Randvillkor nedåt vid Platta på mark

1 Bakgrund

Fuktomfördelning efter applicering av en relativt tät golvbeläggning pågår under lång tid, ofta flera år, innan maximal fuktbelastning på golvbeläggningens undersida nås. Under denna tid torkas en del fukt ut ur betongen och avjämningen, uppåt genom golvbeläggningen och nedåt genom den underliggande konstruktionen. Ett sådant fall är konstruktioner med betongplatta på mark.

2 Randvillkoren – allmänt

Fukttransport nedåt från betongens undersida till marken styrs av ett begränsat antal parametrar:

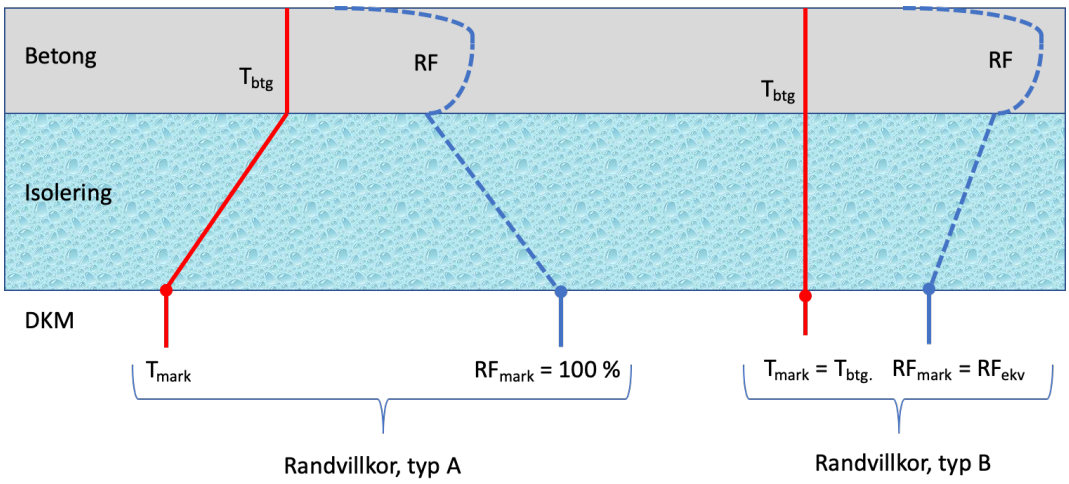
- Temperatur och RF i betongens underkant
- Temperatur och RF i marken
- Fukttransportmotståndet hos mellanliggande material, normalt en värmeisolering
- Fuktkapaciteten hos värmeisoleringen, som regel kan betraktas som försumbar för aktuella värmeisoleringar.

Beskrivning av denna fukttransport kräver en definition av randvillkoren vilka egentligen är temperatur och RF i marken som funktion av tiden. RF i marken är 100 %, men marktemperaturen varierar med en mängd parametrar.

3 Randvillkoren – principiellt

Randvillkoren på värmeisoleringens undersida kan beskrivas på två sätt:

A. RF = 100 %, T_{mark} = marktemperaturen, se nedan
B. $RF_{ekv} = 100 - 5 \bullet \Delta T$ (%), där ΔT är temperaturskillnaden över värmeisoleringen, se nedan, dvs $\Delta T = T_{btg} - T_{mark}$.



Figur 1. De båda alternativa randvillkoren i marken. *(DKM = Dränerande och Kapillärbrytande Material)*

Alternativ A är det generella randvillkoret som bör användas om beräkningsverktyget tillåter beskrivning av icke-isoterm fukttransport. Med ett sådant beräkningsverktyg, och med detta randvillkor, kommer beräkningen att inkludera fukt uppifrån betongplattan som eventuellt kondenserar i värmeisoleringen.

