

UNDVIK MISSTAG I

MURAT

OCH

PUTSAT

BYGGANDE

Handboken Undvik misstag i murat och putsat byggande togs 2006 fram i ett samarbete mellan Sveriges Byggindustrier FoU Syd, Byggrådet och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF). Denna andra och uppdaterade utgåva har huvudsakligen finansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) och Föreningen Tungt murat och putsat byggande. Ekonomiskt stöd till projektet har även lämnats av Sveriges Murnings- och Putsentreprenörförening (SPEF), Randers Tegl, Wienerberger, Tegelmäster, Brukspecialisten, Tegelinformation, Murma, H+H, Målarkalk, Karling Fasad, Joma, Combimix, Finja Betong och Arne Cajdert Byggkonsult.

Arbetsgruppen som står för omarbetningen av utgåva 2 består av Miklos Molnar, LTH, Johan Jönsson, LTH, Kenneth Sandin LTH och Tomas Gustavsson, Tomas Gustavsson konstruktioner AB/SPEF:s lärarråd. I arbetet har samarbete skett med Rolf Blank, Weber St Gobain Byggprodukter AB.

Referensgruppen har bestått av: Anders Målar, Fasadkonsult Anders Målar AB/SPEF:s lärarråd, Corfitz Nelsson, Sveriges Byggindustrier FoU Syd, Jörgen Falck, Skanska, Johan Jönsson, LTH, Miklos Molnar, LTH och Tomas Gustavsson, Tomas Gustavsson konstruktioner AB/SPEF:s lärarråd.

Remissgruppen har bestått av: Bo-Göran Johannesson, Wienerberger, Daniel Nymberg, Målarkalk, Daniel Svensson, SPEF, Fredrik Lindahl, Tegelmäster, Henrik Johansson, Joma, Jonas Hagren, Keim, Krister Nyman, Weber, Mikael Karling, SPEF och Per Pålsson, Finja.

Innehållsförteckning

Förord	3
Begrepp.....	4
Skadefall –Tegelfasad med frostsador	10
Skadefall – Tegelmur i kontakt med mark	12
Skadefall – Tegelfasad med pop-outs.....	14
Skadefall – Tegelfasad med skador på grund av rostande armering	16
Skadefall – Lagning av tegelmurverk.....	18
Värt att veta – Visualisering, en metod att välja ersättningstegel och fogbruk.....	22
Skadefall – Bristfällig kramling i befintliga skalmurar	26
Skadefall – Ras i fasad vid kanalmurning med lättbetong	28
Skadefall – Skalmur utan glidskikt.....	30
Skadefall – Skalmur på eftergivligt stöd.....	32
Skadefall – Skalmurshörn	34
Skadefall – Fristående mur.....	36
Skadefall – Temperaturrelaterade ljudproblem vid ½-stens skalmur av tegel	38
Skadefall – Murverk på grundläggningselement av cellplast	44
Skadefall – Skalmur med luftspalt.....	46
Skadefall – Inläckande vatten genom skalmur	48
Skadefall – Saltutfällningar på nyuppförd tegelmur.....	50
Skadefall – Kröntäckning med täckplattor	52
Skadefall – Föremål i murade fasader.....	56
Skadefall – Ombyggnad av industrifastighet till bostäder, kalla golv	58
Skadefall – Ombyggnad av industrifastighet till bostäder, fuktproblem på insidan	60
Skadefall – Vagg av lättbetong under mark	62
Värt att veta - Tjockputs på olika sorters blockmurverk	64
Värt att veta - Armering av puts.....	69
Skadefall – Sprickbildning orsakad av felplacerad armering i puts på lättklinkerblock	74

Skadefall – Sprickor i skarvarna mellan putsade lättklinkerement	76
Skadefall – Sprickbildning vid murning med U-block av starkt sugande tegel.....	78
Skadefall – Tjockputs på isolering	80
Skadefall – Algpåväxt på tunnputs på isolering	82
Skadefall – Oorganisk tunnputs på nyproducerad tegelmur	84
Skadefall – Organisk färg på tegel.....	86
Skadefall – Organisk tunnputs på gammalt tegelmurverk.....	88
Skadefall – Organisk färg på gammalt kalkputsat och kalkmålat massivt murverk	90
Skadefall – Organisk tunnputs på revetering	92
Skadefall – KC-puts i mättade kulörer.....	94
Skadefall – Målning med KC-färg	96
Skadefall – Kulörvariation efter putslagning	98
Skadefall – Bomlagsskarvar	100
Skadefall – Lagning efter ställningsinfästning	102
Skadefall – Puts ända ner mot mark.....	104
Skadefall – Stuprör	106
Skadefall – Takavvattning.....	108
Skadefall – Vattenavledning från murade och putsade fasader	110
Skadefall – Ventilationsgaller i fasad	112
Skadefall – Solbänk av skivmaterial	114
Skadefall – Fogar mellan glaspartier och putsad lättbetong	116
Värt att veta – Projektering av skalmurar	118

Förord

Rätt utförda kan murade och putsade fasader fungera i många decennier med minimalt underhåll. Detta, tillsammans med materialens gestaltningsmässiga kvalitéer, gör att murade och putsade fasader är vanligt förekommande i dagens byggande. Samtidigt ställer murning och putsning krav på rätt genomförd projektering, adekvat materialval och ett korrekt hantverksmässigt utförande. Orsakerna bakom eventuella misslyckanden kan ofta härledas till val av olämpliga fasadsystem, felaktiga konstruktionslösningar och brister i utförande.

Skriften "Undvik misstag i murat och putsat byggande" vänder sig till beställare, arkitekter, konstruktörer, projektörer, entreprenörer och hantverkare, det vill säga aktörer i byggbranschen som har en avgörande roll för att murade och putsade konstruktioner projekteras och produceras på rätt sätt. Skriften identifierar de emellanåt förekommande misstagen i dagens murade och putsade byggande. Typfallen utgår från enskilda konstruktionslösningar med en beskrivning av skadeorsaken. Rådges för att utforma konstruktionen rätt från början. Förslag till alternativa lösningar eller robustare systemval lämnas i förekommande fall.

Denna andra reviderade utgåva innehåller förutom ett antal nya skadefall även informativa texter kring projektering av skalmurar, tjockputs på blockmurverk, armering av puts samt visualisering av ersättningstegel och fogbruk.



Sidnummer i blå triangel anger att aktuella sidor avhandlar skadefall.



Sidnummer i grön triangel anger att aktuella sidor avhandlar informativ text.

Begrepp

Inom branschen förekommer ett antal begrepp som för en utomstående kan vara svåra att förstå. Samma begrepp kan också tolkas olika. I det följande definieras olika begrepp som de används i denna skrift. Begreppen indelas i tre olika grupper och redovisningen görs inte i bokstavsordning utan i mer logisk följd.

Puts- och murbruk

Brukskvalitet Enligt EKS 10 och SS-EN 998-2 finns 8 stycken hållfasthetsklasser för att klassificera murbruk. Hållfasthetsklasserna är M 0.5, M 1, M 2.5, M 5, M 10, M 15, M 20 och M d. Enligt praxis och tradition har en bokstavsbezeichnung i Sverige använts för klassificering dvs. A, B, C, D och E. Enligt SS-EN 998-2 finns ingen motsvarighet för beteckningarna D och E. I tabell 1 nedan finns en översättning mellan de olika systemen.

Tabell 1. Klassificering av murbruk

-	M 0.5	M 1	M 2.5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
E	D	C	B	-	A	-	-	-

Enligt SS-EN 998-1 finns 4 stycken hållfasthetsklasser för att klassificera putsbruk. Hållfasthetsklasserna är CS I, CS II, CS III och CS IV. Enligt praxis och tradition har en bokstavsbezeichnung i Sverige använts för klassificering dvs. A, B, C, D och E. Enligt SS-EN 998-1 finns ingen motsvarighet för beteckningen E. I tabell 2 nedan finns en översättning mellan de olika systemen.

Tabell 2. Klassificering av putsbruk

-	CS I	CS II	CS III	CS IV
E	D	C	B	A

<i>Hydrofoberat bruk</i>	Genom tillsatser minskas brukets kapillärsugande förmåga. Vid hög hydrofoberingsgrad blir brukets yta vattenavstötande. Ånggenomsläppligheten påverkas inte av hydrofobering men uttorkning av vatten som finns i bakomliggande underlag fördröjs. Detta beror på att vatten i uttorkningsfasen inte sugs ända fram till ytan, varför diffusionen till omgivande luft sker långsammare.
<i>Sulfatbeständigt bruk</i>	Används främst i samband med murning och putsning på underlag som innehåller sulfat, till exempel en del sorters lättbetong, för att undvika vissa oönskade kemiska reaktioner.

Puts och ytskikt

<i>Puts</i>	Generellt begrepp för en fasadbehandling som ger ett heltäckande skikt med minsta tjocklek 2 mm (denna siffra kan variera i olika litteratur). Begreppet puts kan avse både ett enskilt skikt och ett system med olika skikt.
<i>Ytskikt</i>	Generellt begrepp för det yttersta skiktet i en fasadbehandling. Begreppet kan till exempel avse både färg och ytputs.
<i>Tjockputs</i>	Puts med en totaltjocklek med i allmänhet mellan 9 och 20 mm. Kallas även grovputs.
<i>Tunnputs</i>	Puts med en totaltjocklek mellan 2 och 8 mm.
<i>Grundning</i>	Det första putspåslaget som sedan den ”egentliga putsen” appliceras på. Grundningen kan ha olika tjocklek, från en icke täckande mycket tunn behandling till ett heltäckande putsskikt med en tjocklek på flera millimeter.
<i>Tunngrundning</i>	Heltäckande grundning med en tjocklek på 1–2 mm.

<i>Utstockning</i>	Det egentliga puts-skiktet som ska fylla ut eventuella ojämnheter och ge ytan önskad planhet och i vissa fall struktur.
<i>Revetering</i>	Fritt hängande tjockputs med armeringsnät som fästs i väggen. I allmänhet avses puts på trävägg.
<i>Genomfärgad puts</i>	Puts av ett fabriksblandat bruk där färgpigment tillsätts på fabrik.
<i>Ädelputs</i>	Till de första ädelputserna, som kom i början av 1900-talet, användes ballast av sand samt bindemedel av släckt kalk eller hydraulisk kalk och tillsats av glimmer. Från 1920-talet började man blanda in dolomit respektive kalksten i ballasten, småningom kom dessa att helt ersätta sanden som ballast i ädelputser. Under efterkrigstiden minskade efterhand användningen av hydraulisk kalk som bindemedel, och ersattes av kc-bruk. Dolomit och kalksten medför att putsen får en ljus kulör, vilket betyder att möjligheterna att pigmentera putsen, och därmed få en genomfärgad puts, är goda. Ädelputs, som anses vara en mycket hållbar puts, används som ytputs i flerskiktputs.
<i>Rivputs</i>	Efter det att putsen hårdnat något rivs de yttersta 2–3 millimetrarna bort med spikbräda, vilket medför en struktur med inåtgående urgröpningar. Rivputs kallas även skrapad puts.
<i>Stänkpuds</i>	En tunnputs med varierande grovlek som stänks eller sprutas på underlaget. Ger en småknottrig ytstruktur.
<i>Spritputs</i>	En tunnputs med varierande grovlek som stänks eller sprutas på underlaget. Ger en grovknottrig ytstruktur.

<i>Säckskurning</i>	En mycket tunn, ej heltäckande, ytbehandling med putsbruk. Ytan bearbetas med grovporig skumgummibräda eller dylikt så att det underliggande teglet delvis syns.
<i>Slamning</i>	En tunn ytbehandling med putsbruk, kan vara genomfärgad
<i>Oorganiskt ytskikt</i>	Ytbehandling som enbart innehåller oorganiska komponenter, till exempel kalkfärg, kalkcementfärg, cementfärg och silikatfärg.
<i>Organiskt ytskikt</i>	Ytbehandling där bindemedlet i huvudsak innehåller organiska komponenter, till exempel olja, alkylid eller akrylat.
<i>Vattenavvisande ytskikt</i>	Ytskikt som gjorts vattenavstötande genom tillsats av olika preparat, till exempel silikonhartsfärg eller silikatfärg med vattenavvisande tillsatser.
<i>Kalkfärg</i>	Färg med bindemedel av kalk.
<i>Kalkcementfärg</i>	Färg med bindemedel av kalk och cement.
<i>Cementfärg</i>	Färg med bindemedel av cement.
<i>Silikatfärg</i>	Färg med bindemedel av vattenglas.
<i>Tät färg</i>	Ett oegentligt begrepp som ofta används på färger som anses vara täta mot både vatten och ånga. Begreppet bör undvikas.
<i>Hydrofobering</i>	Behandling med preparat som gör ytan vattenavvisande men som inte påverkar ånggenomsläppligheten nämnvärt. Dock fördröjs uttorkningen av innanför liggande skikt. Behandlingen tränger in i underlaget och syns normalt inte.

Konstruktionen

<i>Skalmur</i>	En fristående mur som fästs med kramlor i den bakomliggande bärande väggen.
<i>Kanalmur</i>	<p>I Sverige har beteckningen kanalmur normalt använts för vägg med fasadmur och bakmur av halvsten tegel, med mellanliggande kanal, ofta innehållande isolering. I gällande eurokod används beteckningen kanalmur även för väggar med bakmur av andra material, som till exempel lättbetong och lättklinker.</p> <p>Bakmuren ger normalt ett inre klimatskydd avseende framförallt lufttätning, och utförs emellanåt som bärande väggdel.</p>
<i>Brukstugga</i>	Överskottsbruk som trycks ut ur fogen vid murning, kallas även brukstunga.
<i>Bomlag</i>	Arbetsplan på byggställning.
<i>Putskant</i>	Plåt som viks på ett speciellt sätt där putsen ska ansluta till plåtdetalj.
<i>Dilatationsfog/ rörelsefog</i>	Särskiljande av olika byggnadsdelar för att eventuella rörelser inte ska medföra sprickbildning. Kan vara öppen eller fylld med fogmassa. Kallas även rörelsefog.
<i>Kalkutfällning</i>	Om en puts som inte härdat färdigt får för hög fukthalt löser vattnet upp kalk från bindemedlet. När putsen torkar följer denna kalk med fram till ytan. Vattnet avdunstar medan kalken stannar på ytan och ger en ljus slöja.
<i>Lövsil</i>	Anordning på stuprör som förhindrar löv och dylikt att komma in i dagvattenledningen.
<i>Solbänk</i>	Skiva eller speciellt murskift som avtäckning av mur under fönster. Används ibland i stället för fönsterbleck.
<i>Svepstift</i>	Anordning som fixerar stupröret till väggen.
<i>Membran- isolering</i>	Vattentät behandling som skydd mot vatteninträning. Kan vara gummiduk eller asfaltpapp.

Skadefall – Tegelfasad med frostsador



Vid frostsador i tegel lossnar 2-10 mm tjocka skärivor. Skador uppkommer framförallt i de lägen där skalmuren utsätts för slagregn.

Bakgrund och skadeorsaker

Frostkänsligt tegel har använts i fasad som ofta är utsatt för slagregn. Cirka 2-10 mm tjocka skärvor lossnar från tegelstenarna, mestadels i fasadens övre halva där fuktbelastningen är störst.

Rätt från början

Använd enbart frostbeständigt tegel, frostbeständighetsklass F2 enligt SS-EN 1996-2, i fasader.

Kommentarer

Frostbeständighetsklassning F2 är ett minimikrav i fasader dock utan att garantera fullständigt skydd mot eventuella frostsador.

