-RF = 100 % sätts mellan två klimat, det ena med +20°C och 40 % RF, det andra med +5°C och 80 % RF. Antag att fukttransport beskrivs med en konstant fukttransportkoefficient med ånghalten som fukttransportpotential.

Uppgift: Rita fuktfördelningen genom materialet efter några olika tider.

Exempel 5 – kylrumsvägg A

En vägg består av två lika tjocka material A och B. Material A har mycket högre fukt-kapacitet och mycket lägre ånggenomsläpplighet än B ($\delta_B = 3 \cdot \delta_A$). Det är 80 respektive 40 % RF på väggens båda sidor. Temperaturen är konstant. Genom väggen sker därför en stationär fukttransport med en fuktfördelning enligt figur.

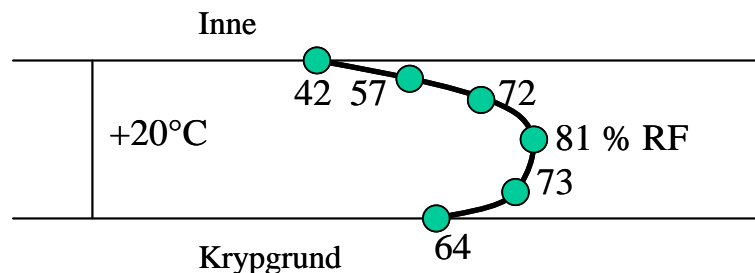


Den högra sidan av väggen beläggs med ett tätskikt som kan betraktas som helt tätt.

Uppgift: Bedöm hur fuktfördelningen genom materialen kommer att ändras med tiden sedan man applicerat tätskiktet! Visa detta genom att rita upp några RF-fördelningar.

Exempel 6 - krypgrundsbjälklag

I ett 10 år gammalt hus med inluftventilerad krypgrund har man mögelproblem i krypgrunden. Vid undersökningen mäter man bland annat fuktfördelningen i krypgrundsbjälklaget av lättbetong, med resultat enligt figur. Temperaturen över bjälklaget är i det närmaste konstant.



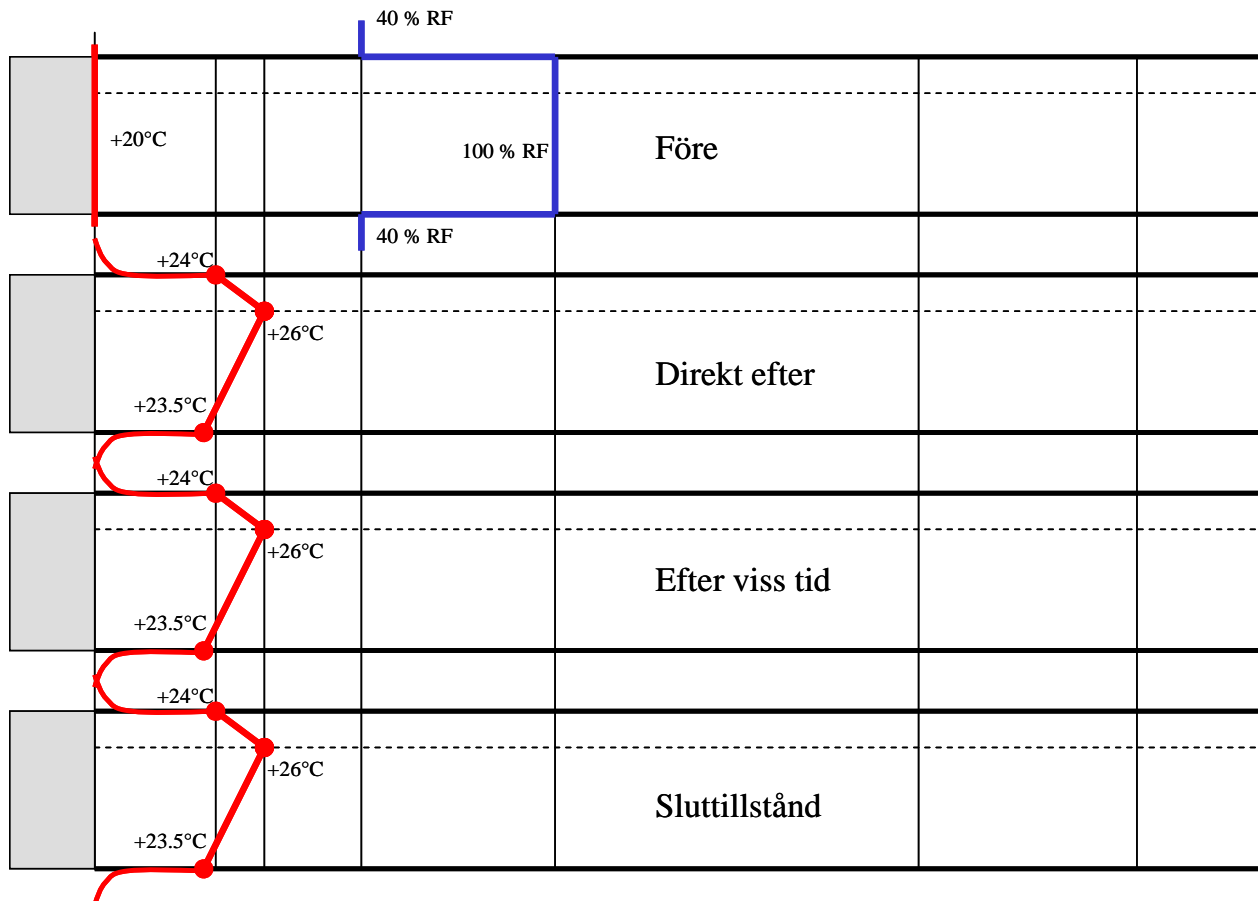
Uppgift: Analysera orsaken till den uppkomna fuktfördelningen i bjälklaget! Hur kan den ha sett ut tidigare? Motivera svaret med uppritade fuktfördelningar vid olika tidpunkter i de olika alternativen!

Exempel 7 – mellanbjälklag med golvvärme

Ett mellanbjälklag av 200 mm betong C25 har försetts med ingjutna värmeslingor. Golvvärmen utnyttjades också för uttorkning av byggfukt under byggtiden.

