

Mark-kant värmeförlust

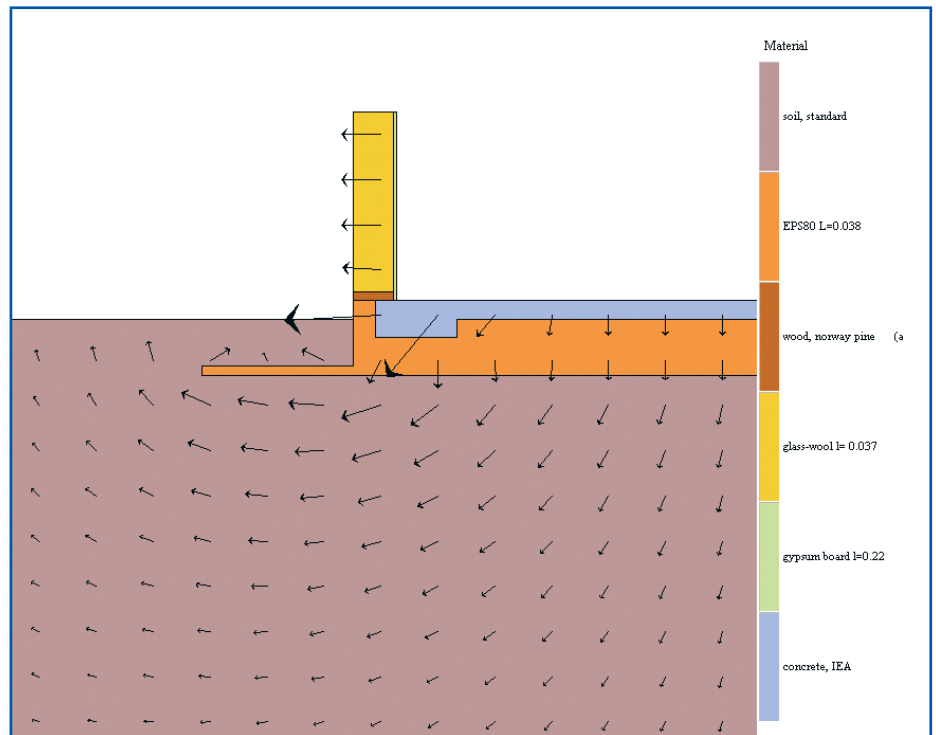
Köldbryggor kan öka byggnadens värmeenergianvändning och värmeeffektbehov med hundra procent, jämfört med en byggnad utan köldbryggor. Köldbryggefria hus finns så klart inte, men det händer att man slentrianmässigt och slarvigt räknar så.

Den mest framträdande köldbryggan är oftast den vid kantbalken och en genomtänkt lösning där kommer att ha stor positiv inverkan på byggnadens driftsekonomi. Den kunskap vi har idag och de material som står till buds gör att det inte finns några skäl till begränsningar i isolertjocklekar. Skälet minskad isolering på grund av tjälproblematik eller skälet markisoleringsens dåliga bärighet kan med fog sägas vara överspelade. Även termen ”ekonomisk isolering” har knappast relevans i isolertjocklekar upp till 500 mm.

Historisk utveckling

Historiskt har det sett ut ungefär så här:

- I slutet av 1940-talet börjar de första husen med platta på mark uppföras i Sverige. Metoden importeras från USA, där den hunnit tillämpas under cirka tio års tid. Den amerikanska konstruktionen ”Concrete slab” redovisades ingående i tidskriften *Byggmästaren* nr 10, 1955 av *W Wredenfors*. Konstruktionen saknade helt värmeisolering, men av artikeln framgår att de amerikanska kraven på fuktskydd var rigorösa. Under betongplattan skulle alltid finnas en membranisolering av helst två lager asfaltimpregnerad papp med mellanliggande strykning av varmasfalt. Membranet skulle dras upp runt alla kanter till betongplattans överyta. Hela konstruktionen skulle vila på en minst 4 tum tjock bädd av välpackat grovt grus eller makadam. Färdigt golv borde helst ligga 25 cm över omgivande mark, vilken skulle luta ifrån byggnaden. Med andra ord ganska kloka råd.
- I samma nummer av *Byggmästaren* fanns en kommentar av en lektor *H Ericsson* som framhöll att skilda klimatförutsättningar mellan Sverige och USA borde innebära att vi här i Sverige kunde klara oss utan membranisolering ”i synnerhet