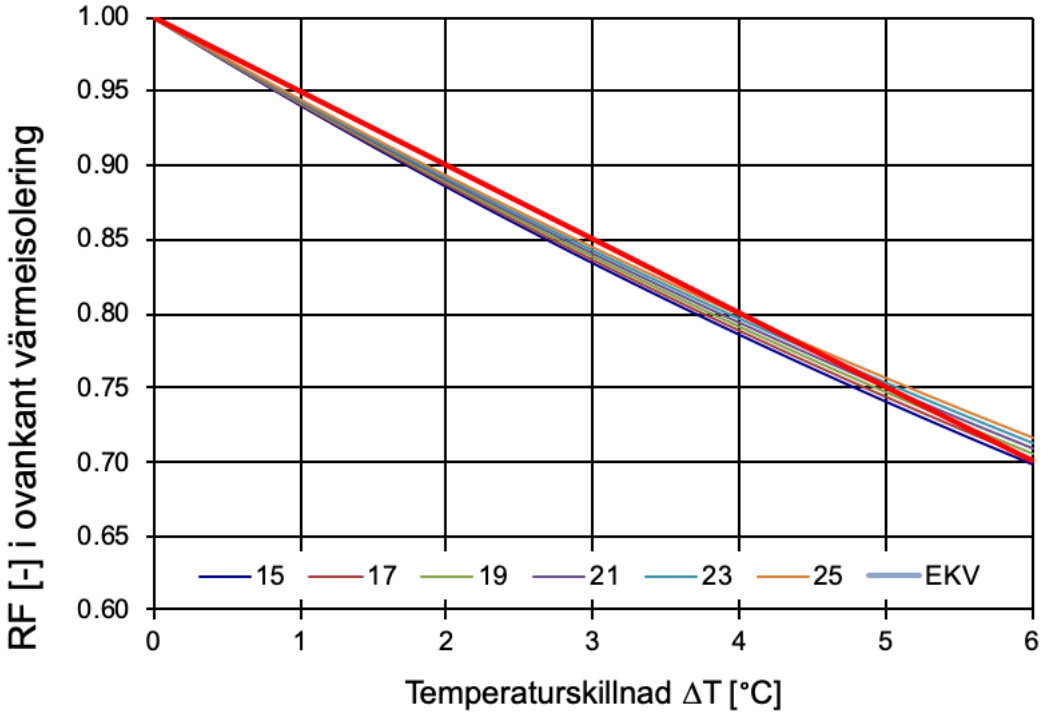
Alternativ B är ett förenklat randvillkor som är användbart vid beräkningar, under isoterma förhållanden, dvs vid samma temperatur i hela golvkonstruktionen inklusive värmeisoleringens undersida. Temperaturskillnaden ΔT över värmeisoleringen medför att den ”ekvivalenta ånghalten” på värmeisoleringens undersida är lika med mättnadsånghalten vid marktemperaturen. RF i randvillkoret B. är alltså en ”ekvivalent RF”, RF_{ekv}, i marken vid den temperatur som betongplattan har.

Siffran 5 framför ΔT i det förenklade randvillkoret B ovan är en approximation. I nedanstående tabell beräknas det verkliga värdet för några marktemperaturer och temperaturskillnader över värmeisoleringen.

TABELL I. Beräknade RF på ovansidan av en värmeisolering utan fuktmotstånd om ånghalten är lika med ånghalten i marken, dvs mättnadsånghalten vid marktemperaturen.

		$RF_{ök,isol}$ om Z_{isol}=0												
T_{mark} (°C)	ΔT(°C):	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
15		1.000	0.970	0.941	0.913	0.886	0.860	0.834	0.810	0.786	0.763	0.741	0.720	0.699
16		1.000	0.970	0.941	0.914	0.887	0.861	0.836	0.811	0.788	0.765	0.743	0.721	0.701
17		1.000	0.970	0.942	0.914	0.887	0.862	0.837	0.812	0.789	0.766	0.744	0.723	0.702
18		1.000	0.971	0.942	0.915	0.888	0.862	0.838	0.813	0.790	0.768	0.746	0.725	0.704
19		1.000	0.971	0.943	0.915	0.889	0.863	0.839	0.815	0.791	0.769	0.747	0.726	0.706
20		1.000	0.971	0.943	0.916	0.890	0.864	0.840	0.816	0.793	0.770	0.749	0.728	0.707
21		1.000	0.971	0.943	0.916	0.890	0.865	0.841	0.817	0.794	0.772	0.750	0.729	0.709
22		1.000	0.971	0.944	0.917	0.891	0.866	0.842	0.818	0.795	0.773	0.752	0.731	0.711
23		1.000	0.972	0.944	0.917	0.892	0.867	0.843	0.819	0.796	0.774	0.753	0.732	0.712
24		1.000	0.972	0.944	0.918	0.892	0.868	0.843	0.820	0.798	0.776	0.754	0.734	0.714
25		1.000	0.972	0.945	0.919	0.893	0.868	0.844	0.821	0.799	0.777	0.756	0.735	0.715

Tabellvärdena åskådliggörs i nedanstående diagram.



