

## Generellt

### Projekteringsansvar

Förbehåll tas för eventuella fel i följande instruktioner och beräkningar. Vid statisk dimensionering av specifika projekt ligger alltid ansvaret på projektören för projektet.

Anvisningarna hänvisas generellt till följande europeiska och danska standarder:

### Grundläggande standard

SS-EN 1996-1-1:2005+A1 2012

SS-EN 1996-1-2: 2005

SS-EN 1996-2: 2006

DS/INF 167: 2015

SS-EN 12602: 2016

DS/INF 169: 2011

Dessutom tillhörande nationella annex och vägledning.

### Materialparametrar

Det används prestandadeklarerade data för aktuella produkter. Var uppmärksam på att det är de karaktäristiska hållfasthetsvärden som ska användas enligt de i prestandadeklarationen angivna värdena.

För projektets statiska beräkningar har Xella deklarerade hållfasthetsvärden för alla Ytong och Silka produkter, även E-modul, draghållfasthet och tryckhållfasthet. För att använda dessa värden ska murverket alltid uppföras med respektive Ytong och Silka tunnfofsbruk. Tekniska data finns på [www.ytong.se](http://www.ytong.se) under respektive produkt.

### Väggars infästning/understöd

Väggarna ska infästas på så många ställen som möjligt för att undvika extra åtgärder och/eller dimensionering exempelvis längs hammarband, bjälklag, tak, takstol, takfot, kanter och liknande.

Undvik i största möjliga omfattning väggfält utan tvärvästing

ning då det kan krävas inbyggnad av avstyvande stälpelare. Väggfält bör vara minst tresidigt understödda för att undvika extra förstärkningar i form av avstyvande pelare och liknande.

### Undvik spänningar/tvångskrafter i byggnaden

Väggar ska placeras så att tvångsdeformationer inte resulterar i svaga tvärsnitt.

Hammarband förläggs med minsta inbördes avstånd 10 mm för att möjliggöra fuktrelaterade rörelser, särskilt under bygpperioden då nederbörd och liknande kan medföra olämpligt fuktinnehåll.

Tänk på att avståndsklossar mellan takstol och gavel inte får sitta tätare vid korsande väggar än 1 meter, så att de kan röra sig.

### Skivverkan avseende horisontala takkonstruktioner och bjälklag

Under projekteringen ska det beaktas att nödvändiga tvärväggar ska finnas för överföring av de horisontala krafterna och att nödvändiga kraftöverförande anslutningar ska utföras mellan väggar och tak/bjälklag.

Om detta inte är fallet måste stabiliteten säkras på annat sätt med till exempel stålförstärkta murpelare, där pelaren måste finnas på förhand.

## Murningsfolie under ytterväggar

Normalt används murningsfolie eller papp under väggar av Ytong lättbetong och Sika kalksandsten, särskilt när väggarna byggs upp på betongplatta med golvvärme under bakmuren. Detta är särskilt viktigt eftersom plattkonstruktionens längd utvidgas vid uppvärmning. Långsam uppvärmning rekommenderas.

Murningsfolien bidrar till att eliminera en del av tvångskrafterna som kommer från betongplattan. Temperaturrelaterade rörelser är vanligen störst vid den första uppvärmningen av byggen som byggts under vinter och i långa byggnader. Lim-papp-lim-lösningar kan användas för att öka kohesionsvärdet. Det rekommenderas att bygga in dilatationsmöjligheter i betongplattor för varje 6-8 m väggfält.

## Murningsfolie under innerväggar

Normalt används murningsfolie eller papp eftersom det förhindrar kohesion, dvs vidhäftning mot betongplattan som kan skapa deformation. Detta förhindrar att väggarna påverkas av tvångskrafter från betongplattan så mycket som möjligt.

## Grundläggning - alla väggar ställs på stabilt och hållfast underlag

Fundament och andra underlag ska vara permanent formstabila och ska kunna bära väggarna och ovanliggande laster utan att det förekommer skadliga sättningar/differenssättningar och liknande.

Grundläggningen ska säkras till frostfritt djup.