som den var både dyr och svår att utföra”. Ericsson anförde istället fördelarna med ett uppreglat trägolv på betongplattan eftersom ”ventilerade konstruktioner erbjuda goda möjligheter att komma tillrätta med fuktproblemen”. Med facit i hand vet vi idag att detta var ett stort misstag då just denna golvtyp dominerar skadestatistiken för fukt- och mögelskador i golv på mark och har gett hela konstruktionen ett oförtjänt dåligt rykte i Sverige.

- Med få undantag utfördes platta på mark under 1950- och 1960-talen med ett uppreglat trägolv ovanpå betongplattan. Så småningom placerades även värmeisolering ovanpå betongplattan mellan träreglarna och därmed stoppades effektivt en från början minimal möjlighet till bortventilering av uppträngande fukt.

- På 1970-talet började man så smått att pröva med värmeisolering under betongplattan för att undvika det uppreglade trägolvet. Det vanligaste utförandet var med hårda mineralullsskivor så kallade ”elefantmattor”. Ofta begränsade man tjockleken till 50 mm och inte så sällan enbart till den yttre randzonen.

- Så småningom ökade isoleringstjockleken till 100 mm under hela golvet. Mineralullsmattans låga bärförmåga innebar problem framförallt under kantbalken, där den ibland ersattes med expanderad eller extruderad polystyrencellplast, EPS respektive XPS. Fortfarande undvek man membranet – fuktspärren – under betongplattan. Det främsta argumentet för detta var att man då slapp bekymra sig om byggfukten i betongplattan efter mattläggning eftersom fukten ansågs kunna

fortsätta att torka ut mot den underliggande marken. Detta resonemang ledde i sin tur till ett antal nya fuktskador speciellt i stora plattor, där temperaturskillnaden över isoleringen blir liten.

- I slutet av 1980-talet och under hela 1990-talet blir 200 mm en vanlig tjocklek för värmeisoleringen under plattan. Man börjar nu också ersätta mineralullen under betongplattan med EPS-isolering, vars högre tryckhållfasthet ger en högre bärförmåga för laster från bärande väggar. Det främsta argumentet är dock det lägre priset för EPS jämfört med de hårda mineralullsskivorna. Det blir även vanligare att man kompletterar med en heltäckande PE-folie under betongplattan som ett säkert skydd mot uppträngande markfukt särskilt för golv med golvvärmesystem, som är extra utsatta för markfukt när värmen stängs av. De flesta inser också att byggfukten måste tillåtas torka ut innan man lägger på täta och fukt känsliga golvbeläggningar.

- I slutet av 1990-talet börjar de första golven med 300 mm tjock isolering att dyka upp. Ofta handlar det om betongplattor med ingjutna golvvärmeslingor. Mineralullsskivan har i stort sett helt ersatts med EPS-isolering.

- Idag torde 300 mm vara den vanligaste tjockleken på värmeisoleringen under platta på mark oavsett om det är ett passivhus, lågenergihus eller ett mera konventionellt hus. Byggarna har insett att det lönar sig att öka på isoleringstjockleken inte bara på kallvinden utan även under golvet. Den gamla föreställningen att det inte lönar sig att öka isoleringen

Artikelförfattare är **Hans Wetterlund**, WSP Byggnadsfysik, Göteborg, **Henrik Carlsson**, avdelningschef WSP Byggprojektering, Göteborg, **Carl-Eric Hagentoft**, professor i Byggnadsfysik, Chalmers, samt **Magnus Wallin**, ordförande T&M-gruppen EPS-Bbygg.

under golvet på grund av markens värmeförlust har brutits. Nu vet vi att markens värmemotstånd inte motsvarar mer än cirka 50 mm isolering för en normalstor villa.