Bränningsgraden, det vill säga hur länge och vid vilken temperatur som teglet bränns, är väsentlig för graden av frostbeständighet – högre bränningsgrad ger oftast bättre frostresistens.

Frostbeständigheten beror också på formningsmetoden. Strängpressning av leran genom ett munstycke ger skiktningar i leran som kan medföra lägre frostbeständighet. I maskinslaget tegel undviks denna typ av skiktningar. I vacuumpressning, som är den metod som används vid tillverkning av tegel i Sverige idag, undviks också denna typ av skiktning i leran.

Erfarenhetsmässigt har det förekommit frostsprängningar i vissa tegelsorter som tillverkades under 1970-, 1980- och 1990-talen i Sverige, sannolikt beroende på att de brändes i för låg temperatur. Frekvensen av frostsprängning av tegel i fasader från 2000 och senare har varit låg.

Det är viktigt att murtegel, det vill säga tegel som bränts för att användas i torr miljö eller putsas med tjockputs, inte används i oputsat murverk utomhus.

Skadefall – Tegelmur i kontakt med mark



Fuktig tegelmur.

Bakgrund och skadeorsaker

Av gestaltningsmässiga skäl låter man tegelmuren gå ned i mark, utan övergång till annat material i sockel. På grund av direkt kontakt med marken finns risk för att undre delen av tegelmuren är vattenmättad, vilket ökar risken för frostsador i murverk med bristande frostbeständighet. Kapillär uppsugning från marken kan också ge missfärgningar.

Rätt från början

Börja murningen över marknivå. Sockeln bör utformas i betong, natursten, putsad leca eller annat frost- och fuktbeständigt material. Applicera en fuktspärr mellan sockel och tegelmur. Fuktspärr bestående av rostfri stålplåt eller butylgummiduk fungerar även som glidskikt och minskar risken för tvångssprickor.

Kommentarer

Vattenmättat murverk löper risk för missfärgningar och framtida frostsador. Om man, av gestaltningsskäl, ändå låter teglet gå ned i mark bör man se till att murverket inte kan suga vatten kapillärt från omgivande marklager, och att det finns en välfungerande dränering. Endast murbruk och tegel med särskilt god frostbeständighet bör användas. Ljusa tegelsorter bör undvikas, med hänsyn till att dessa ofta får en tydligt annorlunda kulör när de är fuktiga, och att nedsmutsning ofta syns mer på ljusa tegelsorter.

Hård bränningsgrad medför att vattensugningen blir låg. Vid val av murning med särskilt hårdbränt tegel, till exempel marktegel, bör man i förväg förvissa sig om att det bruk man murar med ger god vidhäftning mot teglet. Tegelleverantör respektive bruksleverantör bör kunna ge uppgifter på lämpligt val av bruk.

För att minska risken för utfällningar på grund av kapillär uppsugning från marken kan man lägga in ett kapillärbrytande membran i någon av de understa liggfogarna.

Skadefall – Tegelfasad med pop-outs



Lokala avflagningar (pop-outs) i tegel.

Bakgrund och skadeorsaker

Leran, som teglet tillverkats av, innehåller större korn av bränd kalk. Kalkkornen, som kan vara synliga i tegelytan, expanderar när de kommer i kontakt med fukt, vilket gör att skärvor av varierande storlek sprängs bort från tegelstenarna.

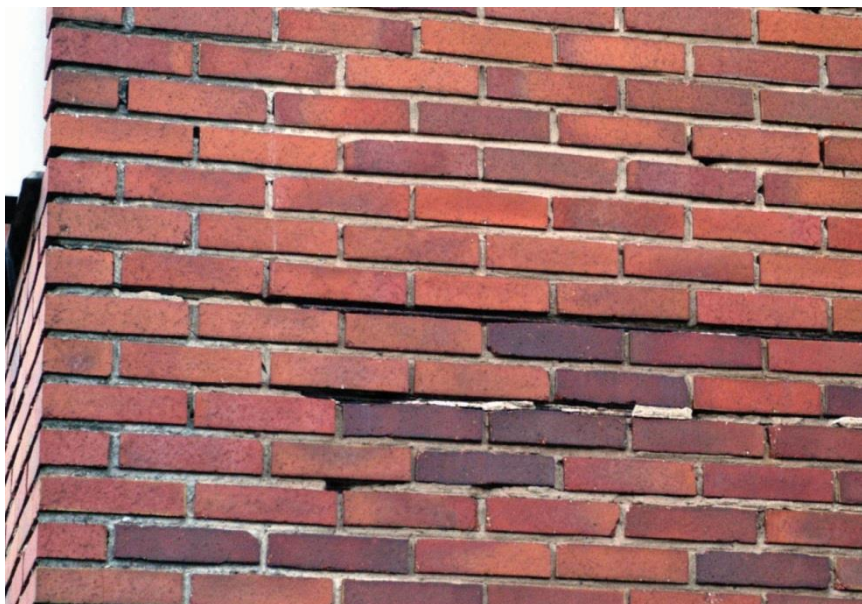
Rätt från början

Det är svårt att från början avgöra om en tegelsort får problem med kalksprängning. Fenomenet är vanligare hos gult tegel, som får sin gula färg just på grund av större kalkinnehåll. Kontrollera att teglet inte innehåller alltför många synliga kalkkorn.

Kommentarer

Om kalksprängning förekommer i begränsad omfattning behöver detta inte ses som en teknisk eller gestaltningsmässig brist.

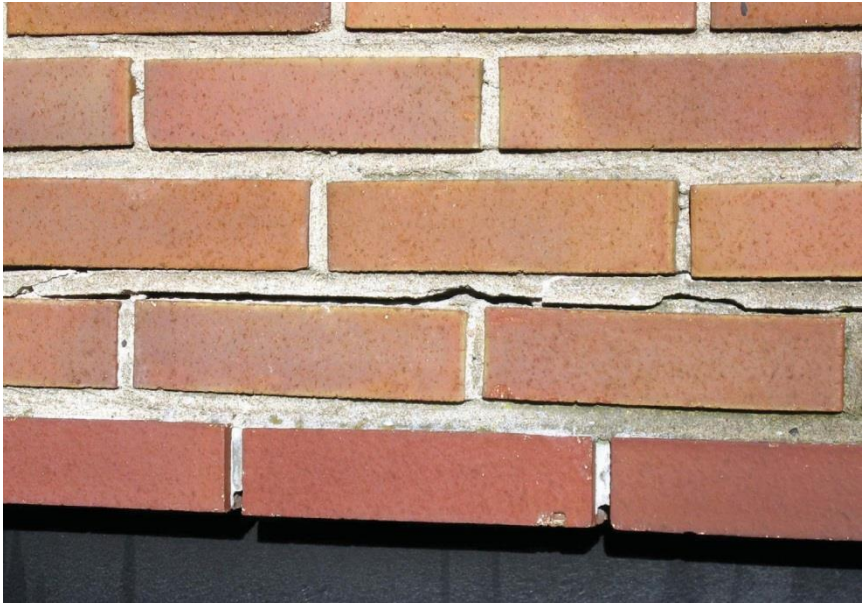
Skadefall – Tegelfasad med skador på grund av rostande armering



Rostsprängning i murbruksfogarna.

Bakgrund och skadeorsaker

Skadan orsakas av horisontalarmering som efter cirka 20–30 år har börjat korrodera. Fogen ”sprängs” på grund av att korrosionsprodukternas volym är 5–6 gånger större än stålets. Rostsprängning kan skada både fogar och tegelstenar. Det senare yttrar sig i form av att tegelskärvor lossnar från fasaden.

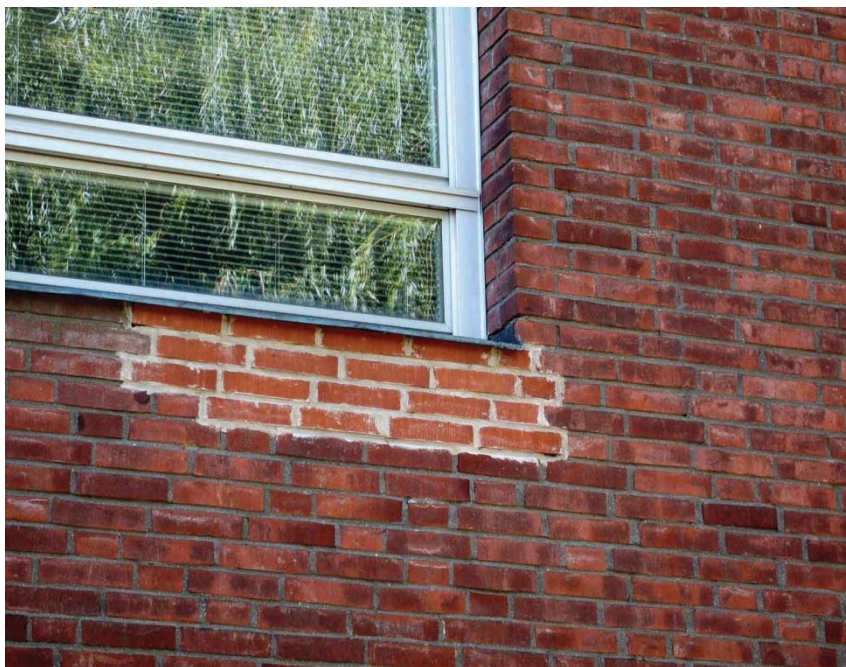


Rostskadad fönsterbalk.

Rätt från början

Använd alltid rostfritt stål som murverksarmering i utvändiga skalmurar, i enlighet med föreskrifter i EKS (Boverkets föreskrifter om tillämpning av eurokoder).

Skadefall – Lagning av tegelmurverk



Starkt avvikande kulörer, i tegel och fog, vid lagning av tegelmurverk.

Bakgrund och skadeorsaker

Det skadade väggpartiet har lagats med avvikande tegelstenar, murbruk och fogtyp. Ovarsamt materialval och utförande har kraftigt förfulat byggnaden.

Rätt från början

Även mindre reparationsåtgärder bör planeras på ett kvalificerat sätt. Vid val av ersättningstegel ska hänsyn tas till färg, format (till exempel är danskt tegel mindre än svenskt) och ytstruktur. Fogbruket bör matcha befintligt murbruk med avseende på färg och sammansättning. Hänsyn ska tas även till fogtypen.

De allra flesta av de tegelsorter som finns i äldre fasader idag tillverkas inte längre. Men praktiska erfarenheter visar ändå att man bör leta efter bästa möjliga val. Det finns ett svenskt fasadtegelbruk i drift, och en del danska tegelbruk tillverkar också i svenskt format. Vidare finns det tyska format som är snarlika det svenska normalformatet, förutom att det finns producenter som erbjuder sig att tillverka mindre serier av speciella tegelsorter. I vissa fall kan det också finnas möjligheter att använda återbrukat tegel.

Om inte tegel med identiskt utseende kan användas vid reparation är det desto viktigare att fogarna blir lika de omgivande murfogarna. Bruket bör därför väljas med omsorg, och fogningen ske så att rätt fogtyp och kulör erhålls.

Kommentarer

När ett fogbruk läggs på plats suges överskottsvatten bort och en kemisk reaktion inleds som medför att hållfastheten börjar växa till. Om fogbruket slutbehandlas, fogstryks, för snabbt efter att det anbringats får man fram mycket finmaterial och bindemedel i ytan. Resultatet blir en slät yta, ofta med kalkutfällningar, och med alltför ljus kulör. Om man väntar lite längre blir bruket styvare när ytan bearbetas, vilket ger en grövre yta med mörkare kulör, utan kalkutfällningar. Processen är komplex, inte minst med tanke på att den går snabbare i högre temperatur än vid lägre. Det gäller för hantverkaren att läsa situationen och anpassa sitt hantverk efter rådande förhållanden, och för projektören att klargöra i sina handlingar att det goda hantverket är efterfrågat.

Fogverktyg av stål resulterar också i mer finmaterial i ytan, det vill säga en slätare och ljusare yta, än om man använder en fogpinne av trä. Normalt eftersträvas en råare yta, men det kan finnas undantag.

Några ytterligare saker att beakta vid projektering och utförande av fasadreparationer:

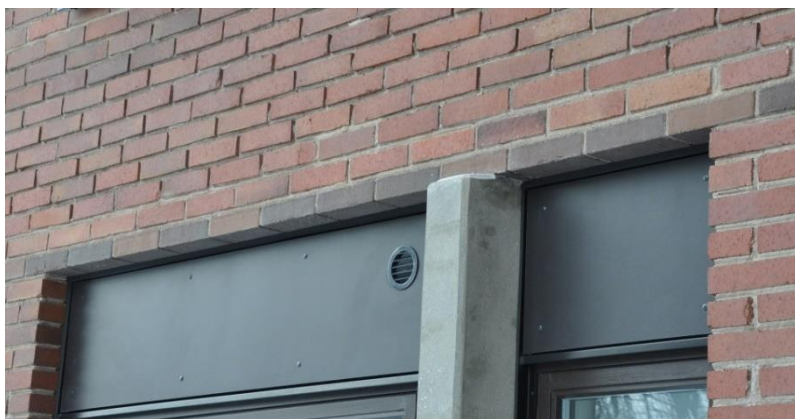
- Fogtyp bör utföras lika befintlig. Särskilt vanligt i murverk från 1950- och 1960-talen är att fogbruket i liggfogar livar med teglet på undersidan och är tryckt några mm i ovankant. Fogstrykningen utfördes ofta med en bit tegel
- För att en slät fog ska erhållas bör man ha ett visst överskott av fogbruk innan fogstrykning sker
- Producent av prefab tegelskift ("tegelbalkar") bör ha uppgift på förband och balkarnas totala längd (så att rätt bredd på stötfogen erhålls) som balkarna ska utföras med
- Prefab tegelskift för reparation kan alternativt tillverkas med en stens övermått, för att man ska undvika onödigt breda stötfogar, eller små tegelbitar vid balkände
- Vid avvikande kulör i såväl tegel som fog är det ur utseendesynpunkt bättre om man får en mörkare kulör än om den är ljusare



Äldre, gult tegel är ofta nedsmutsat så att det är svårt att hitta ersättningstegel. För att minska problemet kan man utföra fasadtvätt, eller behandla det nya teglet så att det avviker mindre, exempelvis med pigmenterat kalkvatten.



Teglet i denna lagning passar relativt bra in i omgivande murverk, men fogarna är alltför ljusa och därför blir lagningen onödigt avvikande. Balken har tillverkats med för smala stötfogar, vilket medfört att man tvingats mura in små tegelbitar vid ena upplaget. För att undvika detta bör balkfabriken ha uppgift på stötfogens bredd.



I understa skiftet har valts ett tegel som avviker, men eftersom det är mörkare och fogen överensstämmer blir lagningen bra. Tegel i balken har tillsats av manganoxid och är bränt med syreunderskott i ugnen. Vidare har murning utförts med baksidorna utåt, vilket ökar överensstämmelsen med olagade delar.

Värt att veta – Visualisering, en metod att välja ersättningstegel och fogbruk



Dåligt val av ersättningstegel



Dåligt val av ersättningstegel.

Det finns stora underhållsbehov i tegelfasader från perioden 1940-1980. Utbyte av tegelstenar och fog erfordras i många fasader på grund av exempelvis rostsprängning av armeringsjärn respektive frostsprängning av tegel. För att hitta ersättningstegel och fogbruk kan provlagningar utföras, vilket ofta är en kostsam och utdragen process.