## Bjälklag (bjälklagselement av lättbetong, lättklinkerbetong, betong m m)

Bjälklag understöds av bakmuren och normalt en huvudsaklig vägg. Det får inte förekomma oavsiktliga mellanunderstöd. Bjälklaget dimensioneras på lämpligt sätt så att nedböjning minimeras.

## Väggar på bjälklag - bärande och stabiliserande

När väggar står ovan varandra i bjälklaget, och bjälklaget är understött av den nedanstående väggen, kan den ovanstående väggen bidra till stabiliteten (skivberäkning) samt användas som bärande vägg. Alla väggar ska vara understödda

## Väggar på bjälklag - icke bärande

När det står sekundära väggar på bjälklaget och det är/förväntas nedböjning/deformation ska väggar projekteras med elastiska förband och tvärställda väggar så att väggarna kan följa med bjälklagets nedböjning och oönskade tvångskrafter undviks.

Bjälklagselementets deformationer medför normalt glipor mot understöden, vilket kan medföra att bärande väggar tippar/tvingas inåt. Det är även viktigt för sekundära väggar, att ett avskiljande underlag av exempelvis murningsfolie används för att undvika vidhäftning och oavsiktliga tryckspänningar i väggens nedersta del.

Asfaltpapp ska inte användas under sekundära väggar. Det rekommenderas därför att bjälklag alltid utformas med så korta spännvidder som möjligt, gärna med mellanunderstöd för tvärställda väggar, då deformationerna härmed kan reduceras betydligt och väggarna därmed hålls mer i vila. Om sättningar förväntas i bjälklaget (pilhöjd) kan eventuellt Murfor Compact eller liknande armering användas i de nedersta 2-3 liggfogarna. Detta motverkar sättningar i murverket.

## Dimensionering av väggar

### Lastkapacitet

Lastkapaciteten kan enkelt beräknas via programmet EC6DESIGN, som finns på [www.ec6design.com](http://www.ec6design.com), eller via kontakt med Murværkscenteret på Teknologisk Institut i Danmark. Programmet är uppdaterat med avseende på SS-EN 12602:2016 och SS-EN 1996, 1-1:2005+A1:2012.

### Understöd

För att ta upp punktlaster från balkar finns tre vanliga metoder beskrivna på sidan 10, som kan ge en hög kapacitet och robusthet.

### Stabilitet

Lättbetong är ett isolerande byggmaterial med låg vikt. För att kompensera bristen på vikt används ofta förankringar i kombination med säkring mot glidning. Lättbetongens goda hållfasthetsegenskaper ger även bra skivstyrka. Väggarna erhåller hög kapacitet vid normal byggnadsverksamhet. Om hållfasthet saknas för att uppnå erforderlig stabilitet, behöver skiljeväggarna samverka. Det ger nya möjligheter för stabilitet i byggnader, när det saknas effektiva stabiliserande väggskivor i fasaderna.

Bidragen från skiljeväggarna kan vara ganska stora, då skiljeväggarna huvudsakligen består av längre obrutna/vanliga väggelement.

### Terrängklass, vind

När väggarna ska dimensioneras är det till största del aktuell terrängklass som är dimensionerande faktor. Skillnaden från vindtrycket i den låga zonen till vindtrycket i den höga zonen kan innebära en fördubbling av vindtrycket. Det är därför viktigt att välja rätt terrängklass eftersom det kan medföra motsvarande dimensioneringshopp.

### Glidningssäkring

För att undvika glidning kan det vara nödvändigt att montera extra beslag. Väggar glidningssäkring ska verifieras och fastställas/kontrolleras i nödvändig omfattning. Det är viktigt att vara uppmärksam på att plastfolie används som fuktspärr direkt på sockelsten av lättklinkerbetong, så att glidningsefficienten ökar med 50 procent jämfört med vanlig murningspapp. Se [mur-tag.dk](http://mur-tag.dk).