Allt bättre lösningar

Parallellt med utvecklingen mot allt tjockare isolering under golvet har isoleringen av kantbalken utvecklats mot allt bättre lösningar för att minska köldbryggan vid plattkanten. Ett stort steg mot ökad isolertjocklek under kantbalken togs i och med att ett nytt synsätt på tjälinträngning under kantbalken har fått fotfäste. Detta innebär att kravet på ett visst minsta värmeläckage från plattkanten för att undvika tjällyftning vid grundläggning på tjälfarlig jord kan mildras. Det nya sättet att beräkna erforderlig tjälisolering innebär alltså att kantbalken kan fullisoleraras.

Kantbalken är en kompromisslösning då den ska förena flera olika krav i en och samma konstruktion:

- Bruten köldbrygga.
- Hög bärförmåga i sin yttre del speciellt vid tung fasadbeklädnad.
- Konstruktivt samverka med husets grundkonstruktion för att undvika sättningsskillnader - speciellt viktigt vid fribärande grundläggning.
- Gärna medge en hög sockelhöjd för att förbättra fuktskyddet av fasaden.
- Enkelhet i utförandet för att inte skapa onödigt höga byggkostnader.

För att korrekt kunna avgöra byggnadens värmeförlust krävs beräkningar av både U-värde och köldbryggors Ψ -värde. U-värdet kan enligt standarden beräknas med formler eller med datorprogram för flerdimensionell värmeströmning, Ψ -värdet kan bara, enligt standarden, beräknas med datorprogram för flerdimensionell värmeströmning. För överslagsmässiga beräkningar av Ψ finns det även formler, framtagna med hjälp av så kallade regressionsanalyser. Formler för olika kantbalkar kan till exempel fås med hjälp av beräkningsprogrammet Unorm. Det bör påpekas att de gamla regressionsanalyserformlerna som finns i Isolerguiden för beräkning av kantbalkens Ψ -värde togs fram när plattans U-värde beräknades med hjälp av olika zoner. Formlerna stämmer därför inte, värdet på Ψ blir alldeles för lågt.

U-värdesformlerna som ska användas ser ut så här:

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (1)$$

eller så här

$$U = \frac{2\lambda}{(\pi B' + d_t)} \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right) \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (2)$$

Där λ , d_t och B' är faktorer som tar hänsyn till markens och värmeisoleringens värmemotstånd och husets storlek.

Vilken formel som ska användas beror på plattans storlek i förhållande till isolertjockleken.

Formler för U-värdesberäkning

Formlerna (1) och (2), som ska användas vid U-värdesberäkning enligt standarden, tar hänsyn till att värmen strömmar flerdimensionellt. Man kan också välja att göra U-värdesberäkningen med numeriska beräkningsprogram som simulerar värmeströmning i 2D eller 3D. Man kan med dessa beräkningar få fram storlekar på köldbryggorna. Man gör det i fyra steg, allt enligt standarden SS-EN ISO 10211: 2007.

1. Beräkna totala värmeförlusten L_{2D} genom vägg plus kantbalk plus tjälisolering plus platta. Hur mycket av väggen, plattan och marken som ska tas med i beräkningen framgår av standarden, se *bild 1*.

2. Beräkna värmeförlusten U_w genom den del av väggen, h_w , som är med i modellen. Använd adiabatiska gränser enligt standarden, se *bild 2*.

3. Beräkna värmeförlusten $L_{2D,a}$ genom endast plattan plus marken. Observera att plattan plus isolering då ska flyttas upp på marken. Detta för att man korrekt ska kunna beräkna U-värdet:

$$U = \frac{L_{2D,a}}{B'/2} \quad (3)$$

där $B'/2$ är den längd av plattan som är medtagen i modellen. Använd adiabatiska gränser enligt standarden.