Nedan redovisas en alternativ metod som kan användas i ett tidigt stadium, varigenom en sällning av olika förslag på ersättningsmaterial kan göras. Därefter bör provmurning utföras, men omfattningen av detta moment kan därigenom minskas. I denna metod används Autodesk's program AutoCad vilket är ett kommersiellt program som hanterar ritning och visualisering.

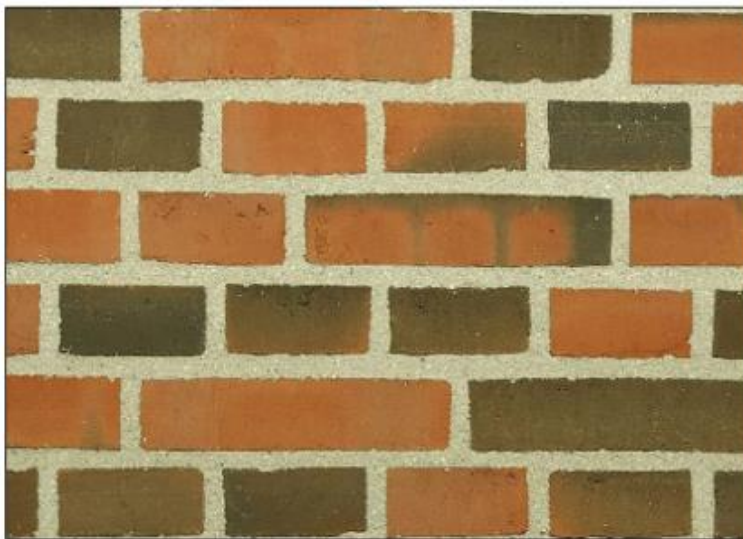
Metod

Nedan ges en kortfattad beskrivning på tillvägagångssättet.

- Ta en bild med digitalkamera på det aktuella område som ska renoveras. Ytan som fotograferas bör inte vara för stort, maximalt $1 \times 1 \text{ m}^2$. Det är bra om det finns möjlighet att använda makroobjektiv för att bilden inte ska bli förvrängd. Ta också närbilder på enskilda tegelstenar och fogar. För att få en god överensstämmelse mellan verklig bild och datorgenererad, bör närbilder tas på minst cirka hälften av tegelstenarna. Givetvis är det bäst om närbilder tas på alla tegelstenar
- Ta bilder på ersättningstegel och fog. Antingen används bilder som materialtillverkaren tillhandahåller, men det är bättre att ta egna närbilder på ett antal tegelstenar och fogprov. Ju fler bilder som tas på enskilda stenar desto bättre, detta för att få med variationen i geometri, kulör och textur
- Importera bilden på det skadade området till AutoCad. Bilden bör skalas om så att det verkliga måttet erhålls. Detta görs enklast genom att låta en tumstock finnas med i bilden
- Rita av bilden genom att "kalkera", det vill säga rita av tegelstenarna med en sammanhängande linje (polyline), ju noggrannare desto bättre
- Skapa egendefinierade material av närbilderna på tegelstenarna och fogbruket i AutoCad

- Lägg på det egendefinierade materialet på trådmodellen för att se hur väl originalbilden överensstämmer med den datorgenererade bilden
- När god överensstämmelse har uppnåtts är det dags att prova att lägga på de olika ersättningsmaterialen, det vill säga ersättningsteglet och bruket, för att avgöra vilka som fungerar bäst ihop

I de följande illustrationerna visas hur olika val av geometri påverkar hur väl den datorgenererade bilden överensstämmer med originalbilden.



Originalbild.

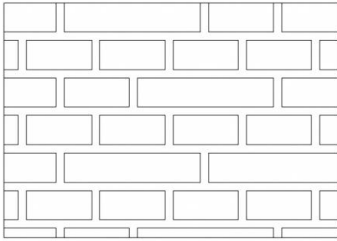


Bild 4. Datorgenererad bild där alla löpstenar respektive koppstenar har identiska mått samt alla fogar är 12 mm

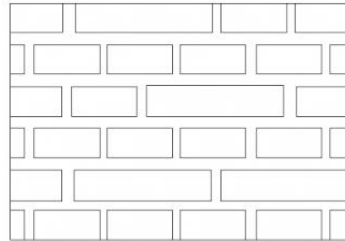
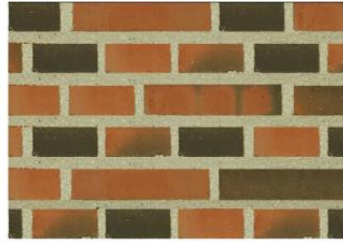


Bild 5. Datorgenererad bild där helsten och kopp har identiska mått, lika bild 4, fogen är ritad med det medelmått som gäller för det aktuella murverket.

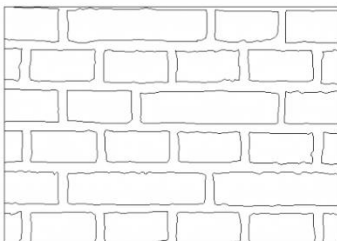
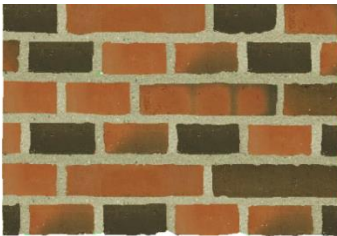


Bild 6. Datorgenererad bild där alla stenar och fog har individuella mått enligt originalbilden.

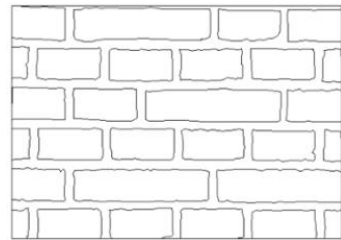


Bild 7. Samma som bild 6 men tre av stenarna har ersatts av annat tegel. För exemplet skull har inte tegelstenar som ska passa så bra som möjligt valts.

Skadefall – Bristfällig kramling i befintliga skalmurar



Fasadras efter stormen Gudrun i januari 2005.

Bakgrund och skadeorsaker

Raset har orsakats av bristfällig förankring av tegelfasaden. Detta har orsakats av att det funnits för glest med kramlor och att funktionen hos de kramlor som fanns efter hand satts ned på grund av korrosion, eftersom de utförts med bristfälligt korrosionsskydd. En ytterligare bidragande orsak till raset är att en del av kramlorna inte har murats in i murverket.

Rätt från början i nyproduktion

Använd alltid kramlor i rostfritt, syrafast stål. Kramlorna ska vara utformade på ett sätt som tillåter att skalmuren rör sig i förhållande till bakomliggande stomme. Det krävs en särskild kontroll av att föreskriven typ av kramlor används och av att rätt antal byggs in. Denna åtgärd bör vara egenkontrollpunkt.

Kompletteringskramling

För att förebygga problem kan man komplettera kramlingen med särskilda renoveringskramlor. Dessa kan normalt fästas i bjälklagskanter, tvärgående betongväggar och/eller bakmurar av murverk.

Kommentarer

Risken för att skalmurar med bristande kramling rasar är reell, det visas av att ett stort antal ras skett i Sverige. Eftersom den förankring som finns i många fasader försämras efterhand, på grund av att kramlor utan fungerande rostskydd använts, ökar risken för ras efterhand.

Särskilt riskabla är höga fasader byggda under andra halvan av 1960-talet. Detta hänger samman med att man då, förutom att man använt stål som saknade tillräckligt rostskydd, ännu inte börjat använda ledade kramlor, samtidigt som man ofta byggde höga fasader med bakomliggande betongstomme. Kramlorna gjöts in i stommen i ett tidigt skede, och passningen till skiftgången kan förutsättas ha varit ett svårt moment. Efter svåra stormar i slutet av 1960-talet skärptes kraven på kramlingen. I många byggnader som uppfördes innan detta slagit igenom kan man förutsätta att horisontalförankringen idag är särskilt bristfällig.

Byggställningar bör inte förankras i skalmurar från den aktuella tidsperioden, om man inte är säker på att deras horisontalstabilitet är tillräcklig.

Skadefall – Ras i fasad vid kanalmurning med lättbetong



Några år efter färdigställandet av byggnaden rasade en del av fasaden i samband med stormen Sven, 2012.

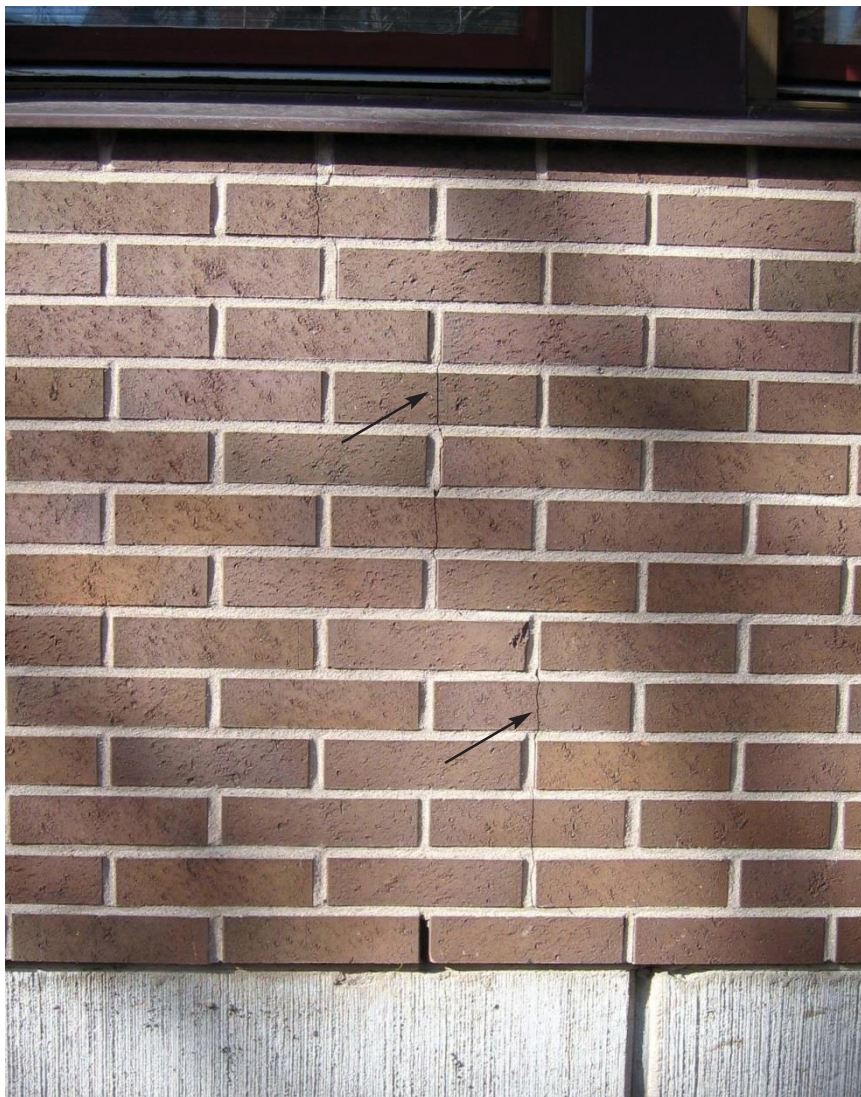
Bakgrund och skadeorsaker

Ytterväggen är uppbyggd av en inner- och yttermur med mellanliggande isolering. Murblocken som har använts består av lättbetong, och blocken är sammanfogade med ett tunnfogslim. Kramlingen är troligtvis utförd med en kramla för efterbockning, monterad i skärningen mellan stöt- och liggfog. Enligt bild (krävs zoomning) är infästningen i inre muren utförd med någon typ av plugg. I detta fall har ingen efterbockning utförts vid inmurning av kramlan i den yttre muren vilket innebär att kraften mellan murverk och kramla endast överförs mellan tunnfogslimmet och den släta, obockade kramlan. Detta resulterar i dålig förankringskraft.

Rätt från början

För att kramlorna ska kunna ”greppa tag” om murverket måste murningen av lättbetongblocken i den yttre muren ske med en fog vilken minst är 10 mm hög. Vidare krävs att kramlan är bockad, för att öka utdragningskraften, och monterad i liggfogen. Vid murning med fler våningar än två rekommenderas att ledade kramlor används för att undvika tvångskrafter.

Skadefall – Skalmur utan glidskikt



Spricka mellan underkant fönster och grundmur.

Bakgrund och skadeorsaker

Tegelmurverk och betong rör sig olika mycket på grund av fukt- och temperaturändringar samt initiell krympning. Skalmuren på bilden har murats direkt på betongsockeln, med hög vidhäftning i gränsskiktet mellan skalmur och betongsockel. När dragspänningarna på grund av hindrade rörelser blir tillräckligt stora, spricker skalmuren.

Rätt från början

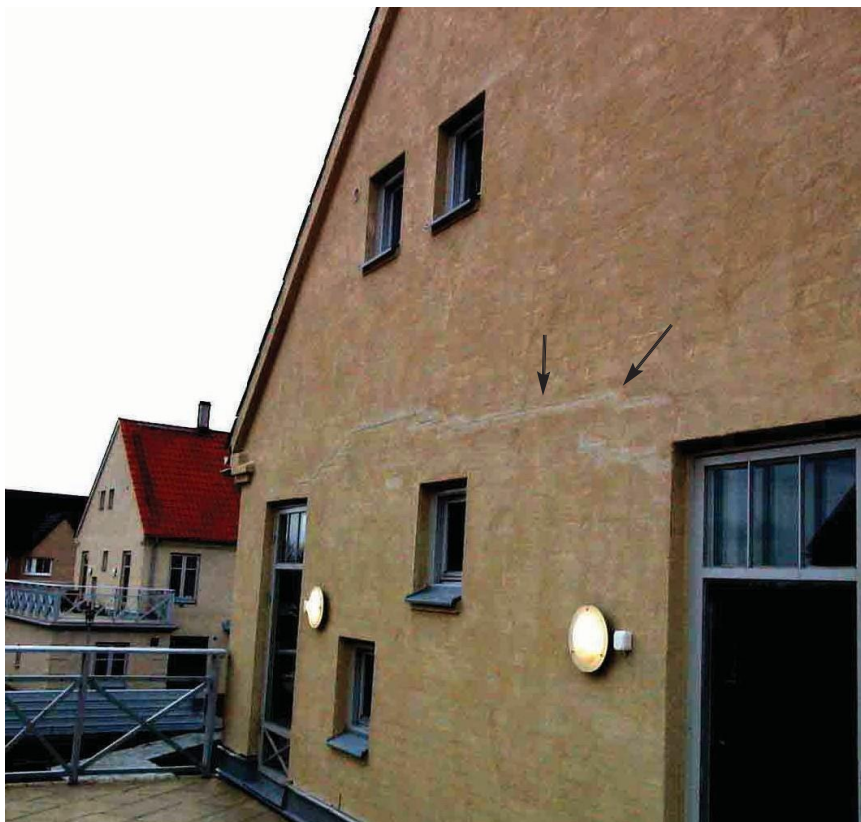
Anslutningen mellan en grundmur av betong eller annat stenmaterial och en tegelmur ska alltid utformas med ett glidskikt med så låg friktion som möjligt. Glidskiktet kan bestå av rostfri plåt eller butylgummiduk. Undvik bitumenhaltiga glidskikt, eftersom bitumen smälter på sommaren och rinner ner på sockeln.

Kommentarer

Sprickor som uppkommer på grund av hindrade rörelser har begränsad inverkan på murars konstruktiva funktion och kan betraktas som en utseendemässig olägenhet. Ytbehandling i form av en slät puts eller målning i ljusa färger framhäver eventuella sprickor. Sprickor är mindre framträdande på tegelytor eller putsade ytor med grov textur. Horisontalarmering har begränsad effekt när det gäller att förhindra uppsprickning.