Betongen hade +20°C och 100 % RF då värmeslingorna kopplades in och uttorkningen påbörjades. Torkklimatet i rummen över och under bjälklaget var +20°C och 40 % RF, med hjälp av avfuktare under torkskedet. Temperaturfördelningen i bjälklaget efter torkstart ges i figurerna nedan.

Uppgift: Bedöm hur fuktfördelningen har ändrats med tiden under uttorkningen och hur den borde se ut efter fullständig uttorkning! Visa detta genom att rita upp några RF-fördelningar.

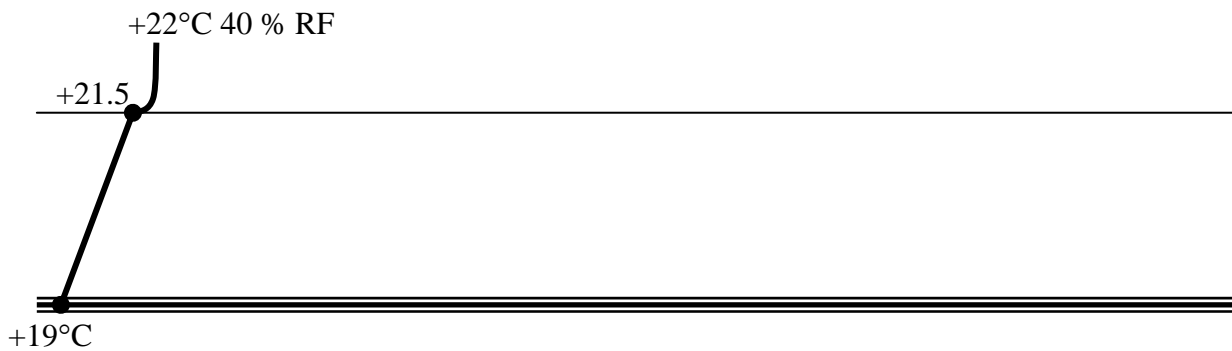


Exempel 8 – mellanbjälklag på stålform

Ett mellanbjälklag göts av 180 mm lättballastbetong på en kvarsittande stålform som är helt tät mot fukttransport. Den nygjutna betongen hade 100 % RF.

Uppvärmningssystemet ger en medeltemperaturgradient över bjälklaget med $+21.5^{\circ}\text{C}$ vid överytan och $+19.0^{\circ}\text{C}$ vid stålformen. Rumsklimatet ovanför bjälklaget är i genomsnitt $+22.0^{\circ}\text{C}$ och 40 % RF. Bjälklaget har belagts med en helt öppen textilmatta som tillåter fri uttorkning uppåt.

Uppgift: Rita fuktfördelningen genom bjälklaget efter några olika uttorkningstider och då bjälklaget är helt uttorkat.

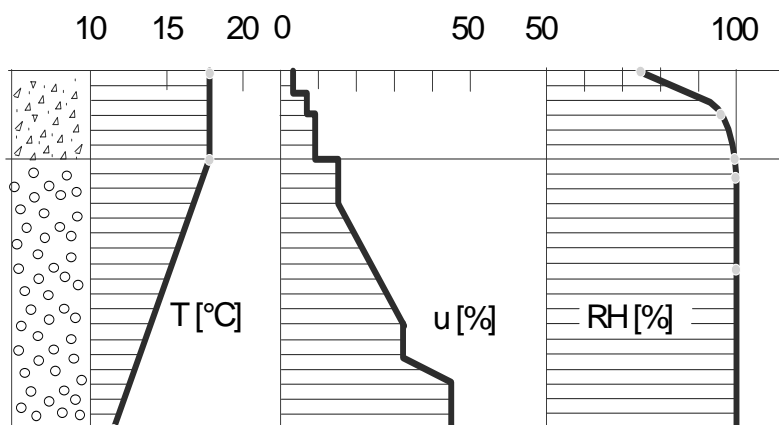


Exempel 9 - 19 – utan lösningar

Till nedanstående elva övningsexempel ges inga lösningar.

Exempel 9 – platta på mark med lättklinkerisolering A

I en betongplatta på mark med underliggande värmeisolering av ytstabiliserad lättklinker uppmäts följande fördelningar av temperatur, fuktkvot och RF. Golvbeläggningen är en genomsläpplig textilmatta.



Uppgift: Besvara frågan: Vad är det som gör att RF är så hög i undersidan av betongplattan?

Exempel 10 – platta på mark med lättklinkerisolering B

Det är fuktigt under en golvbeläggning på ett betonggolv på mark med underliggande värmeisolering av lättklinker. Du skall fastställa orsaken genom mätningar.

Ge exempel på vilket resultat av fukt- och temperaturfördelningsmätningar du måste få för att visa att orsaken till de höga fukttillstånden under mattan är

- byggfukt eller
- dålig dräneringsfunktion eller
- dåligt kapillärbrytande lättklinkerlager eller
- läckage från läckande, ingjutna varmvattenrör eller
- dålig fuktbalans i huset (ventilation/fuktproduktion) eller
- värmeförlust från kulvert under golvkonstruktionen

Ange vilka andra villkor som måste vara uppfyllda för att respektive orsak skall vara den riktiga.

Rita för var och en av a) - f) en principiell fukt- och temperaturfördelning genom golvkonstruktionen.

Exempel 11 – platta på mark med olika isoleringar

Samma frågeställningar som i exempel 10, men med underliggande värmeisolering av

- a) mineralull
- b) cellplast.