Standarden är entydig och beräknade U-värden enligt formlerna (1) och (2) stämmer bra med tvådimensionella beräkningar utförda med beräkningsmodell

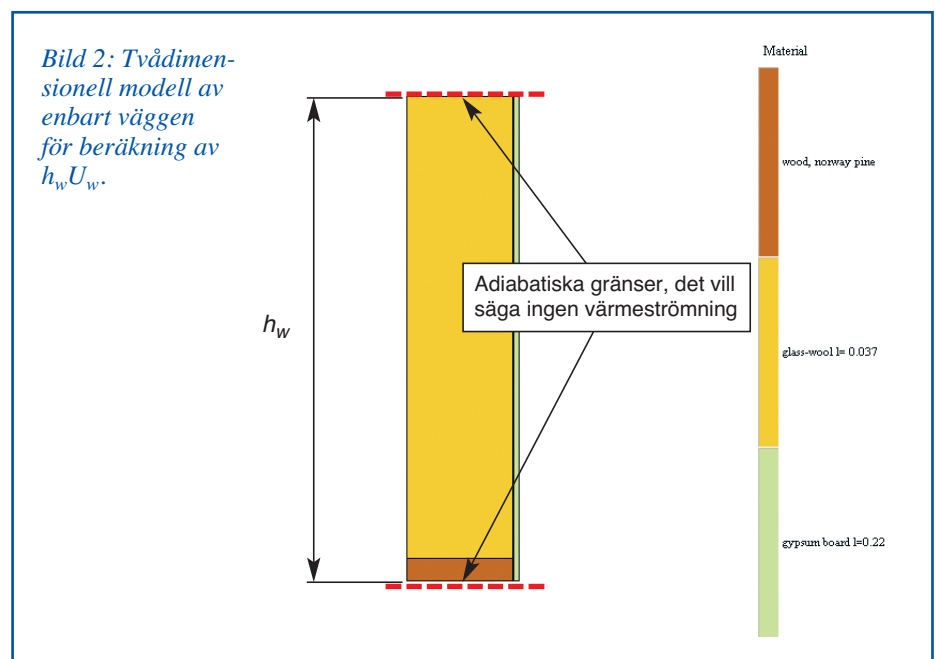
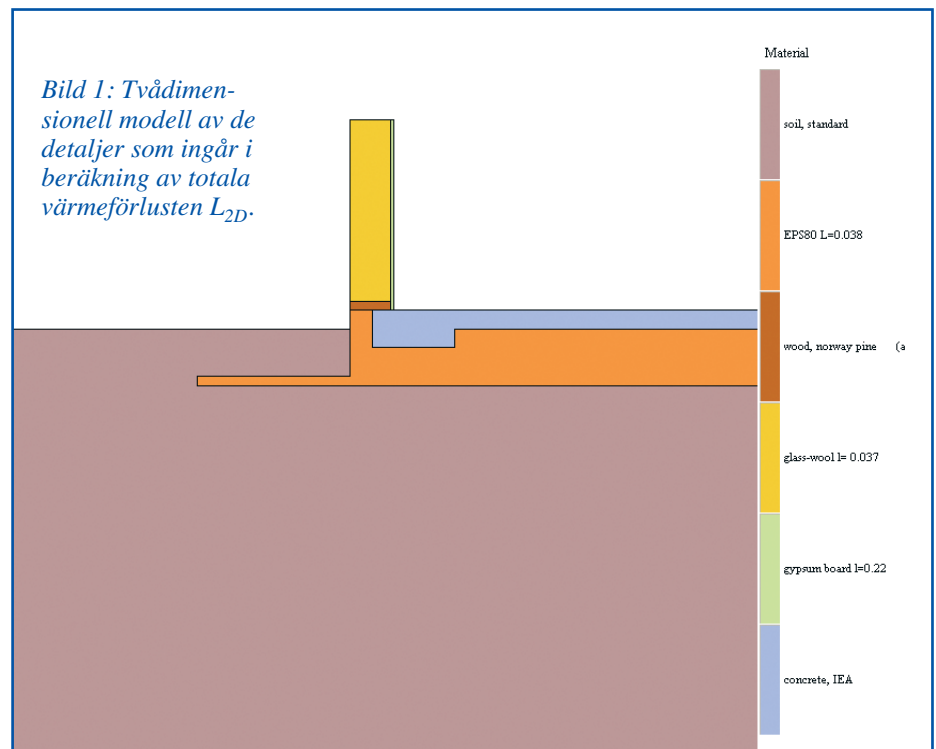


Bild 3a: Tvådimensionell modell av de detaljer som ingår i beräkning av plattans U-värde.