Användning av brukskvalitet M 1 istället för M 2.5 medför att eventuella sprickor i allmänhet följer fogarna och inte går rakt genom tegelstenar. Därigenom blir de inte alls lika iögonfallande.

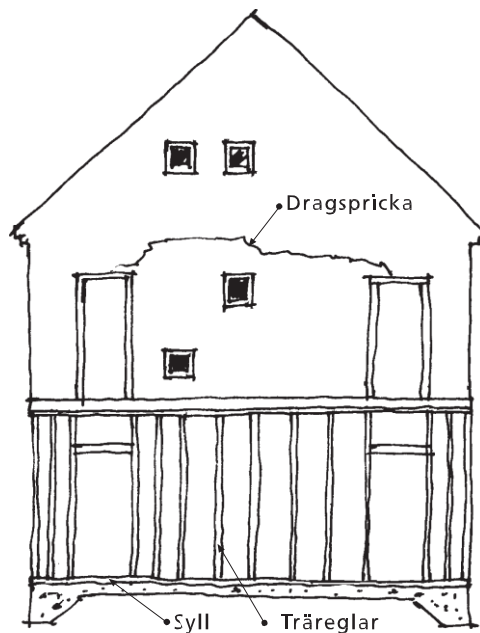
Skadefall – Skalmur på eftergivligt stöd



Sammanhängande horisontell spricka i gavelns centrala delar.

Bakgrund och skadeorsaker

En träregelvägg på parhusets bottenplan fungerar som stöd för altan och gavelvägg, se skiss. Lasterna från altanen och gavelväggen är störst mitt för gavelspetsen. Eftersom träregelväggens styvhet inte är anpassad till denna lastfördelning, uppkommer stora vertikala deformationer (sättningar) mitt för gavelspetsen. På grund av murverks begränsade draghållfasthet leder sättningarna till sprickor.



Skiss över konstruktionslösning.

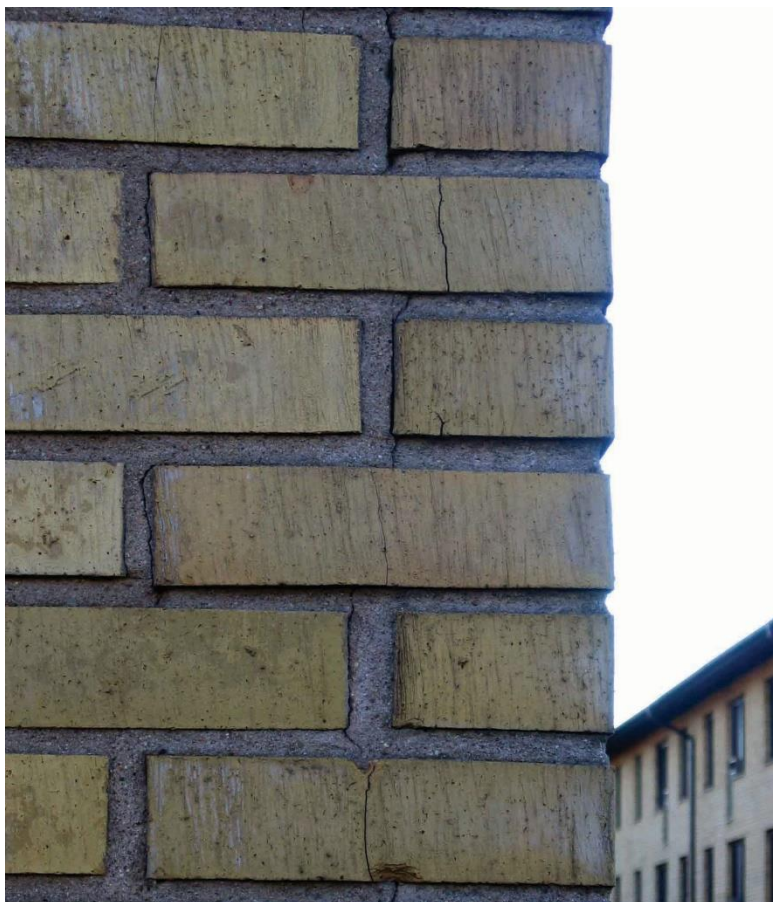
Rätt från början

Undvik att placera tegelmurar på eftergivligt stöd, som t.ex. träregelväggar. Använd betong, tegel, lättbetong, lättklinkerbetong eller betongsten som upplag för murade väggar.

Kommentarer

Både skalmurar och bärande murverksväggar ska byggas på styva och oeftergivliga stöd. Sättningarna orsakar sprickor och i värsta fall stabilitetsproblem i murade konstruktioner. När skalmurar utförs med grundläggning av L-element kan sprickbildning av liknande typ uppstå. Om det finns spänningskoncentrationer i en längre skalmurs centrala delar kan det resultera i en sättning i murens mittersta del, stödsjunkning. Detta kan resultera i att egyptyngden från murverkets mitre del förs över till sidorna via valvverkan, varvid det uppstår risk för horisontell sprickbildning i skalmurens mittersta delar.

Skadefall – Skalmurshörn



Vertikal spricka vid skalmurshörn.

Bakgrund och skadeorsaker

Skalmurarna är sammanmurade, vilket gör att fukt- och temperaturrörelser hindras. Låsningen är starkast vid hörn i närheten av fundamentet. Vid tillräckligt stora dragspänningar uppstår typiska vertikala sprickor en halv sten in från hörn.

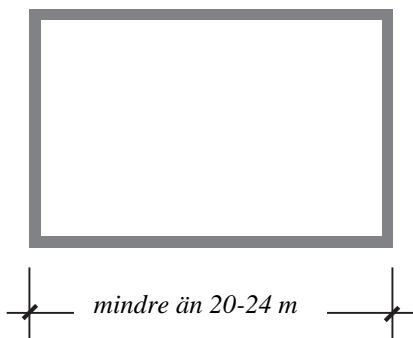
Rätt från början

Vill man undvika den här typen av sprickor ska skalmurar skiljas från varandra av en vertikal rörelsefog vid hörn. Rörelsefogar vid hörn behövs dock först om skalmurarna är längre än 20-24 meter, se skiss.

Skalmurarna får inte kramlas inom en meter från hörn om rörelsefog saknas.

Kommentarer

Sprickor som uppkommer på grund av hindrade rörelser har en begränsad inverkan på skalmurars konstruktiva funktion. Då kan sammanhängande hörn, som visserligen spricker ibland, vara ett acceptabelt alternativ till förfulande rörelsefogar. Armering som läggs i liggfogar runt hörn kan effektivt begränsa bredden hos eventuella sprickor.



Fasader kan under vissa förutsättningar (se kapitlet om projektering av skalmurar) utföras utan rörelsefogar om avståndet mellan ihopmurade skalmurar är kortare än 20-24 m.

Skadefall – Fristående mur



Fristående mur utan dilatationsfog.

Bakgrund och skadeorsaker

En lång mur har byggts utan vertikala dilatationsfogar och horisontellt glidskikt mellan mur och fundament. Muren kan inte röra sig fritt i förhållande till fundamentet, vilket bygger upp dragspänningar i muren. När dragspänningarna på grund av hindrad sammandragning blir större än murverkets draghållfasthet spricker muren.

Rätt från början

Utforma muren med vertikala dilatationsfogar, med ett centrumavstånd motsvarande 4–5 gånger murens höjd. För att minska tvånget bör man applicera ett horisontellt glidskikt av plåt eller annat friktionssänkande material mellan fundament och mur. Säkra murens sidostabilitet genom strävpelare (även kallade konterforer), hellre än genom inspänning i fundamentet med hjälp av ståldymplingar.

Kommentarer

Tvångsprickor har begränsad inverkan på murens konstruktiva funktion. Ytbehandling i form av en slät puts eller målning i ljusa färger framhäver eventuella sprickor. Sprickor är mindre framträdande på tegelytor eller putsade ytor med grov struktur.

Användning av brukskvalitet M 1 i stället för M 2.5 medför att eventuella sprickor i allmänhet följer fogarna i stället för att gå genom stenarna eller blocken. Därigenom blir de inte lika iögonfallande.

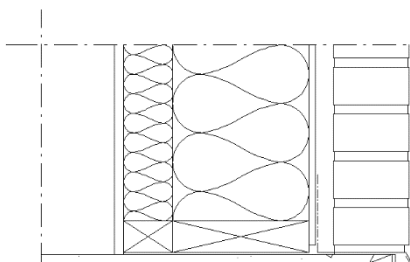


Vertikal spricka.

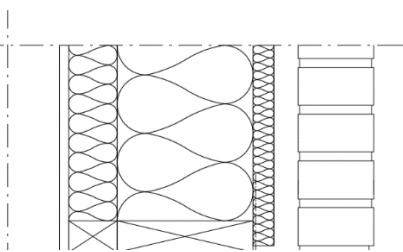
Skadefall – Temperaturrelaterade ljudproblem vid ½-stens skalmur av tegel

Bakgrund och skadeorsaker

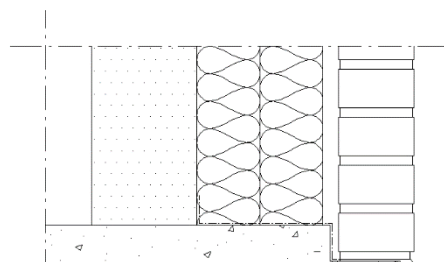
Här redovisas två olika skadefall på enbostadshus där temperaturrelaterade rörelser i ½-stens fasad orsakar ljudproblem. I ena skadefallet består ytterväggen av en regelstomme med fasad av tegel och ej ledade kramlor (murkamspik), se figur 1 och 2. I det andra skadefallet består ytterväggen av en inre mur av stående lättbetongelement, isolering, fasad av tegel och ledade kramlor, se figur 3. I alla fallen används ett sockelelement, ett så kallat L-element, bestående av cellplast och någon typ av fiberarmerad cementprodukt som ytskikt. I det första skadefallet är orsaken känd, i det andra skadefallet är orsaken ännu inte känd och därför presenteras flera alternativ till troliga orsaker.



Figur 1. Sektion, skadefall 1.



Figur 2. Sektion, skadefall 1.



Figur 3. Sektion grund, skadefall 2.

Skadeorsak för skadefall 1

I ett område med cirka 40 stycken hus har cirka hälften ljudproblem. I de hus som har problem monterades en utvändig gipsskiva på regelstommen, följt av 30-35 mm luftspalt och tegel, se figur 1. Detta ändrades under tiden byggnationen pågick, på så sätt att gipsskivan ersattes med vinds tätande folie och 30 mm stenullsisolering, se figur 2. I båda fallen utfördes kramlingen med en oledad kramla (murkamspik). Då gipsskivan ersattes med isolering innebar detta att den fria längden (längden mellan infästning i regel och tegel) dubblerades vilket resulterade i större rörelsemån mellan regelstomme och tegelmur med mindre tvångskraft på regelstommen, vilket medförde att ljudproblemen minskade.

Rätt från början

Praxis vid kramling av ½-sten tegelfasad hos byggnader med maximalt två våningar är förankring med murkamspik. För att minska sannolikheten för tvångsspänningar mellan stomme och tegelfasad rekommenderas att använda en ledad kramla och att den monteras på rätt sätt, se alternativ 2 på följande sidor.

Förslag på troliga orsaker gällande skadefall 2

Alternativ 1

Ojämnheter i gränsskiktet mellan grund och murverk av tegel gör att teglet inte kan röra sig ”obehindrat” på grund av temperaturrörelser. Som exempel kan tas när den rostfria plåten inte ligger horisontellt alternativt plåtskarvarna inte ligger på samma nivå, se bild 1 nedan. Rörelserna från teglet kan då hindras vilket leder till större tvångskrafter och större sannolikhet att vibrationer och ljud uppstår.



Bild 1. Upplag av ½-stens tegelmur på felaktigt monterad underlagsplåt.

Alternativ 2

Mellan bakmur av lättbetong och skalmur av tegel har monterats murkramlor för att säkerställa horisontalstabiliteten i murverket. På grund av temperaturrörelser i skalmuren finns möjligheten att även bakmuren påverkas av dessa rörelser med risk för att vibrationer (som alstrar ljud) uppstår vid grund eller vid andra infästningspunkter såsom angränsande väggar eller vid takfot. Vid montering av ledade kramlor är det viktigt att dessa monteras så att det finns rörelsemån i höjdlid, både upp och ner. Vid montering enligt bild 2 finns det endast rörelsemån åt ett håll vilket inte är optimalt, kramlingen bör utföras så att tegelmurverkets rörelse låses så lite som möjligt.



Bild 2. Felaktig montering av ledad kramla. Bygeln bör inte vara placerad så att den låses i ett hörnläge.

Alternativ 3

Vid användning av ett så kallat L-element bildas ett triangelformat upplag för teglet. I detta fall är det teoretiska måttet 58 mm, enligt ritning. Detta innebär att vid murning med danskt tegelformat ($b=108$ mm) står muren i princip och balanserar på spetsen av detta upplag, vilket i praktiken kan innebära att upplaget kanske är mindre än 58 mm. Detta innebär att kontaktrycket mellan muren och upplaget ökar. En minskning av upplagslängden från exempelvis 100 till 20 mm innebär att kontaktrycket ökar med en faktor 5. Detta kanske överskrider en gräns för när denna typ av lösning fungerar, det vill säga kontaktrycket kan vara för högt för att teglet ska kunna röra sig "obehindrat".

Alternativ 4

Konsekvensen av att muren i princip står och balanserar på spetsen på upplaget kan vara att vissa murkramlor ständigt är belastade med dragspänningar. Om detta kombineras med temperaturrörelser ut ur planet på grund av en temperaturgradient blir effekten samma som beskrivs i alternativ 2.

Alternativ 5

Ljudproblemen kan antas ha samband med skalmurarnas längdutvidgning vid temperaturskiftningar. För att minska den totala längdförändringen i muren kan muren dilateras. Dilateringen bör följa fogen, bild 3. I den öppna fogen monteras ett kontinuerligt expanderande fogband cirka 30 millimeter in från teglets yttre sida. Därefter fogas med ett svagt bruk, förslagsvis bruk i klass M 0.5 med samma kulör som i omgivande murverk.



Bild 3. Dilatationsfog, som följer fogen. I detta fall är ett expanderande fogband monterat men fogning återstår.

Kommentarer

Senare erfarenheter från skadefallet indikerar att murbruket vidhäftat mot glidskiktet (bestående av rostfri plåt), vilket kan vara väsentligt för uppkomsten av ljudproblem. Detta kan aktualisera frågan om hur effektivt de membran som läggs under anläggningsskiftet (understa skiftet) minskar friktionen. Kunskaperna om detta är för närvarande begränsade. Eventuellt är det så att de membran som förekommer, rätt monterade, är effektivare för vattenutledning än som glidlager. Förutom indikationer på vidhäftning mellan bruk och rostfri plåt (risken för det torde påverkas av styrkan i bruket, cementrika bruk bör ha större tendens att vidhäfta än svagare) har frågor rests om att bitumenbaserade membran vulkaniserar (Teknologisk Institut, Danmark, Analyse af vulkaniseringsforsøg, 2015-08-31). Ytterligare forskning i frågan om effektiva glidlager kan komma att aktualiseras.

Skadefall – Murverk på grundläggningselement av cellplast



Bild 1 a, b, c. Skador på sockelelement.



Bild 2. Sprickbildning på sockelelement.