### Stabiliserande förankringar

Takförankringar infästs endast i bärande underlag. Förankringar ska inte fästas i väggarna för att undvika spänningar i väggarna som kommer från förankringen. Förankringen kan byggas in i skiljeväggarna för erhållande av stora stabiliserande bidrag eftersom skiljeväggens väggfält vanligtvis inte innehåller fönsteröppningar och liknande. Skiljeväggarna kan förses med flexibla rör för dragning av elinstallationer.

## Punktlaster

Vid punktlaster bör underlagsplattor användas för att undvika kantskalning och sprickbildning, så att lasten centreras över väggens mitt och så att lastkapaciteten optimeras med minimerad excentritet. Spaltbrott kan ofta undvikas genom att lägga in armering i den översta liggfogen.

Bidrag från eventuella linjelaster ska beaktas.

När exempelvis bjälklageelement ska ligga på både väggar och bjälkar ska väggens ovkant vara i nivå med ovankanten av stål balkens övre kant.

### Normalt ingår följande komponenter:

- Balk med avstyvning över underlagsplatta
- Understödsplatta av stål, cirka 20 mm tjocklek.

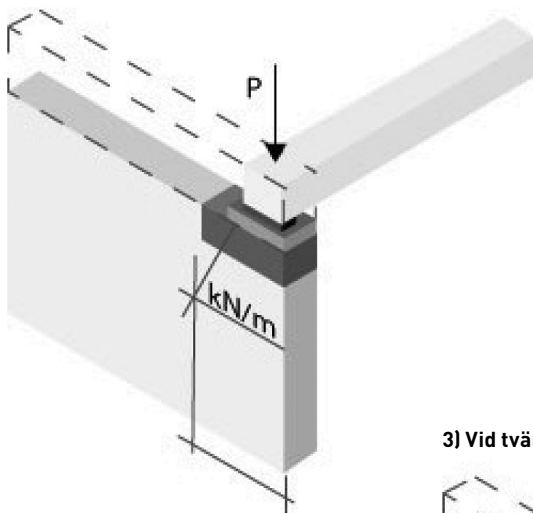
Understödsplatta läggs i tunnfoglim för att säkra tryckfördelningen.

- Vid större lokala laster på lättbetongväggen kan den eventuellt förstärkas med Silka Understödsblock.

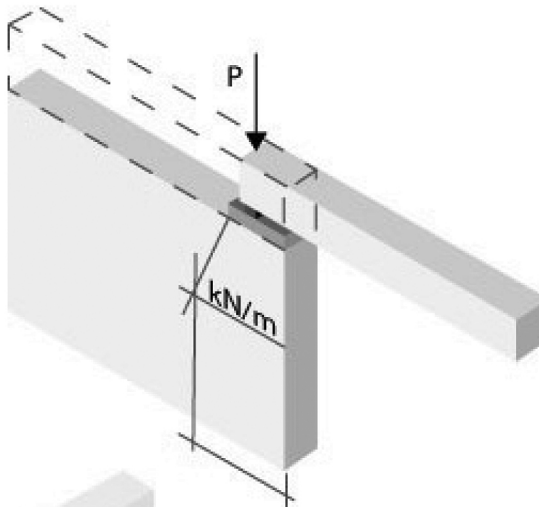
Det ska alltid göras en dimensionering:

- lastfördelningen 1:2 beaktas
- understödstrycket överst på väggen kontrolleras
- understödsplattan läggs i tunnfoglim
- lastfördelning mitt i väggen beräknas, uttryckt i kN/m
- Sprickkrafter spåras.

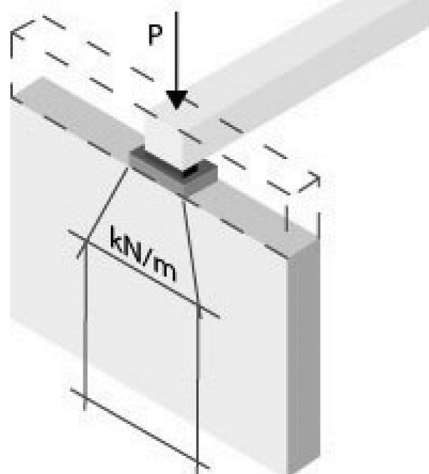
### 2) Vid ändvägg med tväreställda balkar