Figur 2. Randvillkoret B ovan (röd linje) jämförd med beräknade RF vid olika temperaturskillnader över värmeisoleringen (svagt krökta kurvor).

3 Marktemperaturen – allmänt

Ovanstående randvillkor bygger på att marktemperaturen är känd. Temperaturen i marken under en byggnad, under en period med fuktomfördelning, påverkas av bland annat följande parametrar:

- Innetemperaturen och innetemperaturens variation.
- Uteluftens temperatur och temperaturvariation under fuktomfördelningen.
- Uteluftens temperatur och temperaturvariation under en period innan och under byggandet av golvkonstruktionen och applicering av golvmaterialet. Effekterna av detta kan beskrivas som initialvillkor för fuktomfördelningsberäkningen, dvs vilken temperaturfördelning i 3D man har vid applicering av golvmaterialet.
- Byggnadens och markens geometri.
- Materialen i marken och deras egenskaper.
- Grundvattennivå och eventuell grundvattenströmning.

För att beräkna marktemperaturen krävs alltså icke-stationära 3D-beräkningar för hela bottenplattan och en så stor markvolym under denna att randvillkoren kan beskrivas, som regel med årsmedeltemperaturen på stort avstånd från byggnaden. För den aktuella tillämpningen är detta sällan rimligt; förenklade beräkningar bör kunna användas i de flesta fall.

4 Marktemperaturen – förenklat; stationära temperaturförhållanden

En rimlig approximation är att basera randvillkoret i marken på de stationära temperaturförhållanden som kommer att råda under byggnadens mitt då värmekudden byggts upp. Detta borde ge förhållanden som är på ”säkra sidan”, dvs uttorkningsmöjligheterna nedåt underskattas under fuktomfördelningen. Det skulle kunna

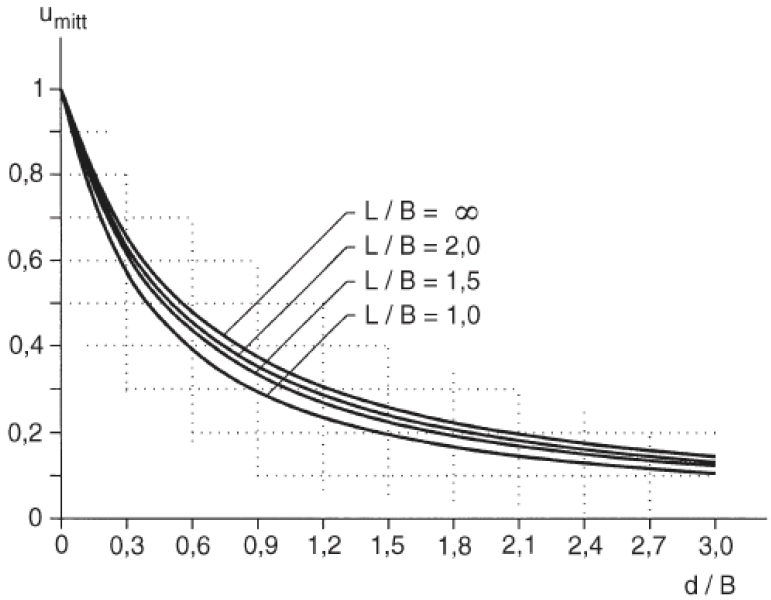
finnas förhållanden i speciella fall som ger ännu sämre uttorkningsmöjligheter och som borde beaktas i sådana fall. Detta diskuteras i nästa avsnitt.

Temperaturskillnaden ΔT över en värmeisolering mot mark mitt under en rektangulär byggnad med längd x bredd = L x B (m) kan beräknas med en metod enligt Fukthandboken, Arfvidsson et al (2018):

$$\Delta T = T_{inne} - T_{mark} = (1 - u_{mitt}) \cdot (T_{inne} - T_{ute}) \quad (1)$$

där temperaturerna inomhus och utomhus är årsmedeltemperaturer.