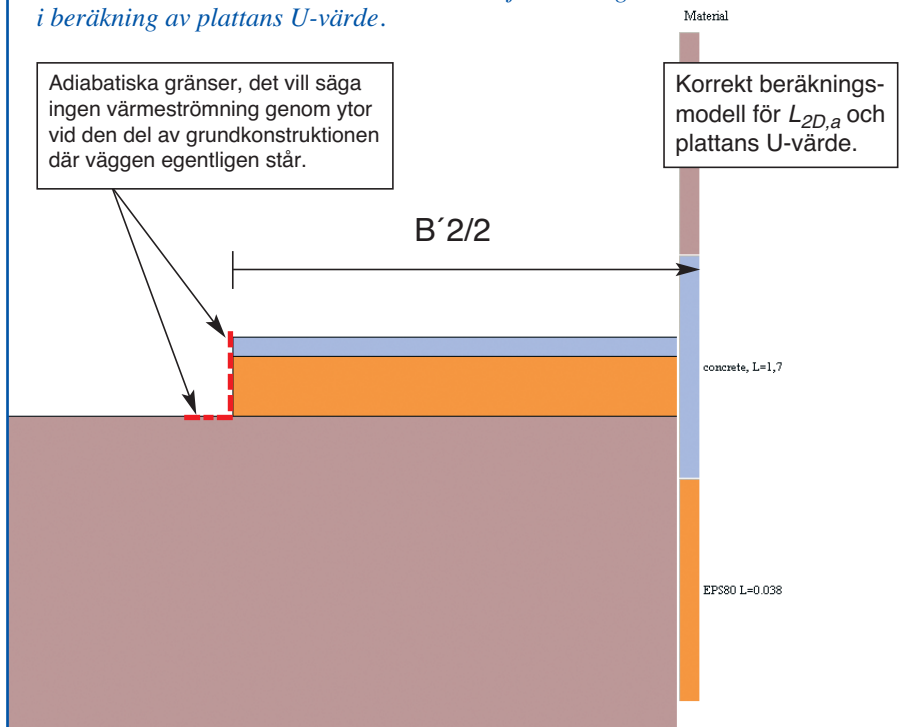
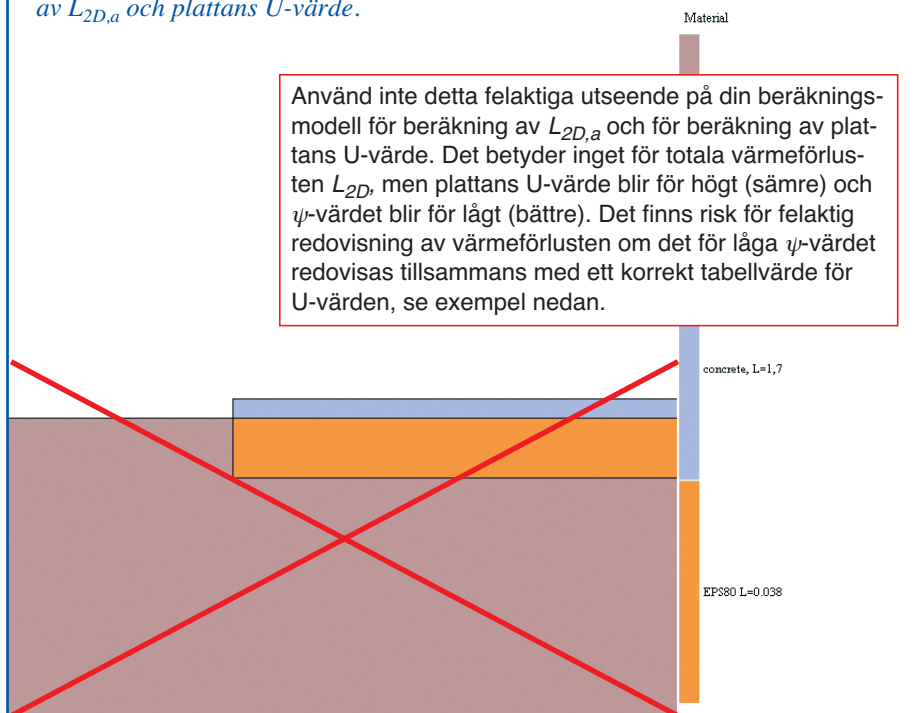


Bild 3b: Felaktig tvådimensionell modell för beräkning av $L_{2D,a}$ och plattans U-värde.



enligt bild 3a och formel (3). Däremot är text och bilder i standarden något "luddiga" och har ibland misstolkats. Studera bild 3b. Misstolkningen av standarden har lett till att den beräkningsmodellen använts istället för den på bild 3a.