### 1) Vid parallell vägg



### 3) Vid tväreställd vägg



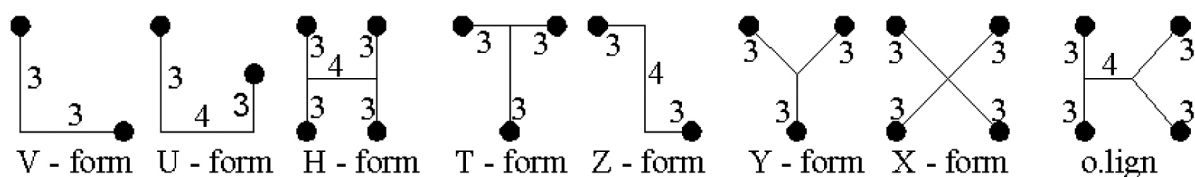
## Projektering av väggkonstruktionens understöd

Det är viktigt att man redan i projekteringskedan planerar och väljer rätt konstruktionsutförning för att uppnå optimala och ekonomiska lösningar. Härmed undviks extra omkostnader för att åtgärda mindre bra konstruktioner.

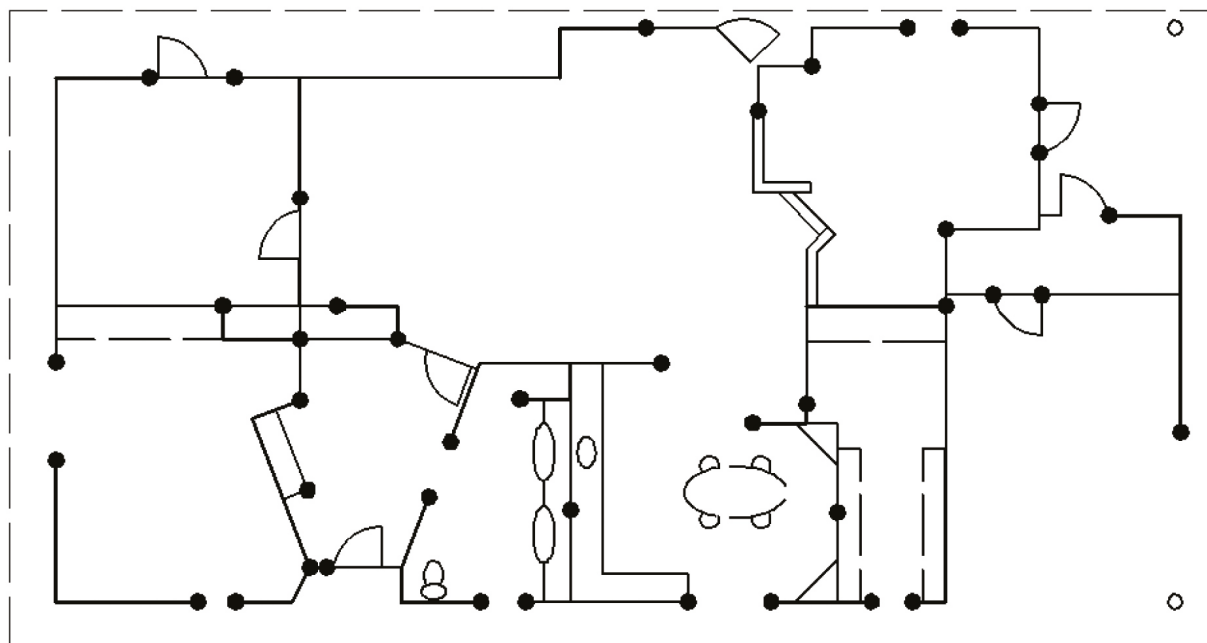
När skisser har utformats kan man använda nedanstående principritning som visar kombinationsmöjligheter för att säkra att alla grundplaner med olika stödvillkor optimerats med avseende på balkarnas utnyttjandegrad. Väggarnas lastkapacitet optimeras genom att ha så många understöd som möjligt. Utöver understöd i ovan- och underkant (dubbelsidigt)

ges understöd på två vertikala sidor (tre eller firsidigt). Det är viktigt att verifiera bärförmågan för fristående murpelare (tvåsidigt). Tvärvastvyning kan antingen uppnås med vägg eller stålprofil.