Storheten u_{mitt} kan uppskattas ur nedanstående figur hämtad ur Fukthandboken.



Figur 4. Storheten u_{mitt} som funktion av den ”ekvivalenta jordtjockleken” d (m) och byggnadens bredd B (m) för några olika rektangulära former hos byggnaden.

Storheten u_{mitt} minskar, varvid ΔT ökar, med bättre värmeisolering (större d) och mindre bredd (B) hos byggnaden.

Den ”ekvivalenta jordtjockleken” d i figur 3 kan beräknas ur

$$d = R_{tot} \cdot \lambda_{jord} \approx \frac{d_{isol} \cdot \lambda_{jord}}{\lambda_{isol}} \quad (2)$$

där det totala värmemotståndet R_{tot} i huvudsak är kvoten mellan värmeisoleringens tjocklek d_{isol} och dess värmekonduktivitet λ_{isol}. λ_{jord} är markens värmekonduktivitet.

5 Marktemperaturen – i speciella fall

Små temperaturskillnader ger dåliga uttorkningsmöjligheter nedåt under fuktomfördelningsperioden. Mindre temperaturskillnader än de stationära enligt ovan skulle kunna bli aktuella om marken är varmare än årsmedeltemperaturen då värmeisolering och

betongplatta byggs ovanpå. Detta skulle t ex kunna inträffa om bottenplattan påbörjas efter sommaren och uttorkning och mattläggning sker tidigt därefter.

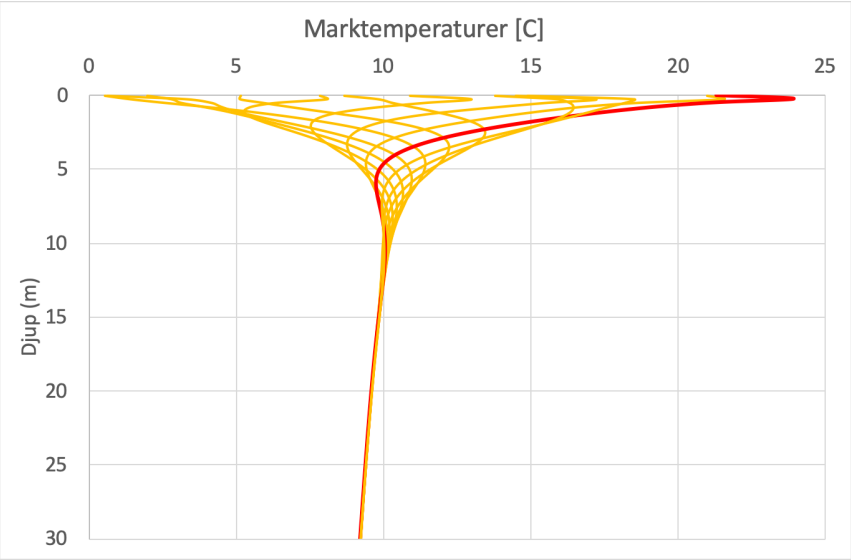
En endimensionell, icke-stationär beräkning av ett sådant fall kan visa om detta överhuvudtaget är relevant. Direkt efter att värmeisoleringen lagts kommer marken som är kall på större djup att kyla ner marken närmast under värmeisoleringen och därigenom öka temperaturskillnaden.

Utgångspunkten för sådana beräkningar är marktemperaturens variation med djupet. Denna har beräknats för ett fall med uteklimat i Lund och homogen mark bestående av lera(?).