Exempel 12 - lättbetongyttervägg

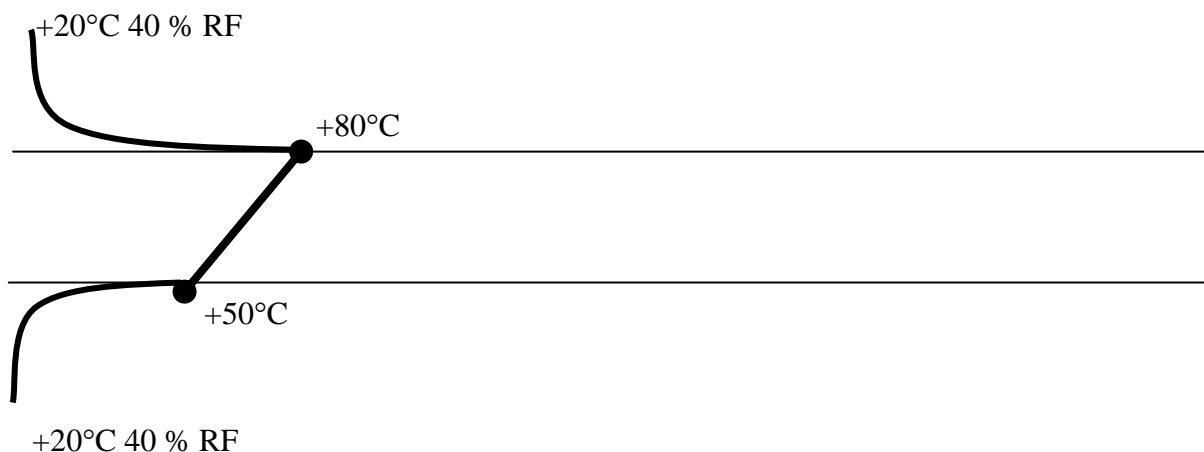
Du skall torka en blöt lättbetongyttervägg på 4:e våningen. Du torkar genom att värma och avfukta inneluften till $+30^{\circ}\text{C}$ och 15 % RF. Väggen är 300 mm tjock och har en RF på 100 % genom hela väggens tjocklek. Uteluften håller $+10^{\circ}\text{C}$ 90 % RF. Antag rätlinjig temperaturfördelning och försumma övergångsmotstånden vid ytorna.

Uppgift: Förklara vad som händer med fukten i väggen om man torkar på detta sätt. Rita upp RF- och ånghaltsprofilerna genom väggen vid torkningens början och efter några torktider och de hypotetiska fördelningarna om man skulle torka till stationärt tillstånd!

Exempel 13 – mikrovågstorkat vattenskadat bjälklag

Ett vattenskadat bjälklag värms uppifrån med mikrovågsteknik för att få en snabb uttorkning. Rummen över och under det vattenskadade bjälklaget ventileras väl så att luftens temperatur och ånghalt hålls konstanta. Temperaturfördelningen under torkningen ges av figuren. RF är 100 % i den vattenskadade delen innan torkningen börjar.

(Mättnadsånghalten vid $+50^{\circ}\text{C}$ och $+80^{\circ}\text{C}$ är 83 respektive 293 g/m^3).



Uppgift: Förklara vad som händer med fukten i bjälklaget om man torkar på detta sätt. Rita upp RF- och ånghaltsprofilerna genom bjälklaget (och vid ytorna) vid torkningens början och när bjälklaget torkats ut!

Exempel 14 – översvämmat mellanbjälklag

Ett 0.2 m tjockt mellanbjälklag av betong på andra våningen har översvämmats av läckage från ett rör i väggen. Efter två månaders torkning med en avfuktare på bjälklaget mäter man fukt- och temperaturfördelning genom bjälklaget, med resultat enligt figur.

	24.2°C	25 % RF (torkklimat)
	23.6°C	83 % RF
	23.0°C	84 % RF
	22.4°C	78 % RF
	21.8°C	52 % RF

Uppgift: Besvara frågan: Vad visar mätvärdena? Motivera!

Exempel 15 – parkettgolv på golvvärme

Ett olackerat parkettgolv har RF = 60 % jämnt fördelat. Det läggs på en polyetenfolie på ett golvvärmsystem. Parkettens undersida får temperaturen +30°C och dess översida får +24°C. Rumsluften håller +20°C och 40 % RF.

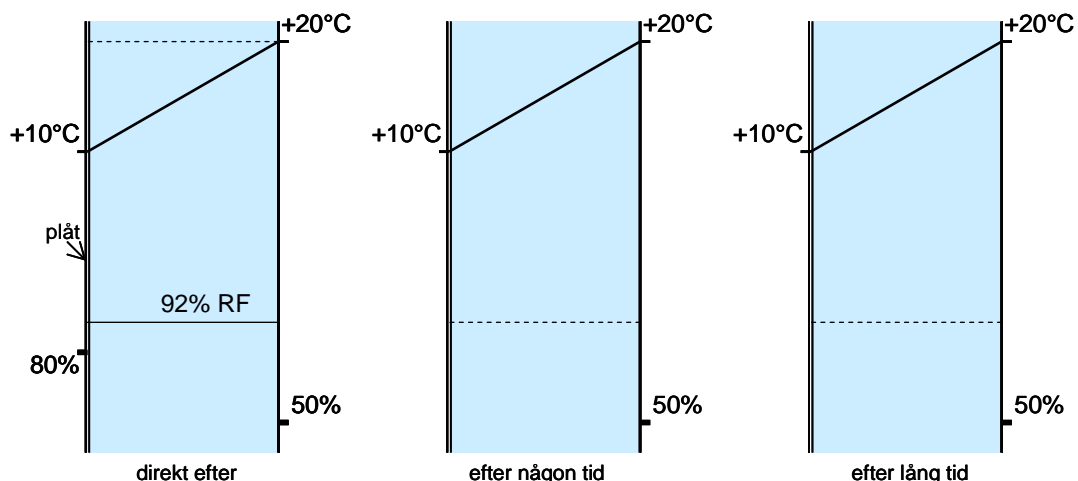
Uppgift: Förklara vad som händer med fukten i parkettgolvet! Rita upp RF- och ånghaltsprofilen genom parkettgolvet direkt efter det att temperaturprofilen ställt in sig samt ånghalts- och RF-profilerna efter några tider!

Mättnadsånghalterna vid +24, +27 och +30°C är 21.8, 25.8 respektive 30.4 g/m³.