Nedanstående figurer illustrerar olika utförningar av vägg som kan fungera som antingen tre- eller firsidigt understöd.



icke linjär



Dörrar och fönster placeras där delplaner möts. Därmed undviks murpelare, med att istället sätta in en avstyvande stålprofil. Kortare väggfält har större lastkapacitet. Efter fastställande av väggarna påbörjas de statiska beräkningarna.

Först verifieras stabiliteten, därefter de mest kritiska väggfälten.

## Horizontal lastfördelning på hålmur (Ytong)

### Horizontal lastfördelning på hålmur

Vindlasten kan fördelas på fasad- och bakmur efter deras inbördes styvhet "E · I", eller efter deras inbördes styrka. Fördelas lasterna efter styrka kan kapaciteten för både fasadmur och bakmur adderas till en samlad hållfasthet.

#### Exempel:

$$W_{rd, fasadmur} = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{rd, bakmur} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Samlad kapacitet:

$$W_{rd, hålmur} = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

För att kunna använda denna regel, beskriver SS-EN 1996-1-1:2005+A1:2012 att det måste finnas tillräcklig deformationsstabilitet i både fasadmur och bakmur. Här kan användas förhållandetalet 1/3 till 3 vid användning av formeln.

$$\text{Deformationskapacitet: } \frac{E_2 t_2 f_{xk1,1}}{E_1 t_1 f_{xk1,2}}$$

Tabell 1: Ytong bakmur och tegel i fasadmur

Ytong 575 kg/m <sup>3</sup>	Tegelsten <sup>1)</sup>	Deformationskapacitet
100 mm	108 mm	0,357
150 mm	108 mm	0,535

1) Tegelsten är räknad med E = 2500 MPa och f<sub>xk1</sub> = 0,3 MPa

## Horisontal lastfördelning på hålmur (Silka)

### Horisontal lastfördelning på hålmur

Vindlasten kan fördelas på fasad- och bakmur efter deras inbördes styrka på samma sätt som för Ytong lättbetong så länge som deformationskapaciteten i både fasad- och bakmur uppfyller förhållandet 1/3 till 3.

Tabell 1: Silka bakmur och tegel i fasadmur

Silka 1900 kg/m <sup>3</sup>	Tegelsten <sup>1)</sup>	Deformationskapacitet
100 mm	108 mm	2,401
115 mm	108 mm	2,761

1) Tegelsten är beräknad med  $E = 2500 \text{ MPa}$  och  $f_{yk1} = 0,3 \text{ MPa}$

### Lastfördelning efter styvhet

Beroende av parametrarna för tegelstens styrka bör 150 mm Silka-block placeras i bakmuren för erhållande av erforderlig styvhet.

Tabell 2: Lastfördelning mellan Silka bakmur och fasadmur av tegelsten

Silka bakmurstjocklek 1900 kg/m <sup>3</sup>	Fasadmurens stenklass med följande murbrukstyp: KC 50/50/700, KC 35/65/650, KC 20/80/550	Procentvis fördelning mellan fasadmur/bakmur
150 mm	15	6/94
150 mm	20	9/91
150 mm	25	12/88
150 mm	30	15/85
150 mm	35	16/84

## Effektiv höjd/tjocklek av murverk

### Effektiv höjd av murverk

Den effektiva höjden  $h_{ef}$  för en vägg ska bestämmas med hänsyn till de byggdelar som den är förbunden med samt förbindningarnas effektivitet.

En vägg kan vara avstyvad av bjälklag, takkonstruktion, lämpligt placerade tvärväggar eller andra bärande konstruktionsdelar.