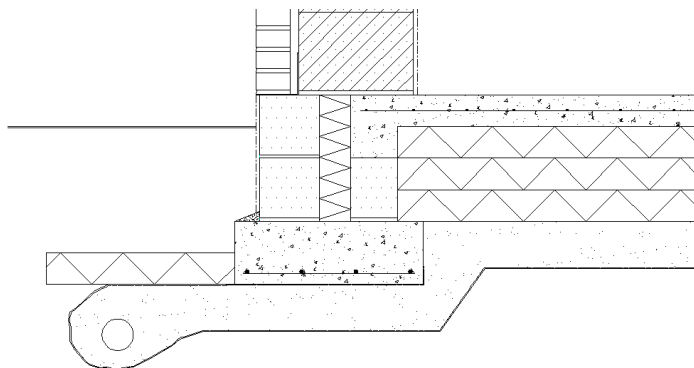
Bakgrund och skadeorsaker

Skadefallet avser en gymnastikhall som är byggd för uppskattningsvis cirka 15-20 år sedan. Det är oklart om det är ett så kallat I- eller L-element. Elementet är uppbyggt av cellplast och en påklistrad cementbaserad skiva. Enligt bild 1a) har skivmaterialet släppt från cellplasten, vilket innebär att den lätt bryts av vid mekanisk åverkan. Skadorna är enligt fastighetsförvaltaren orsakade av gräsklippare. Eventuellt kan även barn som vistats i omgivningen ha medverkat i processen. Enligt en rapport från norska Helsedirektoratet har det förekommit att myror etablerat kolonier i cellplast, vilket kanske kan förklara vissa av skadorna.

Bild 2 visar sockeln på ett enplanshus byggt för 5-6 år sedan. Totalt finns ett 40-tal hus med liknande skadebild. Sprickbildningen är sannolikt orsakad av förhindrad krympning av det cementbaserade skivmaterialet.

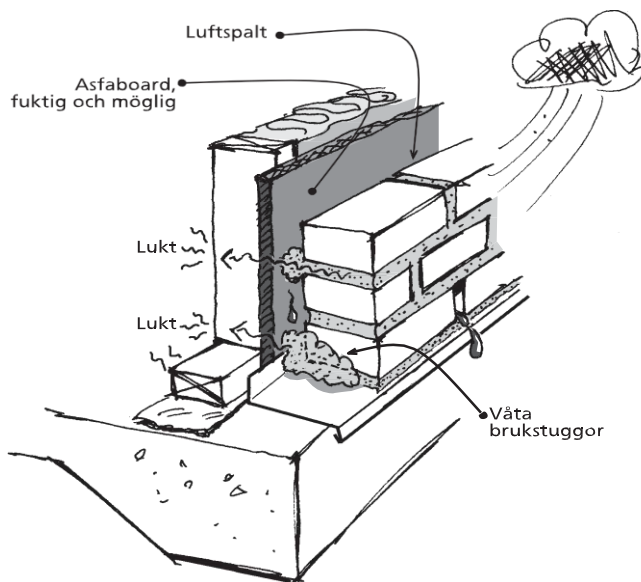
Rätt från början

För att undvika denna typ av skada bör den yttre delen av sockeln ersättas med mer beständigt material såsom betong eller puts på exempelvis lättklinkerblock, se figur 1 nedan. Denna typ av lösning medger även ett väl fungerande upplag för både fasadteglet och bakkanten där kraften från egentygden kan föras ner till marken utan att passera eftergivliga material som cellplast.



Figur 1. Exempel på en robust grundlösning.

Skadefall – Skalmur med luftspalt



Kraftig mögellukt förekom i flera byggnader i villaområde. Trots ny dränering och syllbyte fanns lukten kvar.



Exempel på murbruk i luftspalt.

Bakgrund och skadeorsaker

Vindskyddet består av asfaboard. I luftspalten finns rikligt med brukstuggor. Regn absorberas av teglet och sugs via brukstuggorna in till asfaboarden. Asfaboarden får ett högt fukttillstånd och mögelangrepp sker. Detta medför en kraftig lukt.

Rätt från början

Fuktkänsliga material ska inte användas som vindskydd i kombination med en skalmur. Använd mineralull och en fukttålig skiva innanför en skalmur. Mura försiktigt för att minimera brukstuggorna.

Kommentarer

I aktuellt fall vidtogs ett antal åtgärder utan framgång. Utvändig dränering och syllbyte från insidan utfördes. Utöver detta ökades ventilationen genom att ständigt ha köksfläkten påslagen. Det senare förvärrade situationen genom att man skapade ett invändigt undertryck som medförde att luften från luftspalten sögs in i lägenheten. Det ska även påpekas att syllen var helt torr vid besiktningen.

Generellt är fuktegenskaperna hos tegel och murbruk sådana att bruket kan suga vatten från teglet men inte tvärtom. Detta innebär att brukstuggorna kan vara mycket blöta även om teglet är torrt. En fuktmätning i teglet blir sålunda helt missvisande när det gäller att bedöma fukttillståndet längre in i väggen.

Det ska även påpekas att den vattenutledande plåten under tegelmuren är helt felaktigt monterad, men den var monterad på detta sätt. Plåten borde ha gått in bakom asfaboarden. Detta saknar dock betydelse i aktuellt fall. Problemet var den våta asfaboarden. Det ska även påpekas att detta är ett gammalt skadefall. Man bygger inte på detta sätt idag. Asfaboard används inte. I stället har man olika typer av värmeisolering som är vindtäta och kapillärbrytande. Exempel på ändamålsenlig utformning av sockeldetalj för vägg med skalmur utanpå regelvägg visas i kapitlet om projektering av skalmurar.

Skadefall – Inläckande vatten genom skalmur



Den vänstra bilden visar vatteninträngning på betonggolvet i samband med vattenbegjutning av fasaden. Den högra bilden visar att stötfogarna inte var öppna ända ner.

Bakgrund och skadeorsaker

I ett nybyggt villaområde drabbades många villor av vatteninträngning efter ett dygn med kraftiga slagregn. Vatten trängde in under parketten och parketten låg delvis och flöt. När väggen öppnades inifrån framkom att det fanns stora brister i anslutningarna mellan det vattenutledande membranet nedtill samt att de öppna stötfogarna nedtill inte var helt öppna. Nedtill fanns murbruk upp till cirka två cm, vilket medförde att det fanns en kanal som kunde hålla kvar vatten. Detta vatten trängde in i de bristfälliga anslutningarna mellan de vattenutledande membranen.

Rätt från början

Man ska alltid räkna med att det kan tränga in vatten genom en skalmur. Detta vatten måste ledas ut nedtill. Detta kan ordnas genom att till exempel var tredje eller var fjärde stötfog är helt öppen ända ner till den vattenutledande anordningen. Vidare ska den vattenutledande anordningen vara helt tät överallt.

Det får inte finnas några glipor. Vidare får det inte finnas några hinder för vattnet att rinna ner på insidan av skalmuren. Brukstuggor får inte förekomma.



Vatteninträngning genom små osynliga sprickor mellan fog och tegel. Vatteninträngningen började några minuter efter att fasaden spolades med vatten. Efter ytterligare några minuter strömmade vattnet in.

Kommentarer

Skadan åtgärdades genom att avlägsna de nedersta skiften i tegelmuren bitvis och åtgärda de vattenutledande membranerna samt se till att var 4:e stötfog var öppen ända ned till pappen. Några problem har herefter inte rapporterats. Se även avsnittet *Projektering av skalmurar*.

Skadefall – Saltutfällningar på nyuppförd tegelmur



Kort tid efter uppförandet av en tegelskalmur uppstod kraftiga saltutfällningar.

Bakgrund

Kort tid efter uppförandet av en byggnad med tegelskalmur uppstod kraftiga saltutfällningar på fasaden. De boende och många andra ansåg att det var en skandal. Efter några år var dock saltutfällningarna helt borta, utan att någon åtgärd vidtogs.

Rätt från början

Detta fall kan inte betraktas som en skada. Fallet redovisas ändå för att det ofta blir högljudda protester när det inträffar. Ett annat syfte med att redovisa fallet är att beskriva skillnaden mellan saltutfällningar och kalkutfällningar. (Ett exempel på kalkutfällningar redovisas i ”KC-puts i mättade kulörer”)

Saltutfällningarna försvinner i allmänhet efter något år utan åtgärd, under inverkan av vädrets makter. Vill man påskynda processen kan man borsta bort det mesta av saltet. Kalkutfällningar är däremot mycket svåra att avlägsna.

Kommentarer

Detta fall är inte unikt. Vissa tegelsorter innehåller lösliga salter, som transporteras fram till ytan när tegelmuren torkar ut. När fasaden träffas av små slagregn löses salterna upp och sugas in i väggen igen för att på nytt sugas fram till ytan när muren torkar ut. Vid kraftiga regn kan en vattenfilm bildas på ytan och då kan saltet spolats bort. För att förkorta tiden med saltutfällningar bör saltet borstas bort efterhand. Det finns även särskilda murtvättmedel som kan användas för att avlägsna saltutfällningar. Under alla omständigheter är saltutfällningarna helt ofarliga med tanke på fasadens bestånd.

Det ska dock påpekas att det finns salter som är svåra att avlägsna, detta är dock relativt ovanligt. I vissa fall sker kalkutfällningar från murbruket och dessa är svåra att avlägsna. Det är då samma fenomen som i fallet med "KC-puts i mättade kulörer".

Det finns relativt enkla metoder att skilja saltutfällning från kalkutfällning. (De är dock inte hundra procentiga, men ändå till god hjälp.)

1. Försök borsta bort utfällningen. Är det lätt att borsta bort utfällningen är det troligen en saltutfällning från teglet.
2. Saltutfällningar smakar som sig bör salt, medan kalkutfällningar inte ger någon smak överhuvudtaget.
3. Spraya med vatten. Löses utfällningen upp och sugas in i teglet är det en saltutfällning från teglet.
4. Droppa saltsyra på utfällningen. Börjar utfällningen att "bubbla" och försvinna med efterföljande vattenbegjutning är det en kalkutfällning.

Skadefall – Kröntäckning med täckplattor



Vattenläckage och algpåväxt på stödmur.

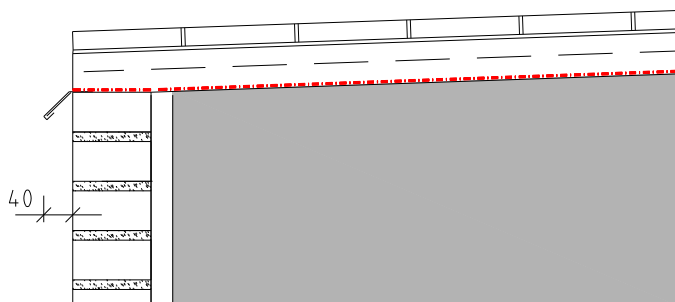
Bakgrund och skadeorsaker

Vatten som träffar altangolvet leds ut på skalmurens utsida eller på murens ovansida i anslutningen till golvet. Detta leder till missfärgningar, fuktfläckar och hög vattenbelastning på skalmurens översta del. Den stora vattenbelastningen ger risk för frostsador i tegel och bruksfogar. Vidare kan vatten som läcker in bakom skalmuren resultera i fuktsador i innanför liggande väggkonstruktion.

Rätt från början

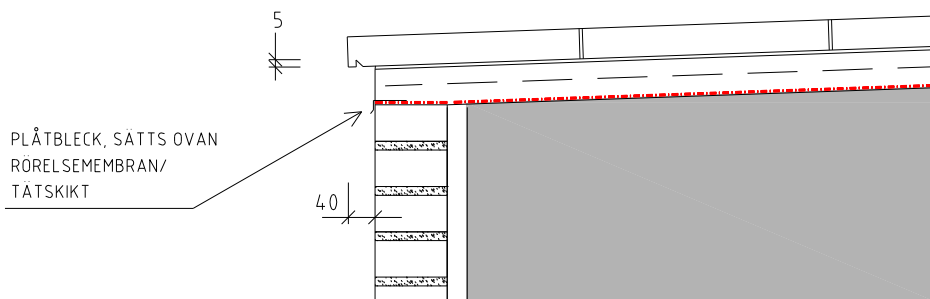
Säkrast omhändertagande av vatten som träffar altangolvet erhålls om det leds till utvändig ränna. Avvattning via ränna som utförs i slits i altangolvet bör undvikas om det finns fuktkänsliga komponenter i bjälklaget. Om bjälklaget, och ytterväggen är utförda med enbart icke organiska material kan avvattning via slits i altangolvet vara acceptabelt, om det utförs med extra säkerhet och noggrant hantverksutförande.

Om avvattning via utvändig ränna eller ränna i slits i bjälklaget enligt ovan inte kan utföras, med hänsyn till gestaltningsmässiga aspekter, måste vatten som avbördas från altangolvet avvisas utanför tegellivet. Detta kan till exempel ske med hjälp av plåtbleck, som muras in i liggfog i murverkets övre del, se figur 1 nedan.



Figur 1. Vatten från altangolvet avvisas utanför tegellivet av plåtbleck. Skalmuren dilateras från altangolvet (röd, streckad linje). Plåtbleck och tätskikt överlappar varandra, med plåtblecket underst.

Som alternativ till att avvisa vatten genom inmurad plåt enligt figur 1 kan ytbeläggningen på altangolvet utföras med motsvarande utkragning, se figur 2. Den utkragande delen bör då utföras med droppspår eller liknande på undersidan, och så att den klarar utkragningen konstruktivt, det vill säga att den klarar de belastningar som kan vara aktuella.



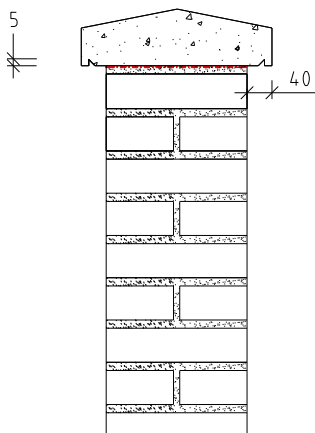
Figur 2. Vatten från altangolvet avvisas utanför tegellivet av utkragande yteläggning, med droppspår. Skalmuren dilateras från altangolvet (röd, streckad linje) med rörelsemembran alternativt tätskikt. Plåtbleck som gjuts in täcker av materialgränsen mellan mur, rörelsemembran och betongplatta/sättbruk.

Kommentarer

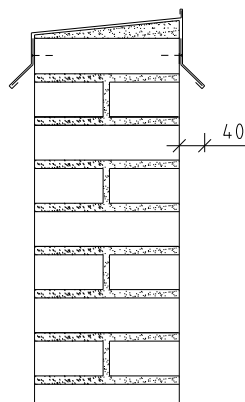
Liknande frågeställningar, med risk för frostsador och missfärgningar, gäller i viss mån också för murkrön i fristående murar. Visserligen är den yta som träffas av vatten som rinner nedåt i murens övre del betydligt mindre än vid ett altangolv. Men fristående murar är ofta utsatta för slagregn som kan resultera i stor vattenbelastning. För att minska riskerna för frostsador och missfärgningar kan lösningar enligt följande principfigurer 3-5 tillämpas.

Lösningar med tegel exponerat i murkrönet, figur 5, medför att teglet blir utsatt för hög vattenbelastning, vilket innebär att man får räkna med ökat underhållsbehov. För att förlänga livslängden bör tegel med särskilt god frostbeständighet väljas. Murbruk bör vara hydrofoberat, "tätbruk", och ha lufthalt i intervallet 15- 20 %, för att få optimal frostresistens. För att begränsa den del av muren som utsätts extra hårt kan ett kapillärbrytande membran läggas under rullskiftet (rödmarkerad i figuren). I så fall måste detta förankras nedåt, till exempel med rostfria dubbar genom membranet.