Exempel 16 – kylrumsvägg B

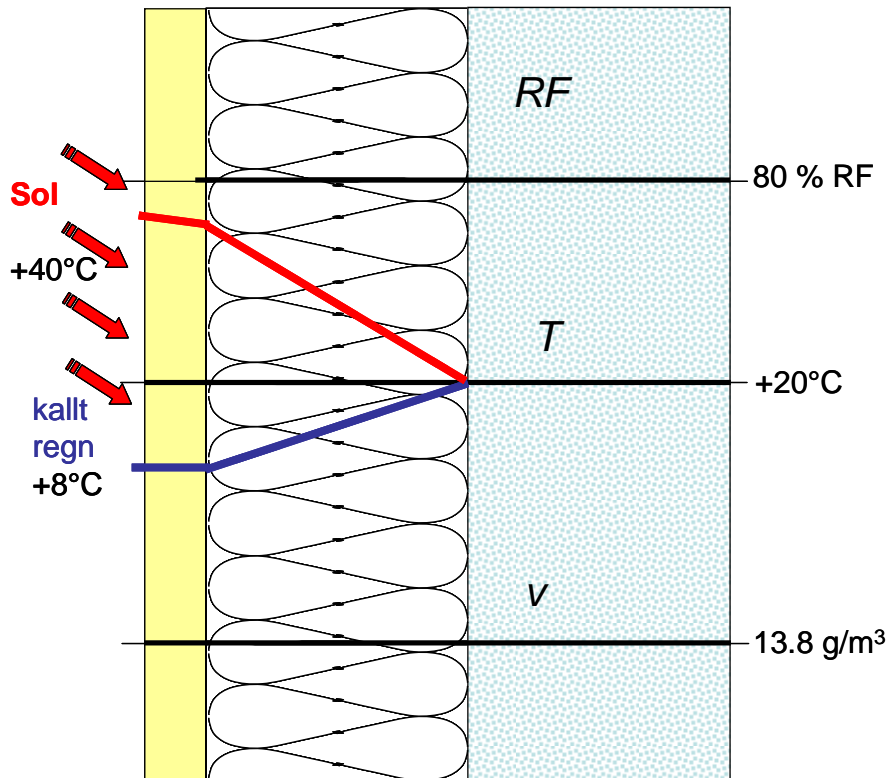
Väggen till ett kylrum består av lättbetong klätt med plåt på sidan mot kylrummet. Lättbetongen har från början en konstant, jämnt fördelad fuktkvot på 30 vikt-%, motsvarande RF = 92%. Temperaturen är +20°C på båda sidor om väggen. När man startar upp kylrummet sänks temperaturen på sidan mot kylrummet till +10°C. I kylrummet är det då 8+ % RF och på andra sidan 50 % RF.

Uppgift: Rita hur ånghalts- och RF-fördelningen genom lättbetongväggen ser ut vid olika tidpunkter efter temperaturändringen! Använd "Metoden"!



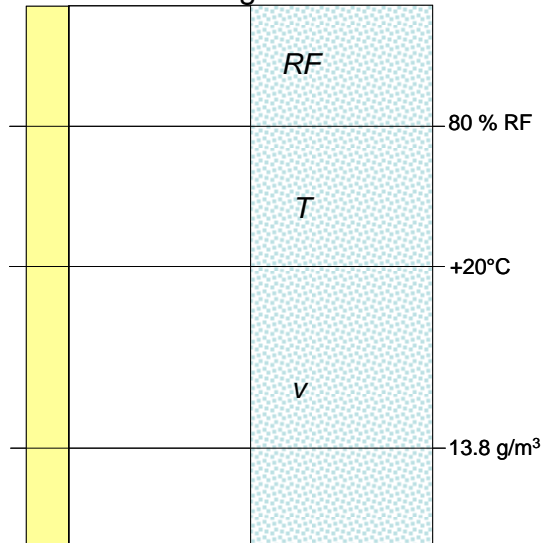
Exempel 17 – lättbetongfasad med puts på isolering

En lättbetongfasad har försetts med en ny fasadbeklädnad av fribärande puts på mineralullsisolering. En sommarmorgon är RF i puts, i mineralull och underlag 80 %. Ett slagregn under en timme mättar putsen med vatten och kyler ner den till +8°C. Därefter lyser solen under sex timmar så att medeltemperaturen i putsen blir +40°C, enligt figuren. Efter regnet är RF 80 % i luften igen.

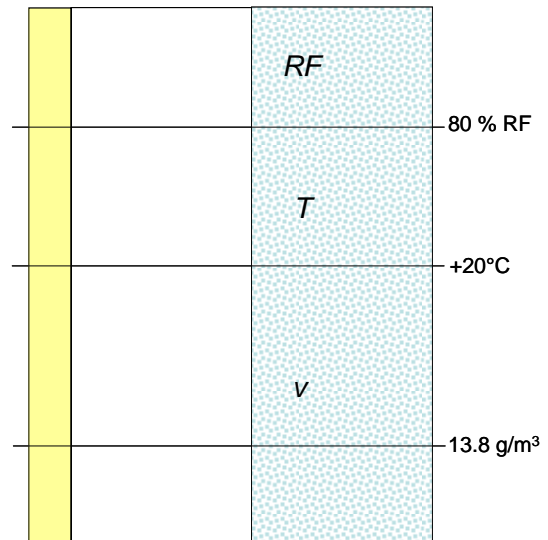


Uppgift: Beskriv hur fuktförhållandena förändras med tiden under regnet, solbelysningen och efterföljande dygn genom att rita upp ungefärliga ånghalts- och RF-fördelningar i konstruktionen vid väl valda tidpunkter och markera fukttransportriktningarna med pilar.