Med hänvisning till SS-EN 1996-1-1:2005+A1:2012 kan en vägg betraktas som avstyvande vid en lodrät kant, om den avstyvande väggen har en längd på minst 1/5 av den fria höjden och en tjocklek på minst 0,3 gånger väggens effektiva tjocklek som ska avstyvas (utan öppningar). Samtidigt ska det säkras att anslutningen kan ta upp drag och tryckkrafter, om inte den avstyvande väggen är utförd i samma material, byggd samtidigt och inbördes förbunden.

Den effektiva höjden beräknas till:

$$h_{ef} = p_n h$$

Där:

$p_n$  är en reduktionsfaktor beroende av kantinspänningen eller väggens avstyvning.

### Effektiv tjocklek av murverk

Den effektiva tjockleken för en mur  $t_{ef}$  utan avstyvande pelare betraktas som murens faktiska tjocklek  $t$ .

En mur avstyvad med pelare, bör beräknas med ekvationen:

$$t_{ef} = p_t t$$

Där:

$p_t$  är en koefficient, som kan hittas i tabell 5.1 i SS-EN 1996-1-1:2005+A1:2012.

### Robusthet/slankhetsförhållandet

Med hänsyn till väggens robusthet anges krav till minsta vägg tjocklek utifrån väggens effektiva höjd och väggens effektiva tjocklek.

Vid övervägande vertikal belastning:

$$h_{ef}/t_{ef} < 27$$

En bärande 100 mm vägg med rumshöjd på 2,6 m

$$E_{ks}: 2,6/0,1 = 26 < 27 \text{ OK}$$

SS-EN 12602:2016 beskriver slankhetsförhållandet för lodrätt belastade förtillverkade element som (våningshöjd):

$$h_{ef}/t_{ef} < 34,6$$

Slankhetsförhållandet för lodrätt belastade förtillverkade element som (våningshöjd) med krav på brandmotstånd:

$$h_{ef}/t_{ef} < 30$$

För icke bärande väggar med krav på brandmotstånd är det med hänsyn till SS-EN 12602:2016 samt SS-EN 1996-1-2:2005+A1:2012 beskrivet ett slankhetsförhållande på (för att använda tabellvärden för minsta tjocklek):

$$h/t < 40$$

För icke bärande väggar utan krav på brandmotstånd finns det i SS-EN 1996-1-1:2005+A1:2012, Annex F listade tabellvärden för begränsningar mellan höjd, längd och tjocklek för murverk i bruksgränstillstånd.



## Vertikala och horisontala laster

Beräkningarna kan utföras med följande metodik:

1. Den faktiska vindlasten på fasaden bestäms. Kom ihåg att kontrollera om det föreligger invändigt över/undertryck.

2. Max- och min-värde för de vertikala lasterna bestäms. Min-värdet används för beräkning av de horisontala lasterna (till fördel för vertikal last).

3. Vindlasten fördelas på fasad- och bakmur.

4. De mest kritiska väggfälten väljs och genomräknas först. Det är ofta väggfälten med de största areorna och de största öppningarna.

5. Först beräknas de horisontala krafterna. I programmet EC6DeSIGN väljs modulen "tvärbelastad rektangulär vägg". Här bör min-värdet för vertikal last användas. Om utnyttjandegraden i beräkningen överstiger 100 procent kan följande möjligheter eventuellt undersökas:

- möjlighet för inspänning av en eller flera kanter?
- kan det utföras efterspänning i toppen av muren?
- kan öppningsarean reduceras?
- kan arean av hela väggfältet reduceras?
- flytta några av de invändiga väggarna/flänsarna?
- öka väggens tjocklek (öka eventuellt den effektiva tjockleken med hjälp av pelare/falser/balkar).

Den vertikala bärförmågan kan nu beräknas. I programmet EC6DESIGN väljs modulen "vertikalt belastad murad vägg" eller "vertikalt belastad elementvägg" (våningshöjd lättbetongelement). Den vertikala lasten fördelas i förhållande till murens effektiva längd, där lasten på mindre fönsteröppningar fördelas på väggfälten mellan öppningarna (vid stora öppningar beräknas väggfälten mellan öppningarna separat). För största möjliga lastkapacitet bör man försöka att centrera den vertikala lasten så mycket som möjligt på muren. Kom ihåg att använda motsvarande vindlast som den beräknade tvärlasten. Detta värde kan eventuellt finnas i rapporten för "tvärbelastad rektangulär vägg".