Beräkningsförutsättningar kan beskrivas med följande parametrar:

Marktemperatur månadsvis efter 9 år.
Markmaterial: Wufi: Soil 'Christian' DIN
Skrymdensitet 1500 kg/m3
Specifik värmekapacitet 2000 J/kgK
Värmeledningsförmåga 1.5 W/mK
Initial Temp har satts till 9.2, dvs årsmedel för Lund
Randvillkor 30 m ner i mark 9.2 C
Randvillkor yta motsv. LTH Lund timmedelvärden.
Absorptionstal för kortvågig strålning 0.6
Emissionstal för långvågig strålning 0.9

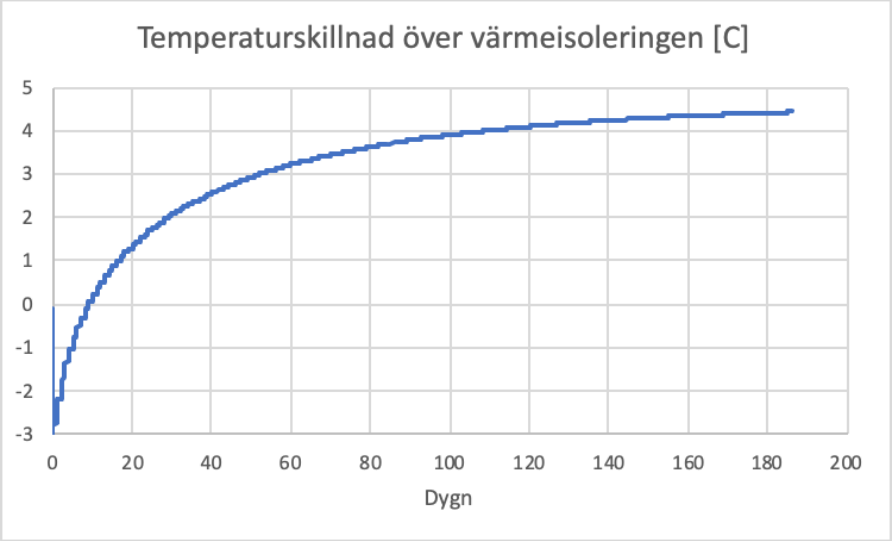
I nedanstående figur visas resultatet av en beräkning av marktemperaturens variation under en årscykel. Temperaturprofilen i augusti månad har markerats med rött. Denna får anses beskriva det mest extrema fall man kan tänka sig, med särskilt hög marktemperatur nära markytan.



Figur 4. Marktemperaturens variation med djupet under en årscykel i Lund för mark med ovanstående egenskaper. Den röda kurvan visar temperaturprofilen i augusti.

Med temperaturprofilen i augusti som utgångspunkt har sedan en beräkning gjorts för att simulera hur marktemperaturen förändras med tiden efter att en byggnad med betongplatta

på mark. 200 mm EPS-isolering har lagts på markytan byggs i augusti månad och randvillkoret har satts till +20C på isoleringens ovansida. Beräkningsresultatet visas i nedanstående figur som temperaturskillnad över värmeisoleringen.



Figur 5. Temperaturskillnad över värmeisoleringen som funktion av tiden efter att en betongplatta på mark med underliggande värmeisolering byggts.

Temperaturskillnaden blir omvänd alldeles i början, under någon vecka. Det tar ca en månad för att temperaturskillnaden ska bli +2C, vilket motsvarar en ekvivalent RF i marken på 90 % enligt randvillkoret B. ovan. Efter två månader nås ca 3C, motsvarande 85 % RF och efter fyra månader nås ca 4C, motsvarande 80 % RF i marken enligt randvillkor B.

Ovanstående beräkning är ett extremfall och ändå nås rimliga uttorkningsmöjligheter nedåt redan någon månad efter att betongplattan gjutits. Denna tid ska sättas i relation till vid vilken tidpunkt byggnaden blir permanent uppvärmd.

6 Sammanfattning

Randvillkoren i marken under en platta på mark är två. Det ena är RF i dräneringslagret som sätts till 100 % RF. Det andra är marktemperaturen som beror på uteklimatet, rumsklimatet, byggnadens storlek och form samt värmeisoleringen under betongplattan.
Ett förenklat sätt att beräkna temperaturskillnaden över värmeisoleringen har tagits fram. Med denna kan man antingen välja marktemperaturen och RF = 100 % som randvillkor i marken eller använda en ekvivalent RF i marken och konstant temperatur genom hela konstruktionen.

Tillkännagivande

Beräkningarna bakom figur 4 och 5 har gjorts av Mathias Lindskog, Fuktanalys AB. Stort tack för det!

Referenser

Arfvidsson, J., Harderup, L.-E. & Samuelson, I. Fukthandboken – Praktik och teori, utgåva 4, AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.