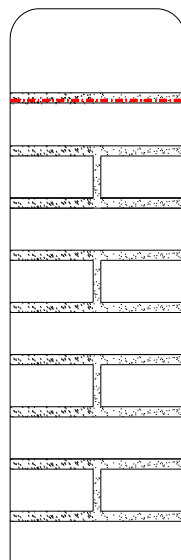
Inmurning av tegelpannor, med lutning, i sättbruk som översta lager har erfarenhetsmässigt visat sig ge god beständighet i fristående murar.



Figur 3. Murkrön av betong, med droppspår. Murkrönet är dilaterat med glidskikt (rödmarkerad linje i figuren), och bör förankras mekaniskt nedåt i muren. Detta kan vara vanskligt, om man vill bibehålla dilatationen. Som alternativ kan murkrönet delas upp i korta, dilaterade enheter.



Figur 4. Murkrön med plåttäckning



Figur 5. Murkrön med rullskift av tegel i övre del. Det är fördelaktigt om murkrönet, antingen det byggs upp med tegelpannor eller tegelsten, sticker fram utanför murlivet, så att vatten avvisas utanför murytorna.

Skadefall – Föremål i murade fasader



Regn- och kondensvatten från ventilationsrör leds in mot fasaden.

Bakgrund och skadeorsaker

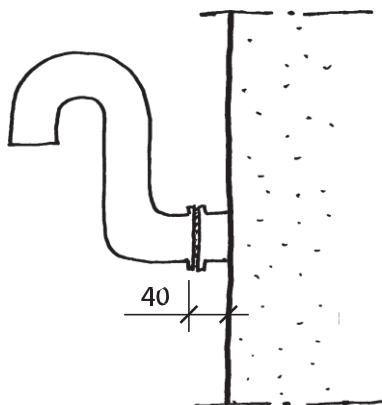
Ventilationsröret ansluter till fasaden vid rörets lägsta punkt, vilket gör att regn- och kondensvatten rinner in mot fasaden. Frekvent uppfuktning leder till missfärgningar, algpåväxt och på sikt frostsador.

Rätt från början

Röret bör anslutas till fasaden genom en krage, som fångar upp och leder ut vatten på ett kontrollerat sätt. Kragen bör sitta minst 40 mm utanför fasadliv, se skiss.

Kommentar

Vatten ansamlas alltid vid ett föremåls lägsta punkt. Rör och andra föremål ska därför utformas och anslutas till fasader så att det anslutna föremålets lägsta punkt hamnar en bit utanför fasadliv.

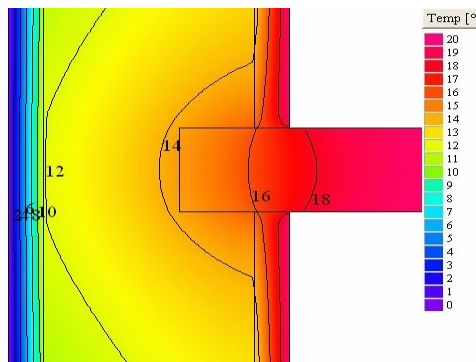
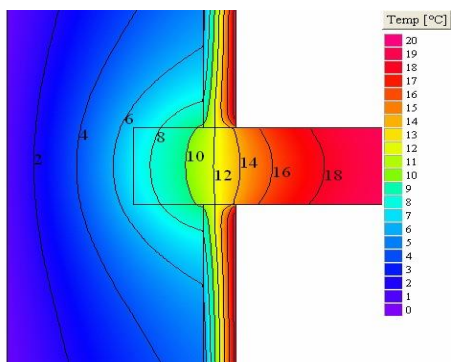
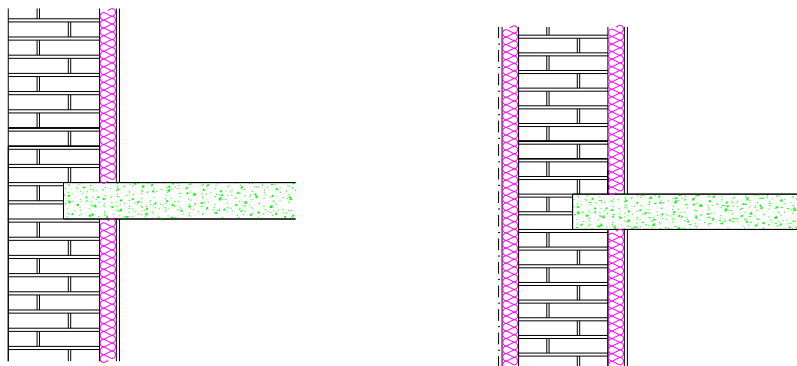


Kragen fångar upp och leder bort vatten från röret på ett kontrollerat sätt.



Exempel på föremål som är monterade på rätt sätt.

Skadefall – Ombyggnad av industrifastighet till bostäder, kalla golv



Den vänstra bilden visar temperaturfördelningen efter invändig tilläggsisolering med 70 mm mineralull. Den högra bilden visar temperaturfördelningen efter att väggen därefter isolerats med 70 mm mineralull på utsidan. Utetemperaturen sattes till 0°C och innetemperaturen till 20°C. (Blocon 2004).

Bakgrund och skadeorsaker

En industrifastighet med 1½-stens tegelväggar och betongbjälklag ingjutna i tegelväggen skulle byggas om till bostäder. Av antikvariska skäl fick man inte förändra exteriören.

Ytterväggarna isolerades med 70 mm mineralull på insidan. De boende klagade den första vintern på kalla golv. Mätningar visade på golvtemperaturer i storleksordningen 12 grader. Beräkningar visade på en golvtemperatur nära ytterväggarna cirka 14 grader med utetemperaturen noll grader, se bild ovan. Orsaken till den låga golvtemperaturen är köldbryggan där betongbjälklaget går in i ytterväggen. Situationen förvärras eftersom tegelväggen kan absorbera mycket vatten, vilket medför att värmeisoleringsförmågan minskar drastiskt. En blöt tegelvägg har bara halva isoleringsförmågan jämfört med en torr vägg.

Rätt från början

Den enda rimliga åtgärden (ur teknisk synvinkel) hade varit en utvändigt tilläggsisolering med puts. Denna hade eliminerat köldbryggorna vid bjälklagen samtidigt som värmeisoleringen ökat på grund av att tegelväggen blivit torr. Ett alternativ hade varit att värmeisolera bjälklagen både på över- och undersidan.

Kommentarer

Alternativet med värmeisolering av bjälklagen var inte möjlig med hänsyn till att takhöjden då skulle blivit för liten. Efter det inträffade fick man tilläggsisolera utvändigt, vilket gett önskat resultat. Det inträffade visar på betydelsen att inte enbart utgå från antikvariska synvinklar. Även de tekniska aspekterna måste beaktas. Det ska påpekas att riskerna med de låga yttemperaturerna påpekades innan ombyggnaden.

I liknande fall kan det finnas fler tänkbara åtgärder för att hantera frågan om kalla golv. Till exempel skulle man kunna minska köldbryggans inverkan genom att se till att betongplattan går in i ytterväggen endast intermittent, och inte längs hela vägglängden. Detta kan dock kräva konstruktiv förstärkning, genom att man kompletterar vertikalbärningen. I en sådan strategi kan det också krävas komplettering av horisontalförankringen mellan vägg och bjälklag.

Skadefall – Ombyggnad av industrifastighet till bostäder, fuktproblem på insidan



Bakgrund och skadeorsaker

En industrifastighet med 2-stens tegelväggar skulle byggas om till bostäder. Av antikvariska skäl fick man inte förändra exteriören. Byggnaden är mycket hög och ligger i ett mycket slagregnsutsatt läge. Den enda åtgärd som vidtogs var att putsa insidan med en gipsputs och måla med en silikatfärg.

Kort tid efter färdigställandet började färgen på insidan att flagna. Orsaken var att väggen var helt vattenmättad och gipsputs är inte fukttålig.

Rätt från början

Den bästa åtgärden (ur teknisk synvinkel) hade varit en utvändig tilläggsisolering med puts. Härigenom hade de fuktbedingade problemen eliminerats samtidigt som värmeisoleringen förbättrats. Ett alternativ hade varit att hydrofobera fasaden. Härigenom hade fuktproblemen eliminerats samtidigt som värmeisoleringen förbättrats till viss del. Problemen med köldbryggor vid bjälklagen (se föregående fall) hade dock kvarstått.

Kommentarer

En hydrofobering gjordes efter det inträffade. Innan hydrofoberingen gjordes även en omfogning. (Det måste betonas att alla fogar måste ses över i samband med en hydrofobering. Helst ska en total omfogning göras.)

Uppföljande mätningar visade på sjunkande fuktinnehåll och att problemen försvann. Det ska dock påpekas att uttorkningen av en så tjock vägg tar ett antal år.

I en intilliggande byggnad valdes att mura upp en lättklinkervägg innanför tegelväggen. Tanken med detta var att låta den yttre muren vara blöt, men se till att fukten inte kommer in i bostäderna. Med denna lösning kan man få problem med köldbryggorna vid bjälklagen. I detta fall var det dock möjligt att värmeisolera bjälklagen både på över- och undersidan.

Skadefall – Vägg av lättbetong under mark



Flagnande och möglig tapet på souterrängvägg av lättbetong.

Bakgrund och skadeorsaker

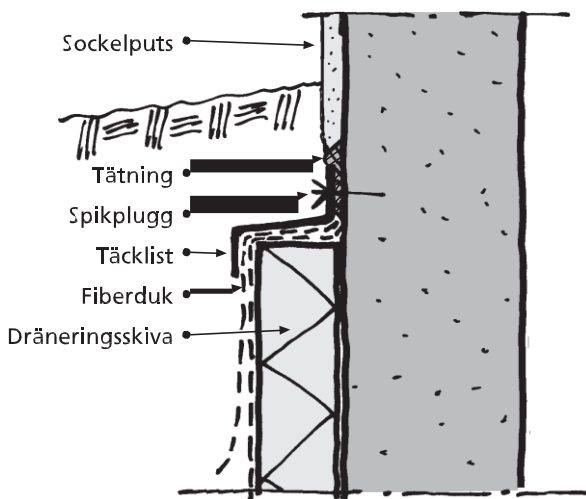
Souterrängväggen är utvändigt fuktisolerad med en värmeisolerande dräneringsskiva. I överkant skall vatten förhindras att rinna bakom dräneringsskivan genom att en täcklist monteras som vattenavledare. Tätning mellan täcklisten och väggen saknas, varför fritt vatten rinner bakom skivan in i lättbetongväggen. Den höga fukthalten gör att tapeten på souterrängväggens väggar flagnar av och möglar. Vattenbelastningen är extra stor då markytorna i anslutning till ytter- väggen till stora delar är hårdgjorda.

Rätt från början

För att vatten inte ska tränga in i väggen ska anslutningen mellan täcklist och dräneringsskiva förseglas med silikon eller annan av materialtillverkaren anvisad massa. Täcklisten fästes sedan med spikplugg mot väggen, se skiss. För att minimera vattenbelastningen bör dränerande återfyllnadsmaterial, såsom stenkross, användas.

Kommentarer

Lättbetong, på grund av sin starka kapillärsugningsförmåga och begränsade möjligheter till uttorkning är ett mycket känsligt material i souterrängväggar och bör inte användas under mark.



Vatteninträngning bakom dräneringsskiva förhindras med täcklist som fästes med spikplugg och tätas med tätmassa mot souterrängväggen. Återfyllning ovan dräneringsskivan bör utföras av dränerande material.

Värt att veta - Tjockputs på olika sorters blockmurverk

Vid allt putsarbete är det viktigt att putsens egenskaper är anpassade till underlaget. Underlag som är starkt sugande, till exempel lättbetong och lättbränt tegel, kräver puts som har annorlunda egenskaper än underlag som har låg vattensugning, som till exempel lättklinker, hårdbränt tegel och betong. För att kompensera detta kan putsen anpassas bland annat genom att ges olika hållfasthet, halt av vattenkvarnhållande tillsatser samt bindemedel med mer eller mindre hydrauliska egenskaper.

Förutom hur vattensugande underlaget är inverkar underlagets struktur på valet av putsuppbyggnad.

De olika underlagen innehåller olika mycket byggfukt i utgångsläget. Men gemensamt för alla är att man i till exempel en invändig tjockputs tillför vatten, inte minst vid förvattning. Även om väggar av blockmurverk är robusta med tanke på fuktaspekter innehåller de flesta byggnader fukt känsliga material. Inte minst är det viktigt att torka ut byggfukt efter invändig putsning av blockmurverk med tanke på fuktpåverkan av takkonstruktioner om dessa utförs med trästommar. Innan isolering och invändig lufttätning (plastfolie alternativt ångbroms) monteras bör virke i takkonstruktionen ha torkat till maximalt 17 % fuktkvot.

Det är också viktigt att nyuppförda murade väggar, av alla här aktuella materialslag, skyddas från nederbörd under byggtiden.

De olika materialleverantörerna har sammansatt olika "paket" lämpliga för olika konstruktioner i skilda applikationer.

En viktig princip för uppbyggnad av puts är att det första laget ska ge jämn vattensugning och erforderlig vidhäftning. För övriga skikt ska hållfastheten vara avtagande utåt, för att putsen ska få erforderlig förmåga att ta upp fukt- och temperaturrelater.

Vid utförande av putsarbeten är det väsentligt att hantverkstekniken anpassas efter vad omständigheterna kräver. Det handlar om att hantverkaren ska ha förmåga att läsa situationen, och anpassa arbetet därefter. Några samband som kan vara av värde att vara klar över, för att få en väl fungerande oorganisk tjockputs, kan nämnas:

- Välj gärna grovt putsbruk
- Tunngrundning utförs heltäckande
- Anpassa underlagets och föregående putsskiktets sugning (det vill säga förvattna vid behov) och struktur innan applicering av nästa skikt
- Styvare bruk ger mindre krymprörelser, det vill säga bruket ska inte innehålla för mycket vatten. Alltför styvt bruk kan dock bli problematiskt avseende vidhäftning
- Komprimering av putsskikt i samband med appliceringen är alltid positivt
- Anpassa tiden innan nästa skikt läggs på till aktuell temperatur, luftfuktighet och putsbrukets hållfasthetsegenskaper. Underliggande bruksskikt ska kunna motverka rörelser och krafter i det nya skiktet när detta härdar. Därför är det en fördel om det går tillräckligt lång tid mellan att olika skikt slås på. Särskilt viktigt är detta för svaga putsbruk
- Skydda mot snabb uttorkning, efterfukta vid behov, men undvik efterhärdning genom vattning till vattenmättnad (avser hydrauliska bruk, inte lufthärdande kalkbruk)
- Armering i putsbruksskikt, både stål- och glasfibernät, minskar sprickrisken drastiskt, såväl invändigt som utvändigt. Var i putsskiktet armeringen placeras har stor betydelse för hur effektivt armeringen motverkar sprickor. Armeringen sätts efter grundning utförts. För armeringens placering i utstockningen se vidare under rubrik *"Armering av puts"*

Puts på murverk av lättbetong

Lättbetong har relativt mycket byggfukt vid leverans, varför det är viktigt att starta uttorkningen tidigt i processen. Putsning bör inte utföras i alltför tidigt skede, uttorkning innan puts appliceras minskar risken för sprickbildning. Tidig putsning av lättbetong kan också ge upphov till missfärgning.

Uttorkningen bör kunna ske både utåt och inåt, genom kapillär- och diffusionstransporter. Hur mycket som sker åt respektive håll beror på ytskiktets täthet samt klimatet på respektive sida av konstruktionen.