6. Dessa tre lastkombinationer bör alltid minst verifieras:

- Maximal lodrät + maximal horisontal last
- Minimal lodrät + maximal horisontal last
- Maximal lodrät + ingen horisontal last.

## Stabiliserande väggfält (murskiva)

Murskivor kan dimensioneras för att ta upp de samlade horisontala krafterna för byggnadens totala kapacitet. Murskivor/stabiliserande väggar påverkas i huvudsak av horisontala och vertikala laster i eget plan. För optimalt utnyttjande av konstruktionen kan man med stor fördel använda beräkningsprogram, som exempelvis EC6DESIGN.

En murskiva som ingår i byggnadens statiska system bör alltid verifieras mot brottsmekanismerna:

- glidning
- tippning
- inre brott.

### Glidning

Vid bestämning av glidningskapaciteten kan man välja en mekanisk infästning som exempelvis L-beslag monterat på sockel/platta eller använda hållfasthetsparametrarna i kohesionsfog. De två förbandsmetoderna bör inte kombineras eftersom en limfog kommer att uppnå brott innan krafterna i den mekaniska infästningen börjar verka, med hänvisning till DS INF 167:2015

Friktionskoefficient  $\mu_{k, \text{botten}}$ :  
 Murbruksfog ( $f_m > 0,5 \text{ MPa}$ ) 1,00 MPa  
 Murbruksfog på fuktspärr 0,40 MPa

Kohesion längst ned  $f_{vk0, \text{botten}}$ :  
 Lim/papp/lim 0,20 MPa

Kohesion/initial skjuvhållfasthet i fogen  $f_{vk0}$ :

Ytong 300 kg/m <sup>3</sup>	0,14 MPa
Ytong 350 kg/m <sup>3</sup>	0,18 MPa
Ytong 475 kg/m <sup>3</sup>	0,33 MPa
Ytong 575 kg/m <sup>3</sup>	0,33 MPa
Silka 1900 kg/m <sup>3</sup>	0,35 MPa

### Infästning med L-beslag

För att hålla fast en vägg mot glidning kan ett L-beslag av stål inlimmas i vertikala fogar. Stålbleslag med tjocklek 2 mm används, som passar tätt i limfogen.

Tabellvärdena är provade och fastställda av Teknologisk Institut i Danmark.

#### Horisontal lastkapacitet L-beslag, inlimmat

	$f_k$ [MPa]	Lastkapacitet [kN]	
		Strong-Tie AB70, 55 mm	L-beslag, 100 mm
Ytong 350 kg/m <sup>3</sup>	1,8	0,80	1,45
Ytong 575 kg/m <sup>3</sup>	2,7	1,43	2,59
Silka 1900 kg/m <sup>3</sup>	12,2	5,11	9,30

### Tippning

En stabiliserande vägg som påverkas av vertikal last säkras ofta mot tippning. Vid otillräcklig eller ingen vertikal belastning kan det i vissa fall vara nödvändigt att förankra väggfältet så att egentyngheten inte är för hög. Tvärställda väggar i väggfältets ändar kan också motverka tippning.

Förankring kan utföras på många olika sätt beroende av materialet och önskemål i projektet. Vid förankring i yttervägg kan en gängstång placeras i hålmuren. Alternativt kan den läggas i muren på samma sätt som för el-installationer. Ett hål kan borras i blocken/plattorna av lättbetong varefter en gängstång eller liknande förs igenom varje skift. Slutligen monteras en platta över det översta skiftet.

### Inre brott

Risken för skjuvbrott och tryckspänningar i själva skivan behöver även beaktas. Ofta kan murverkets inneboende styrka ta upp spänningarna. Om draghållfastheten hos murverket visar sig vara otillräcklig kan det läggas in dragstag eller liknande i väggens ovankant. Se eventuellt hjälptexten i EC6DESIGN under programmet "Murskiva".