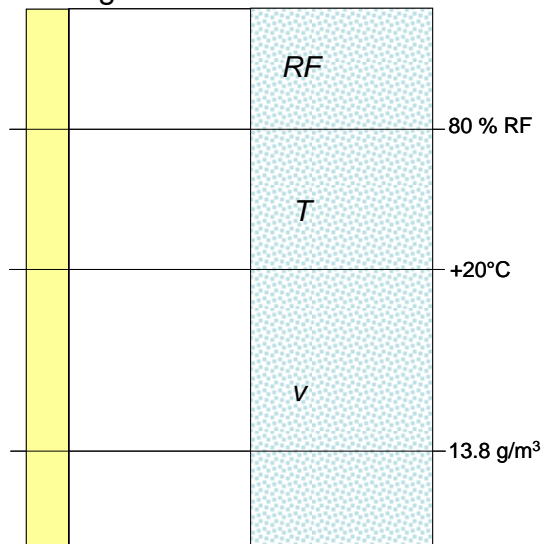
1. Direkt efter regn



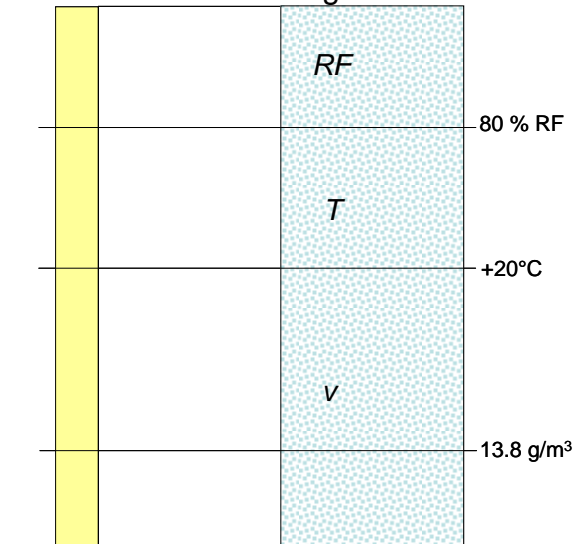
2. Kort efter sol



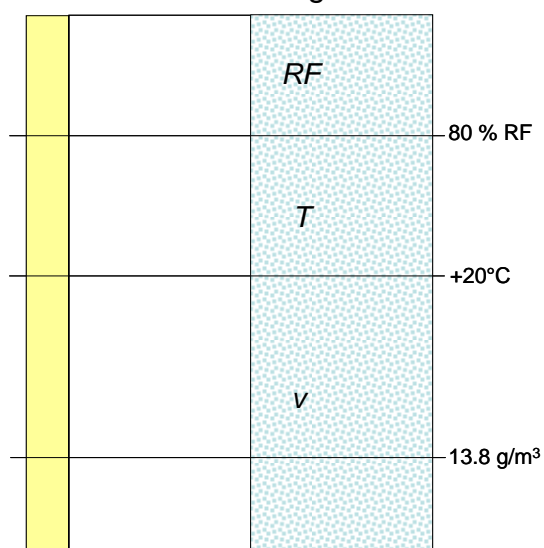
3. Längre efter sol



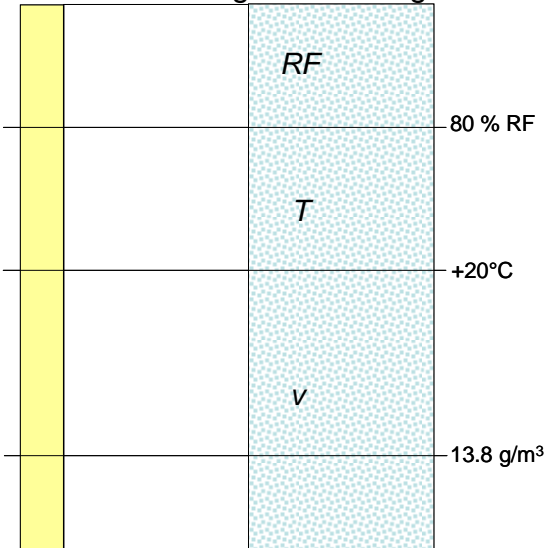
4. Efter avsvälning



5. Efter viss uttorkning



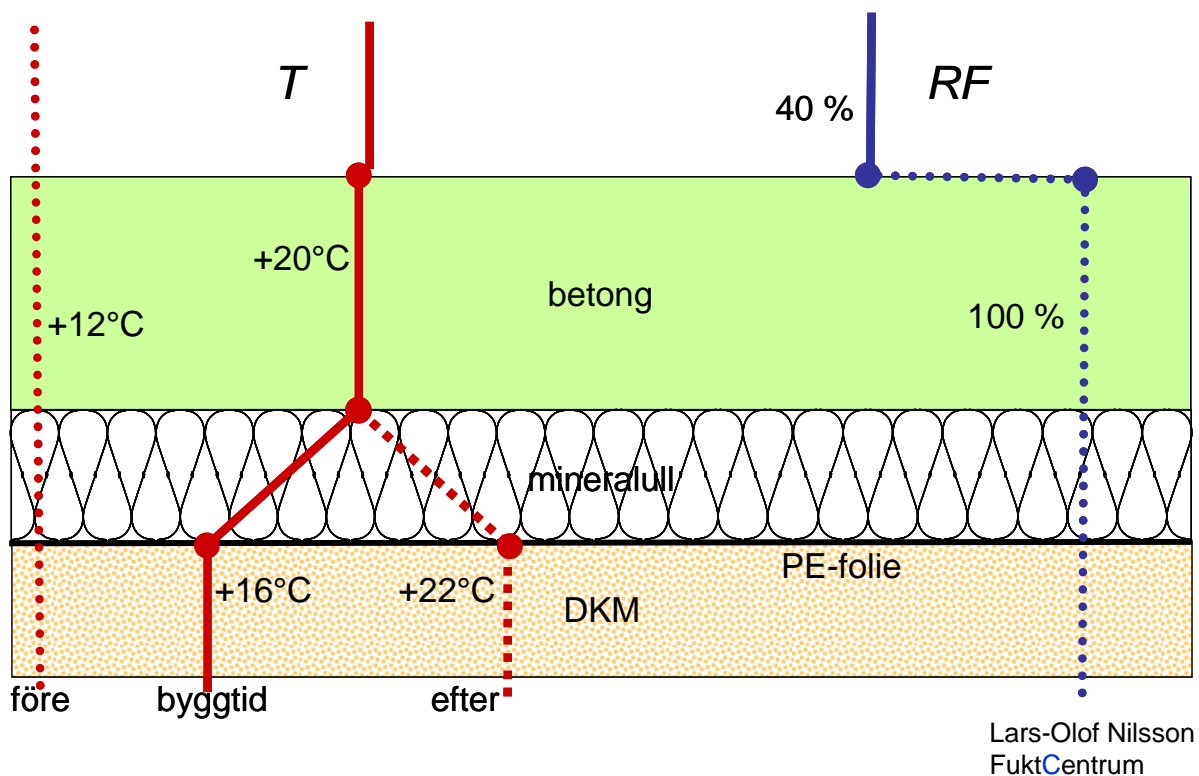
6. Efter längre uttorkning



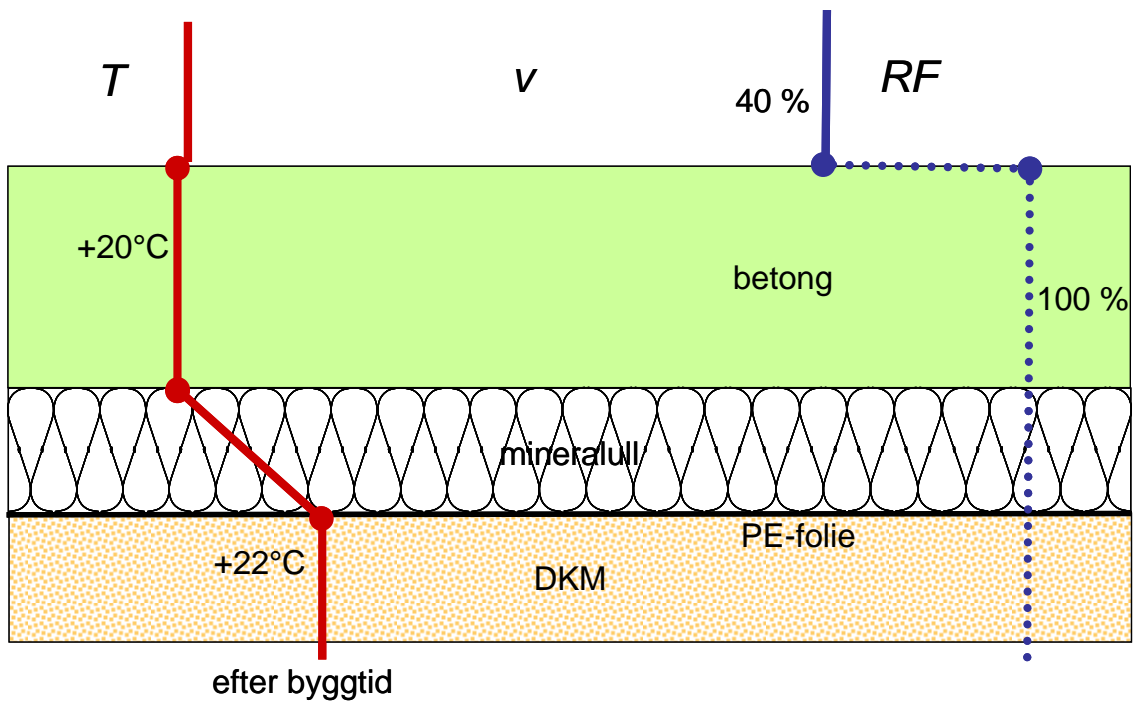
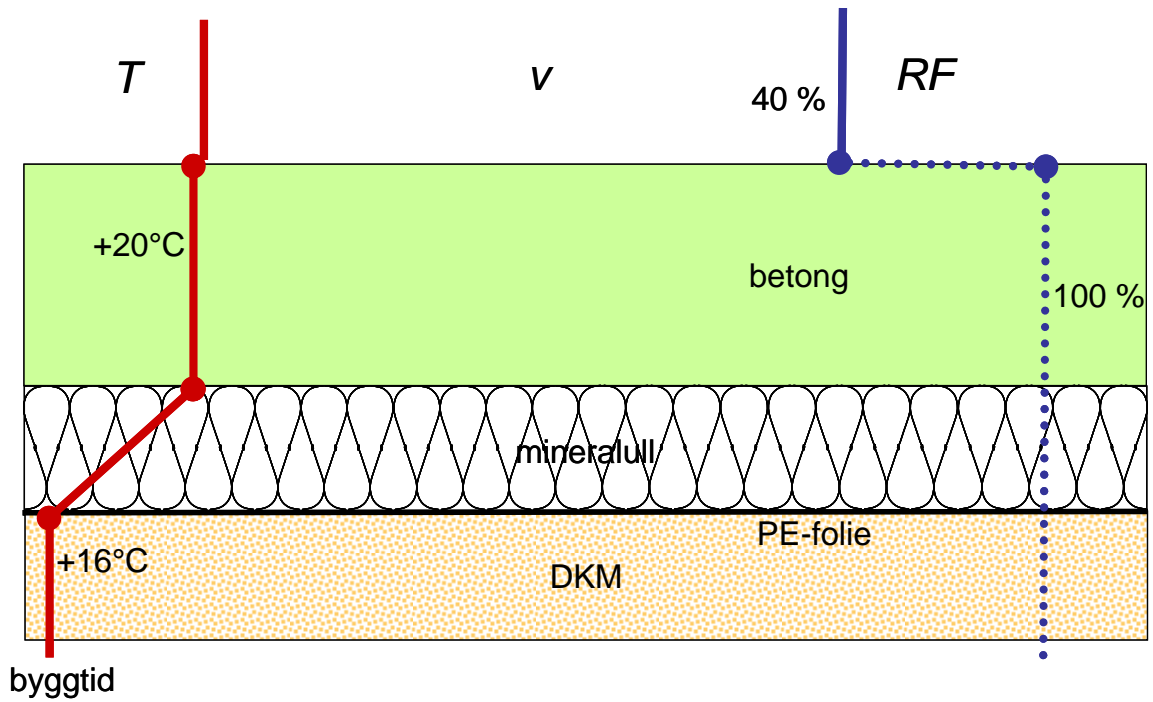
Exempel 18 – platta på mark ovanpå värmekulvert

En byggnad med betongplatta på mark med underliggande värmeisolering skall värmas med fjärrvärme genom en värmekulvert under byggnaden. För att hindra att markfukt i ångfas tränger upp i konstruktionen, eftersom det kommer att bli varmare i marken än inomhus, har konstruktionen försetts med en fuktspärr i form av en PE-folie under mineralullsisoleringen.

- Byggnaden värms med elvärmare inne i byggnaden under byggtiden. Det är då 4°C kallare i marken än inne.
- Efter en viss uttorkning appliceras en tät PVC-matta på betongplattan.
- Värmesystemet (värmekulverten) kopplas in därefter. Temperaturen blir då 4°C högre i marken än inne.



Uppgift: Beskriv hur konstruktionen fungerar ur fuktsynpunkt genom att rita ungefärliga ånghalts- och RF-fördelningar vid olika tidpunkter.