Kapillärsugning sker i riktning från grovporiga till finporiga material, men inte tvärtom. Eftersom lättbetong har en finare porstruktur än putsen sugs därför vatten, när putsen blir fuktig, kapillärt vidare in i lättbetongblocken. I uttorkningsfasen sker sedan fukttransporten huvudsakligen via diffusion genom putsskiktet.

Utvändig puts på lättbetong bör därför utformas så att den förhindrar insugning av vatten. Samtidigt skall den minska uttorkningshastigheten så lite som möjligt för fukt som finns i väggarna. Bäst uppfylls dessa krav av specialkomponerade silikatfärger, som har låg vattenupptagning (W -värde) men ändå lågt vattenångdiffusionsmotstånd (S_d -värde). Produkten $W \times S_d$ får gärna vara mindre än 0,02. Flera silikonhartsfärger uppfyller också dessa kriterier och kan vara lämpliga. Tjocka målningsbehandlingar hindrar uttorkningen mer än tunna.

Invärdig putsbehandling utformas så att uttorkning kan ske inåt, det vill säga putsen och ytbehandlingen ska vara diffusionsöppen. Vintertid när fukthalten är låg inomhus sker då snabbare uttorkning av fukt i blockväggen.

Innan målnings- eller tapetseringsarbete för lättbetongväggar påbörjas bör fuktprov tas på underlaget. Metodik för uttagning av fuktprover anges av materialleverantörer.

Murverk av lättbetong utförs relativt ofta med organisk puts. Här har valts att koncentrera framställningen till att omfatta mineralisk tjockputs.

Puts på tegelmurblock

Tegelmurblock är tillverkade av lättbränt tegel, vilket innebär att de är starkt vattensugande. Det är därför viktigt att förvattna blocken, att putsen innehåller vattenkvarhållande tillsatser och att armera utvändiga puts, för att man ska undvika krympsprickor.

Murkrön i ytterväggar med tegelmurblock utförs normalt med ett skift U-block. I U-blocken sätts en isolering på utsidan, medan övrig del gjuts i med betong, som armeras med längsgående stänger.

U-blocken är, till skillnad från de vanliga väggblocken, inte planslipade efter bränning. Detta innebär att de muras med en tjockare fog än övriga skift, för att ta upp variationer i blockens mått. Denna murning måste ske med ett bruk som är anpassat till att tegelblocken är starkt sugande, för att vidhäftning ska erhållas mellan bruk och block. Om inte så sker riskeras att den krympning som sker i betongen medför sprickbildning i fogen mellan U-blockskiftet och intilliggande blockmurverk.

Vidare är det viktigt att betongtvärsnittet förses med så mycket armering att armeringen fungerar som sprickfördelande.

Tegelmurblocken är lättbrända och har därför låg frostbeständighet. 15-20 mm oorganisk puts medför att tegelblocken inte suger vatten kapillärt igenom putsen, varför blocken skyddas från frostsador om de utförs med mineralisk tjockputs.

Puts på murverk av lättklinkerblock

Lättklinkerblock är relativt lågsugande, vilket medför att putsen när den hårdnar kommer att ha relativt hög vattenhalt. Det höga vatteninnehållet när hållfastheten i putsen växer till medför, när vattnet sedan avgått, en relativt sett högre porositet i putsen jämfört med underlag med starkare vattensugning. Den högre porositeten medför i sin tur att putsen får en lägre hållfasthet. Detta behöver inte vara en nackdel, men det är naturligtvis viktigt att hållfastheten blir tillräckligt stor för att stå emot de mekaniska påfrestningar som kan uppkomma. Normalt bör därför putsbruk CS III (B-bruk) användas på underlag av lättklinker.

Inomhus kan i undantagsfall puts i klass CS II (C) användas. Till exempel bör CS II undvikas om putsen för inomhus belägna väggytor utförs i utomhusmiljö, det vill säga att det finns risk för regn i samband med arbetsutförandet.

All utvändig puts på lättklinkerblock utförs med ett heltäckande tunngrundningsskikt för att säkerställa god vidhäftning och täthet, samt för att undvika att blockmurverkets fogmönster kommer att bli synligt i fasaden.

I smygar och på murkrön bör murverk av lättklinkerblock minst slmmas, för portätning. Detta görs utvändigt för att stoppa vatteninträning och invändigt för att säkerställa lufttäthet. Även i smygar och på murkrön bör underlaget tunngrundas.

Utvändig puts på isolerade lättklinkerblock av sandwichkonstruktion skall alltid armeras. Normalt används också armeringsnät i utvändig puts på tunna murverk av lättklinkerblock (skalmurar, 120 mm eller mindre) för att minimera sprickbildningsrisken. Tjockare väggar (>120 mm) som ska målas bör också utföras med armering. Invändig puts armeras normalt inte, men om putsning sker när blocken har hög fuktnivå kan armering vara befogad även invändigt. Uttorkning av blocken på byggplats minskar risk för sprickbildning. För såväl utvändig som invändig puts bör leverantörers anvisning för eventuell armering vid fönster- och dörrhörn följas.

Värt att veta - Armering av puts

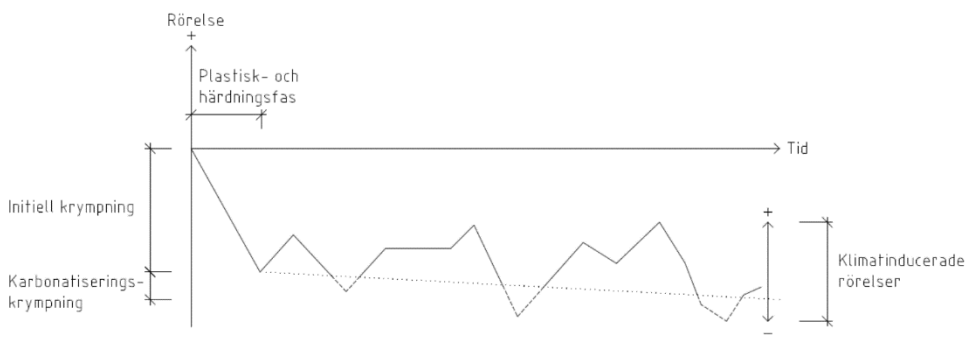
I detta avsnitt ges en generell beskrivning på hur putsarmering påverkar putsens förmåga att motstå sprickor.

Varför riskerar putsen att spricka?

Putsen utsätts för påfrestningar, som ger upphov till dragspänningar, under tre olika faser:

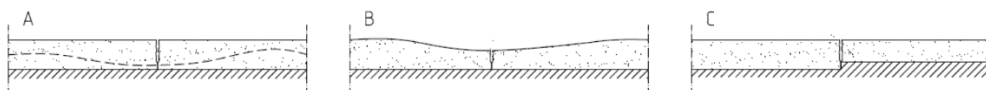
- De första timmarna efter påslag då putsen är i ett plastiskt tillstånd, orsakad av sugning från underlaget och/eller uttorkning
- De första veckorna då putsen härdar och hållfastheten ökar
- Resten av putsens livslängd då fukt- och temperaturrelserna är dominerande

Enligt det fiktiva diagrammet i figur 1 nedan sker den största krympningen under den initiella fasen, dagarna efter putsning. Orsaken är vattenavgång på grund av sugning till underlaget, avdunstning samt att vatten förbrukas i den kemiska processen. Efter att putsen är färdighärdad påverkas denna av klimatinducerade rörelser, orsakade av variationer i temperatur och vatten i ångfas och/eller fritt vatten, beroende på ytbehandling. Den punktstreckade linjens lutning visar att det även sker en krympning orsakad av karbonatisering i putsbruket.



Figur 1. Fiktivt diagram över rörelser i putsbruk.

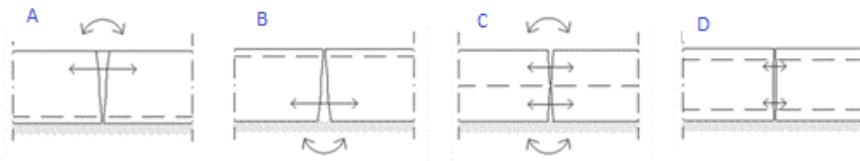
Ytterligare faktorer som påverkar om putsen spricker eller inte är exempelvis hantverksutförandet vid påslag, antal påslag, val av bruk, brukskonsistens, variationen av bruksmängd per ytenhet, fasadens geometri, isoleringens styvhet (vid putsning på mineralull), armeringsmängd, placering av armering, efterbehandling och ytbehandling. Några exempel kan ses i figur 2 nedan; A) buktande armering, B) varierande mängd bruk per ytenhet och C) distinkta geometriska skillnader i underlaget. På grund av att sektionsegenskaperna varierar finns det förhöjd risk för att det spricker i de svaga sektioner, vilka då fungerar som "spontana" rörelsefogar.



Figur 2. Orsak till sprickbildning.

Placering av armering i putsen

Placeringen av armeringsnätet i putsen påverkar i stor utsträckning förmågan att ta upp drag- och böjdragspänningar. Nedan ges ett antal exempel på hur armeringsnätets placering påverkar den sprickfördelande förmågan och möjligheten att motverka rörelser. Här förutsätts ett system med tjockputs på mineralull. Nätarmering av stål placerat enligt alternativ A) i figur 3 är den konfiguration som har sämst förutsättningar för att motverka uppkomsten av breda sprickor i putsens yta. Eftersom armeringsnätet ligger närmast isoleringen är dess sprickfördelande effekt begränsad. Genom att förhindra putsens rörelser närmast isolerskiktet bidrar armeringsnät till en möjlig initiering av sprickor. Eftersom det endast finns armering på en sida, är putsen ej förhindrad att vinkeländras, vilket innebär att putsen kommer att röra sig ut ur planet med resultat att sprickvidden ökar med tiden. Denna typ av spricka är inte möjlig att måla över med bestående resultat.



Figur 3. Armeringens placering i putsen.

Om endast ett lager armeringsnät ska användas är troligtvis konfigurationen enligt alternativ B) att föredra, eftersom armeringen med denna placering sannolikt begränsar sprickvidden i ytan. Eftersom det endast finns ett lager armering är putsen inte fullt rotationsförhindrad i detta fall heller, men troligtvis mer än i alternativ A) på grund av att det finns en viss vidhäftning mot isoleringen.

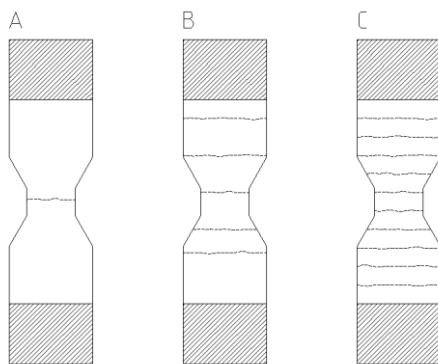
I alternativ C) är armeringsnätet placerat centriskt, vilket ökar förutsättningarna för en effektiv sprickfördelning. Den sprickfördelande effekten hos centriskt placerad armering är dock beroende på putstjockleken. Det har visats genom provning att den positiva effekten avtar om putsen är tjockare än 15 mm. Denna placering av armeringsnätet leder till ett visst rotationsmotstånd om vidhäftningen mot isoleringen är god.

En placering av armeringsnäten enligt alternativ D) får anses vara den bästa sett ur alla aspekter. Sannolikheten är stor att man får en effektiv sprickfördelning samtidigt som putsens rotation ut ur planet hindras effektivt.

Om underlaget byts från isolering av stenull till murverk är det fortfarande samma resultat enligt ovan, det vill säga D ger det bästa resultatet följt av B, C och A.

Inverkan av mängd och typ av armering på sprickfördelande egenskaper

I figur 4 nedan visas provkroppar av 15 mm putsbruk som är dragna till brott. A) är armerad med ett centriskt placerat lager armeringsnät av stål eller glasfiber, B) dubbelarmerad med glasfibernät och C) dubbelarmerad med stålät. Enligt försök är det inte möjligt att med ett lager nätarmering, oavsett om det är stål eller glasfiber, erhålla en sprickfördelande struktur när denna utsätts för dragspänningar, dock är det bättre än ingen armering alls. Bäst sprickfördelande effekt i detta försök uppnås då nätarmering appliceras i två lager nära putsens ytor. Störst sprickfördelande effekt uppnåddes för de provkroppar där stålät användes.



Figur 4. Armeringens betydelse för att sprickfördela, enligt försök. Ju fler sprickor som bildas desto mindre blir sprickvidden.

Skadefall – Sprickbildning orsakad av felplacerad armering i puts på lättklinkerblock



Sprickor i armerad puts på lättklinkerblock.

Bakgrund och skadeorsaker

I detta fall putsades på 250 mm massiva lättklinkerblock. Armeringen, som utgjordes av ett stål nät med maskvidden 19 mm, monterades dikt an lättklinkerblocken. Ovanpå detta lades ett cirka 10 mm tjockt lager av underlagsbruk i hållfasthetsklass CS IV (A-bruk) och därefter cirka 15 mm utstockningsbruk i hållfasthetsklass CS III (B-bruk). Efter cirka 3-4 år uppstod ett rutmönster av hårfina sprickor enligt bilden ovan.

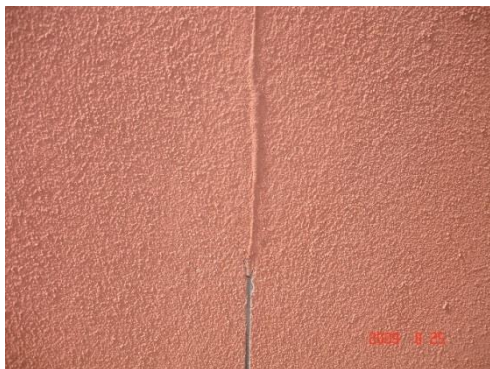
Rätt från början

Nätarmeringen ska placeras längre ut i putsskiktet för att fungera som sprickfördelare, helst i utstockningsbruket, enligt bild nedan. Detta kan åstadkommas genom användning av distanser anpassade för detta ändamål.



Rätt placering av nätarmering i utstockningsputs.

Skadefall – Sprickor i skarvarna mellan putsade lättklinkerelement



Till vänster visas sprickbildning i vertikala skarvar mellan elementen. Försök att laga med mjukfog misslyckades. Till höger visas spricka vid elementskarv i hörn.

Bakgrund och skadeorsaker

Ett bostadsområde uppfördes med lägenhetsstora element av (inifrån räknat) betong, värmeisolering och lättklinkerbetong. Man ville ha en fogfri fasad och putsade över skarvarna. Skarvarna armerades med glasfibernet. Putsen som användes var en lättputs, med relativt låg hållfasthet, motsvarande ett svagt bruk i klass CS II (C-bruk).

Relativt snabbt uppstod sprickor och flagning i elementskarvarna och vid hörnen. Problemet beror både på initialkrympning i lättklinkerelementen och på temperatur- och fuktrörelser på längre sikt, samtidigt som armeringen över skarvarna var bristfällig. Putsbruk och armering måste väljas så att de kan samverka.