Tabell 1: Beräknade värden på Ψ och U med korrekt (3a) respektive fel (3b) datormodell.

Modell	L_{2D} [W/m,K]	$h_w U_w$ [W/m,K]	$B'/2$ [m]	$L_{2D,a}$ [W/m,K]	Ψ [W/m,K]	U [W/m ² ,K]	U beräknat enligt ekv (1)
3a				0,3435	0,164	0,152	
3b	0,6899	0,1826	2,270	0,3897	0,118	0,173	0,149

4. Beräkna Ψ enligt:

$$\Psi = L_{2D} - h_w U_w - L_{2D,a} \quad (4)$$

Det är viktigt att man redovisar för vilken vägg som beräkningarna gäller eftersom väggens tjocklek och utseende påverkar Ψ . Beräkningen av Ψ kan också göras enligt:

$$\Psi = L_{2D} - h_w U_w - UB'/2 \quad (5)$$

där U är beräknat enligt formel (1) eller (2) ovan.

Exempel på felaktig redovisning

Tabell 1 visar ett exempel hur felaktig redovisningen av U-värde och Ψ -värde blir om beräkningsmodell enligt bild 3b ovan används vid datorberäkning. Exemplet gäller för en platta på mark med invändiga mått 7,5 x 11,5 m och med vägg tjocklek 0,228 m (regelvägg 170 + 45 + 13). Isolering under plattan är 200 mm cellplast ($\lambda = 0,038$ W/m,K) och kantbalken är isolerad med 80 mm cellplast fram och 100 mm cellplast under. R_{si} är satt till 0,17 W/m²K och R_{se} är satt till 0,04 W/m²K. Markens λ -värde är 2,0 W/m,K.

Som nämnts tidigare är formlerna i Isolerguiden felaktiga. Om dessa formler skulle användas på kantbalken ovan skulle Ψ -värdet bli 0,020 W/m,K.

Det är inte alltid som man beräknar U-värdet med datorprogram. Man kan ju också beräkna det med formlerna (1) och (2) eller välja från en tabell. Om, enligt beräkningsexemplet ovan, korrekt U-värde kombineras med felaktigt beräknat Ψ -värde blir redovisad total värmeförlust genom platta plus kantbalk för låg, enligt följande:

$Q = UA + \psi P) \cdot \Delta t$, där A är plattans area, P är plattans omkrets och Δt är temperaturskillnaden mellan inne och ute.

$$Q_{3a} = (0,150 \cdot 7,5 \cdot 11,5 + 0,164 \cdot 2 \cdot (7,5 + 11,5)) \cdot \Delta t = 19,170 \cdot \Delta t$$

$$Q_{3b} = (0,150 \cdot 7,5 \cdot 11,5 + 0,118 \cdot 2 \cdot (7,5 + 11,5)) \cdot \Delta t = 17,422 \cdot \Delta t, \text{ cirka 10 procent fel.}$$

$$Q_{\text{Isolerguiden}} = (0,150 \cdot 7,5 \cdot 11,5 + 0,020 \cdot 2 \cdot (7,5 + 11,5)) \cdot \Delta t = 13,698 \cdot \Delta t, \text{ cirka 30 procent fel.}$$

Allt högre isoleringsgrad

Husen som vi bygger framöver kommer att få högre isoleringsgrad än idag. Många bygger med passivhusstandard och snart blir det vanligt med plusenergi-hus, det vill säga hus som producerar minst lika mycket energi som det använder. Vissa kommuner ställer idag krav på låg energianvändning vid markanvisning. I Göteborg gäller 60 kWh/m²,år för flerbostadshus, till exempel. Det finns också krav på att inte överdimensionera värmesystemen. Detta innebär snävare gränser vid beräkningarna och då gäller det att ha korrekta indata. ■