Exempel 19 – bjälklag på mark i servicehus

Ett stort, 100 mm tjockt, betonggolv på mark är gjutet på ett 0.8 m tjockt lager av lättklinkerisolering. Golvet är sedan lång tid belagt med en tät PVC-matta och tydlig lukt känns i lokalen från de emissioner som kommer från alkalisk hydrolys av mattlimmet. En utredningsman har mätt 94 % RF på flera djup i betongplattan. För att fastställa orsaken till att golvet är fuktigt, av kapillärt uppsuget vatten eller av markfukt i ångfas, funderar han också på att mäta

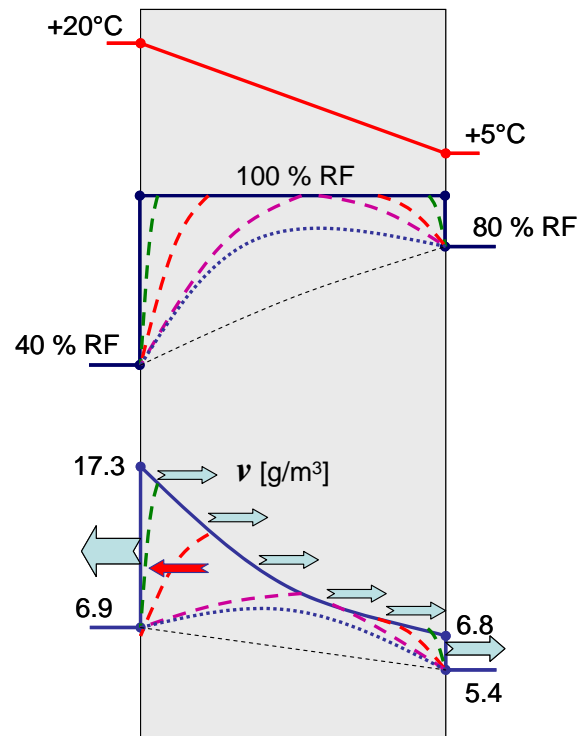
- Grundvattenytans nivå i lättklinkerlagret
- Kapillära stighöjden hos lättklinkermaterialet
- Fuktkvotsfördelningen i lättklinkerlagret
- Temperaturfördelningen i golvkonstruktionen

Uppgift: Bedöm om han behöver mäta någon/några av dessa storheter för att avgöra om skadeorsaken är kapillär uppsugning eller diffusion av markfukt i ångfas! Ange vilka i så fall! Förklara varför och ange två exempel på resultat som visar att det är markfukt i ångfas respektive kapillär uppsugning!

Lösningar till exempel 4 - 8

Exempel 4 - yttervägg

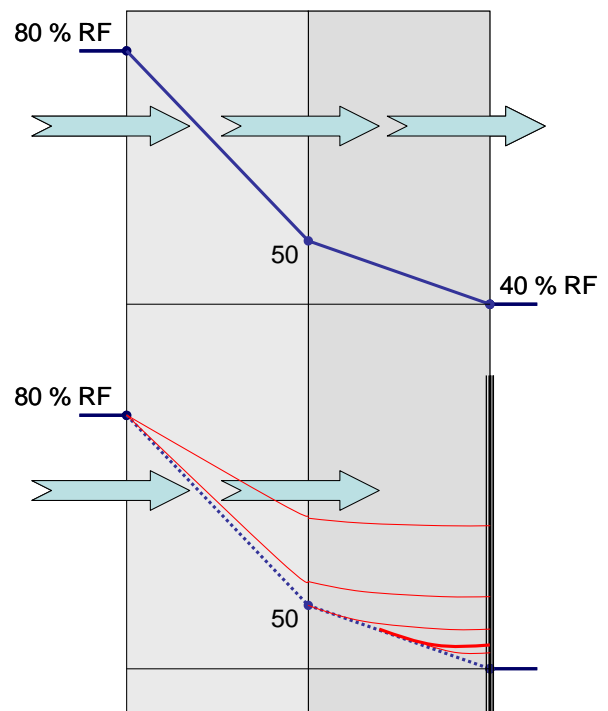
RF = 100 % och given temperaturfördelning ger ursprunglig ånghaltsfördelning (något krökt eftersom mätnadsånghalten ökar exponentiellt med temperaturen). Ånghaltsgradienterna ger störst fuktflöde från invändig yta, stort från utvärdig yta och ett mindre utåt, på alla djup. Fukthaltsändringen blir störst vid invändig yta eftersom skillnaden i fuktflöde är störst där. Utvärdig yta får också en fukthaltssänkning, men mindre. Inne i materialet ökar fukthalten något lite på alla djup, men RF är redan 100 % och kan inte bli högre. Fuktflödet inne i materialet byter successivt riktning på allt större djup. Slutlig ånghaltsfördelning är linjär. Slutlig RF-fördelning är något krökt.



Exempel 5 – kylrumsvägg A

Då tätskiktet applicerats sker inte längre någon fukttransport ut genom den högra ytan. Ånghaltsgradienten, och därmed RF-gradienten, måste därför vara noll i fortsättningen intill ytskiktet.

RF ökar successivt i material B på så sätt att RF-gradienten är noll intill ytskiktet. När RF börjar öka i gränsytan mellan de båda materialen måste fortsatt RF-ökning ske så att ånghaltsgradienten, och därmed RF-gradienten är tre gånger så stor i material A som i material B, eftersom fukttransportkoefficienten är tre gånger mindre; fuktflödet är ju detsamma i de båda materialen alldeles vid gränsytan.

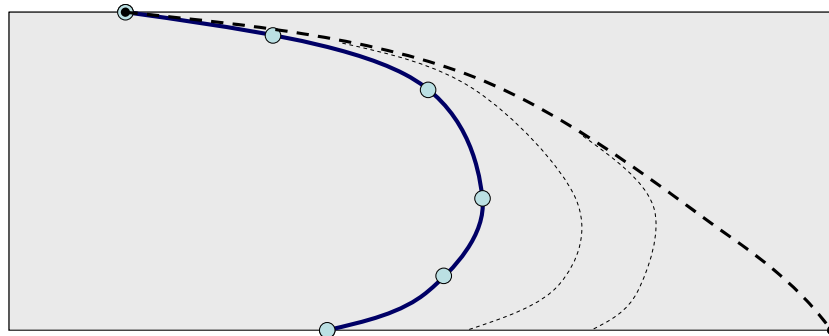
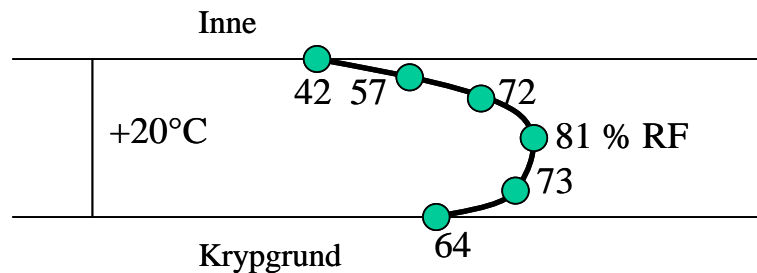


Exempel 6 - krypgrundsbjälklag

Fuktfördelningen visar tydligt att det just nu sker fukttransport både uppåt och neråt. Är huset 10 år gammalt har byggfukten torkat ut. Att det ändå sker fukttransport ut ur bjälklaget både uppåt och neråt måste därför innebära att randvillkoren har ändrats nyligen; det har varit fuktigare åtminstone i krypgrunden. Att det nu är 64 % RF på undersidan visar att det f n inte är sådana betingelser som krävs för mögelpåväxt. Det är inte lika rimligt att det varit särskilt mycket fuktigare inomhus.

En fuktfördelning tidigare som skulle kunna ge den nu aktuella efter att det blivit (tillfälligt?) torrare i grunden, måste ha haft fukttransport uppåt från grunden och ha RF högre än 81 % i mitten och högre än 72 % på det tredje mätdjupet, eftersom det måste ha skett en fukthaltsminskning i dessa båda punkter då grunden blivit torrare och fukttransport börjat ske neråt.

En sådan tidigare fuktfördelning visas i nedanstående figur, tillsammans med fuktändringarna därefter fram till mättillfället.

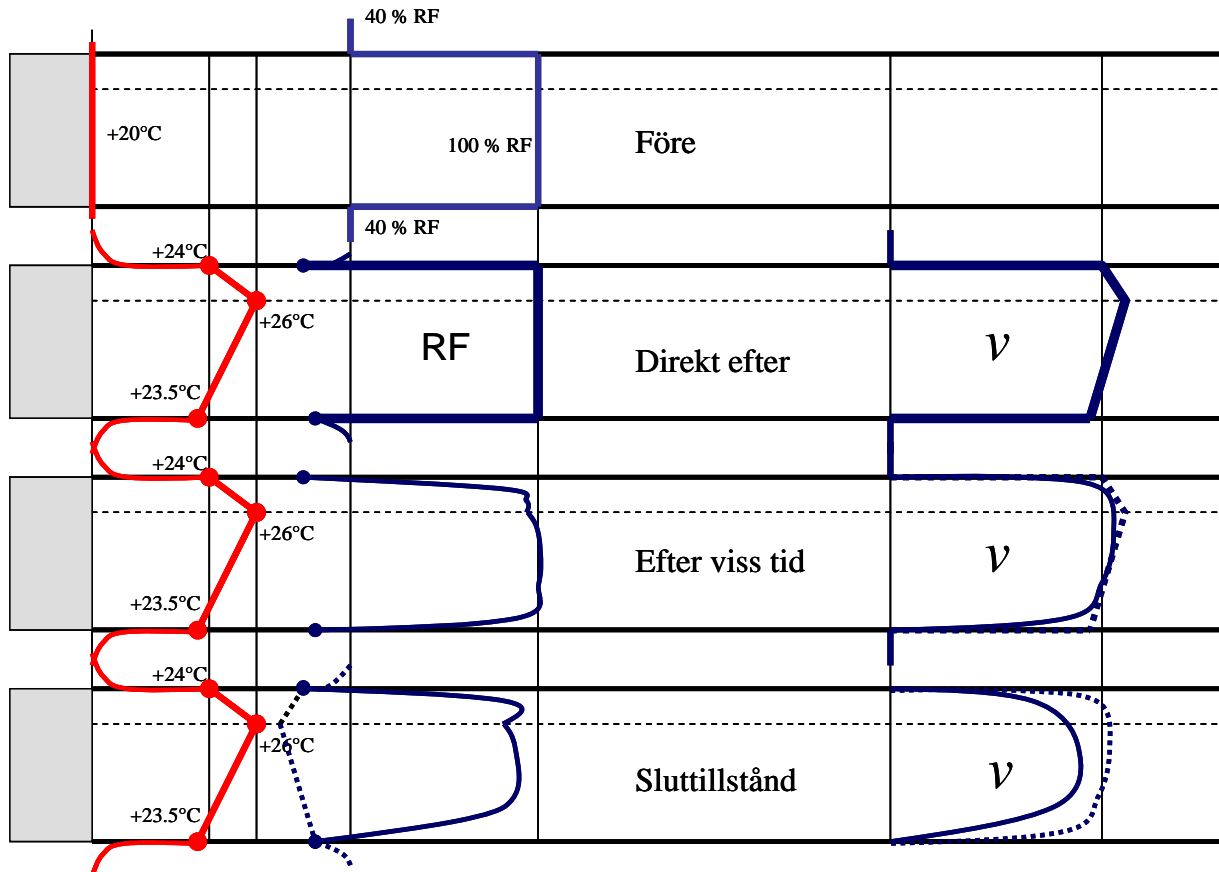


Hur fuktigt det varit tidigare i grunden är svårt att avgöra exakt. Med kännedom om materialets fukttransportegenskaper skulle en stationär fuktfördelning kunna beräknas som har RF högre än 72 och 81 % på de två mätdjupen.

Exempel 7 – mellanbjälklag med golvvärme

Fuktflödet inuti bjälklaget sker till att börja med från området alldeles intill värmeröret, både uppåt och nedåt. Det ger en snabb fukthaltsänkning där och därmed en RF-sänkning. Detta sker inte i området däromkring, till att börja med. Den högre temperaturen vid golvvärmeröret medför alltså att RF där blir lägre än i betongen runtomkring.

RF på materialytorna blir lägre än i luften, på grund av den högre temperaturen, något lägre på översidan jämfört med undersidan.



Exempel 8 – mellanbjälklag på stålform

Ånghalten är 7.7 g/m^3 ända fram till materialytan, men RF är något högre på materialytan än i luften, eftersom den är något kallare. Till att börja med sker all fukttransport i materialet nedåt, utom på själva överytan. Successivt vänder fukttransporten uppåt från allt större djup. Ånghaltsgradienten är noll i botten när fukttransporten vänt där, men RF-gradienten är inte noll, eftersom det finns en temperaturgradient.