Rätt från början

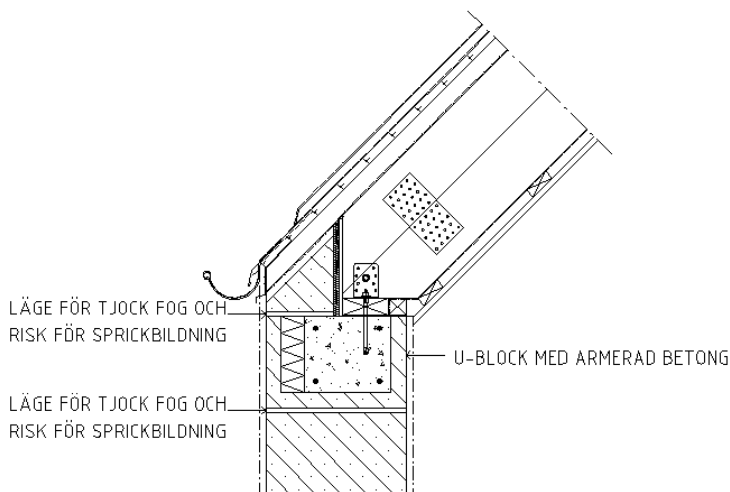
Att undvika sprickor i denna typ av fasad kräver noggranna analyser. Det enklaste är att ha synliga elementskarvar. Genom en grundlig hållfasthetsanalys kan man dock dimensionera ett puts- och armeringssystem som klarar situationen. Detta blir dock en väsentligt dyrare lösning. Det handlar om en avvägning mellan ekonomi, estetik och säkerhet.

Puts- och stomleverantörerna har idag utvecklat fungerande lösningar för denna typ av element. Bland annat används fogbetong i skarvarna och putsen armeras med dubbla nät över skarvarna för att minska risk för sprickbildning i elementskarvarna.

Kommentarer

Det finns fall där putsning skett över skarvarna även på mycket höga byggnader utan sprickbildning. Armering och putshållfasthet har då anpassats till varandra. Ett alternativ är fribärande puts över skarvarna genom att montera ett glidskikt över skarvarna.

Skadefall – Sprickbildning vid murning med U-block av starkt sugande tegel



Exempel på lägen för tjock fog vid murverk av tegelblock. Yttervägg avslutas normalt med ett skift U-block, till vilket takkonstruktionen förankras.

Bakgrund och skadeorsaker

Materialet som används till U-blocken och övriga block är av lättbränt tegel vilket gör dessa starkt vattensugande. Vid murning med "vanligt" murbruk (bruk med normal vattenkvarhållning) sugs vattnet nästan omedelbart bort, vilket innebär att plasticiteten minskar eller upphör och vidhäftningen i princip blir försumbar.

I U-blocken monteras oftast någon typ av isolering, normalt cellplast eller stenull, och resten fylls med betong. I de fall där vidhäftningen är dålig och armeringsmängden är för liten för att kunna förhindra/sprickfördela krympningsrörelserna i betongen finns det stor risk för att det uppstår en horisontell spricka som följer liggfogen. Sannolikheten för sprickbildning ökar ju längre upp i murverket U-blocket befinner sig, på grund av minskande egenvikt.

Rätt från början

Vid byggande med planslipade tegelblock används i vanliga fall tunnfogsmurning. Vid murning med U-block är tunnfogsmurning mindre lämplig, eftersom U-blockens undersida inte är planslipad. Murning bör istället ske med normal fogtjocklek. Murbruket som användes måste vara anpassat till starkt sugande tegel. Detta är ett specialanpassat bruk och finns eventuellt inte hos alla materialtillverkare. Valt bruk bör testas med provmurning för att konstatera att vidhäftning erhålls samt att det fungerar att arbeta praktiskt med. Ett annat alternativ är att använda tunnfogslimmet som används vid övrig murning/limning, men blanda så att en styvare konsistens erhålls. Detta innebär att limmet kan läggas på i tjockare skikt med slev, och för att få ett jämntjockt skikt är det möjligt att dra av med en grovtandad spackel.

För att minska krympningen av betongen måste denna armeras tillräckligt, så att armeringen fungerar sprickfördelande, för att minimera dragspänningar i liggfogen. Detta bör kontrolleras av konstruktören.

För att ytterligare minska sannolikheten för en längsgående spricka kan armeringen i putsen i dessa lägen dubblas, det vill säga armering appliceras även dikt an murverket före grundning.

Skadefall – Tjockputs på isolering



Några veckor efter avslutat putsningsarbete började putsen spricka upp i sjok med storleken någon eller några kvadratmeter.

Bakgrund och skadeorsaker

Putsen är ett KC-bruk, CS II, med stålätarmering. Putsbruket uppvisar alltid en viss krympning i samband med initialtorkningen efter putsning. Stål nätet förhindrar denna krympning. Detta medför att spänningar byggs upp i putsen. Stål nätet var placerat nära putsens insida, det vill säga i gränsen mellan puts och isolering. Här förhindras alltså krympningen nästan helt. Följden blir dragspänningar vilket i kombination med låg hållfasthet medför sprickbildning.

Om fasaden sedan utsätts för regnbelastning förvärras situationen ytterligare eftersom putsen då vill svälla och detta förhindras av stål nätet. Ytterligare spänningar byggs upp och putssjoken börjar böjas, vilket ökar sprickbildningen kraftigt.

Rätt från början

Det viktigaste är att nätet placeras så långt ut i putsen som möjligt. Vidare minskar grövre ballast och fiberinblandning i bruket sprickbildningsrisken. Uttorkning av första påslaget är också viktigt innan nästa påslag utförs.

Vid puts på isolering ska alltid ett specifikt system från en leverantör väljas. Blandar man komponenter från olika leverantörer gäller inga garantier.

Kommentarer

Generellt har det visat sig att tjocka putser med stålnät har en större sprickbildningsrisk än tunnare system med glasfibernät nära ytterytan vid puts på isolering. Vissa system med de tjocka putserna har på senare tid modifierats så att stålnätet hamnar längre ut i putsen. Vidare inblandas fibrer i bruket av vissa leverantörer.

Skadefall – Algpåväxt på tunnputs på isolering



Något år efter att byggnaden var färdig fanns omfattande mikrobiell påväxt på fasaderna.

Bakgrund och skadeorsaker

Orsaken till påväxten är flera. En orsak är att användandet av gifter i ytskikt minskat väsentligt av miljöskäl (detta är dock tveeggat med tanke på att man i efterhand använder starka gifter för att ta bort påväxten). Den andra orsaken är att tunnputs på isolering har liten värmekapacitet, vilket innebär att temperaturen i ytan snabbt sjunker under utomhustemperaturen under klara nätter, främst under hösten. Konsekvensen blir kondens på fasaden. Situationen är identisk med kondens på bilar under klara nätter.

Rätt från början

Med dagens produkter måste man förvänta sig påväxt på tunnputsfasader applicerade på värmeisolering. Användandet av tjockputs fördröjer påväxten, men eliminerar den inte. Andra alternativ är att använda pigment i ytskikten som motverkar påväxten. Här kommer man dock i konflikt med miljöintressen.

Kommentarer

Problemet visade sig först i början av 1990-talet. Redan efter något år kunde omfattande påväxt konstateras, främst på tunna putser på isolering. Olika orsaker har framförts, som exempel kan nämnas:

- Mindre fungicider (gifter) i ytskiktet.
- Mer organiska tillsatser i ytskiktet.
- Varmare och fuktigare vintrar.

Inget av argumenten kan ifrågasättas. Entydigt är dock att påväxten främst drabbar tunna putsskikt på värmeisolering. Ljusa kulörer är mer drabbade än mörka kulörer. Samma sak gäller alla fasader och detaljer av tunna skikt, till exempel plåtdetaljer, skivbeklädnader och träfasader. Även massiva ytterväggar av till exempel tegel drabbas. I det senare fallet är dock tidsförloppet annorlunda. Med tunna ytskikt på isolering kan algpåväxt uppstå inom något år medan på massiva tegelväggar det kan ta 10-20 år innan påväxt syns.



Den från början vita fasaden var mer eller mindre grön.

Skadefall – Oorganisk tunnputs på nyproducerad tegelmur



Tunnputsens flagnar på vissa partier av fasaden. I vissa fall är det fråga om enstaka stenar. Teglet är helt oskadat.

Bakgrund och skadeorsaker

Putsen är en KC-stänkputs (hårdputs). Problemet är välkänt och förekommer till synes slumpmässigt då och då. Någon entydig generell orsak går inte att ange. I några fall har dock föroreningar eller "främmande komponenter" konstaterats i vidhäftningszonen. Som exempel kan nämnas gipsbildning när man använt tegel med hög sulfathalt. I andra fall misstänks föroreningar från ugnen vid tegelbränningen.

Rätt från början

Ska man ha en tunnputs bör väggen först få torka ut ordentligt för att få fram eventuella komponenter som kan äventyra vidhäftningen till underlaget. Härfter avlägsnas dessa föroreningar och ytan grundas med ett tunngrundningsbruk av kvalitet CS IV (A-bruk). Slutligen appliceras en KC-tunnputs av kvalitet CS III (B-bruk) eller CS II (C-bruk). För att minska risken för aktuella problem kan muren blåstras innan putsen appliceras.

Kommentarer

En traditionell tjockputs med grundning och utstockning anses som ett säkrare alternativ än slamning eller tunnputs. Ska man ha en tunn behandling är säckskurning ett alternativ till den heltäckande tunnputsen. En säckskurning innebär att putsen inte täcker teglet helt. Mindre flagningar på en säckskurad yta upplevs därför i allmänhet inte som en skada.

Skadefall – Organisk färg på tegel



Ytskiktet flagnar snabbt och skadan accelererar.

Bakgrund och skadeorsaker

I en tegelmur finns det alltid mer eller mindre sprickor mellan fog och sten. En tunn organisk färg kan knappast överbrygga dessa sprickor eftersom sprickorna rör på sig beroende på fukt- och temperaturrörelser. Vidare kan det vara svårt att få full täckning i skarpa övergångar mellan fog och sten.

Eftersom en organisk färg är mer eller mindre vattenavstötande kommer sprickorna att utsättas för kraftig vattenbelastning, även vid mycket små regn. Vatteninsugningen genom sprickor sker mycket snabbt, vilket medför ett ökande fuktinnehåll i muren. Uttorkningen efter regnet sker däremot enbart genom färgen, vilken kraftigt reducerar uttorkningshastigheten. Färgskiktet fungerar som en backventil. Vatten kommer lätt in i muren men får svårt att torka ut. Följden blir ett högt fuktinnehåll med åtföljande risk för en snabb nedbrytning i vidhäftningszonen.

Rätt från början

Måla inte en tegelmur med organiska ytskikt eller andra filmbildande och vattenavstötande ytskikt. Ska man måla bör man välja vattengenomsläppliga ytskikt, till exempel KC- eller silikatfärg.

Vid målning av en tegelvägg ska man förvissa sig om att tegelgarantin gäller även med det tilltänkta ytskiktet. Vidare bör man låta en nyuppförd tegelmur torka 1-2 månader innan ytbehandlingen görs.



Ytskiktet flagnar snabbt och skadan accelererar.

Skadefall – Organisk tunnputs på gammalt tegelmurverk



En 90 år gammal tegelfasad, helt utan skador, behandlades med en organisk tunnputs. Ett år efteråt fanns omfattande spjälkningar i teglet. Fasaden var "totalförstörd".

Bakgrund och skadeorsaker

Tegelmuren var en massiv 1-stensmur som under marknivå övergick i en källarvägg av natursten. Marken bestod av lera och det fanns inget utvändigt fuktskydd under mark. Vidare saknades dränering. Markfukt sögs upp i väggen. Innan ytbehandlingen applicerades kunde väggen torka utåt och fukten steg endast upp i sockeln. Efter ytbehandlingen kunde ingen uttorkning ske utåt. Fukten steg då högt upp i väggen och medförde total vattenmättnad. Följden blev att teglet spjälkades på grund av frostsprängning några millimeter in i väggen.

Rätt från början

Applicera aldrig organiska ytskikt på fasader då uppstigande markfukt föreligger. Detta gäller generellt, inte bara för tegelmurverk.

Kommentarer

I aktuellt fall trodde man först att skadorna berodde på att ytskiktet inte blivit "tillräckligt tätt". Man applicerade därför ytterligare ett skikt av samma organiska ytskikt. Följden blev att skadorna ytterligare förvärrades.

En intressant iakttagelse i aktuellt fall är att sockeln inte är skadad, trots att det är samma ytskikt och samma murverk bakom. Orsaken till detta är att det finns en KC-tjockputs (CS II) mellan den organiska tunnputsen och murverket. Denna tjockputs fungerar som en fuktbuffert och kan absorbera vatten från teglet när det fryser. Om det inte finns någon sådan buffert så har vattnet ingenstans att ta vägen vid frysningen. Eftersom teglet är vattenmättat sprängs det då sönder.

Skadefall – Organisk färg på gammalt kalkputsat och kalkmålat massivt murverk



Fasaden fungerade bra under relativt lång tid. Efter 10–15 år började färgen flagna i mindre omfattning. Häfter ökade flagingarna kraftigt.

Bakgrund och skadeorsaker

Alla organiska färgers egenskaper förändras med tiden. I allmänhet blir färgen sprödare samtidigt som fuktegenskaperna ändras. Om färgen blir spröd uppstår lätt sprickor. Ändrade fuktegenskaper kan medföra att regnvatten kan tränga in. I båda fallen blir följderna att fuktillståndet bakom färgen ökar. I aktuellt fall fanns en kalkfärg under färgen. Denna kalkfärg fuktades upp och blev mjuk och saknade då helt hållfasthet. Kalkfärgen kom då att fungera som ett ”glidskikt” och den organiska färgen började flagna. Häfter gick skadeutvecklingen snabbt.

Rätt från början

Måla aldrig en kalkputsad och kalkavfärgad fasad med en organisk färg.

Kommentarer

Den aktuella skadetyper var vanlig under 1970-talet. Nästan alltid förklarades skadan med att fukt inifrån kom in i väggen och kondenserade bakom ”den täta färgen”. Denna förklaring var helt fel och medförde att problemets lösning fördröjdes väsentligt. Orsaken till skadorna är inträngande regnvatten. Hade det varit fråga om inifrån kommande fukt skulle alla fasader ha drabbats. Skadorna fanns emellertid bara på de fasader som utsatts för mycket regn. Enligt bilden är en fasad kraftigt drabbad medan en annan fasad inte har några skador.

Skadefall – Organisk tunnputs på revetering



Första vintern efter att den organiska tunnputsen applicerats på den gamla reveteringen skedde omfattande spjälkningar i kalkputsens.

Bakgrund och skadeorsaker

Gamla reveteringar med kalkbruk har ofta en hård yta medan putsen längre in är av mycket dålig kvalitet. Den nya tunnputsens och det hårda kalkbruksskalet bildar då en "egen enhet" utanpå den lösa putsen längre in. En organisk tunnputs har stora fukt- och temperaturrörelser. Under inverkan av dessa rörelser kan det hårda yttre skalet spricka och lossna från den lösa putsen. Härfter kan regnvatten tränga in och förorsaka en mycket snabb nedbrytning på grund av frostsprängning.

Rätt från början

Applicera aldrig organiska ytskikt på reveteringar som har en puts av kalkbruk.

Kommentarer

Även om den befintliga reveteringen är hård på ytan och lös längre in brukar den fungera om man inte applicerar ett ytskikt som påverkar fuktbalansen. Det vatten som absorberas under regn torkar snabbt ut om det inte finns något vattenavstötande ytskikt, varför det inte föreligger någon större risk för frostsador.

Teoretiskt är ett vattenavvisande ytskikt bra. Reveteringar har dock nästan alltid sprickor som går igenom detta ytskikt. Vid dessa sprickor kan putsen lokalt vattenmättas mycket snabbt. Det vattenavvisande ytskiktet fördröjer däremot uttorkningen. Följden blir att putsen blir vattenmättad under lång tid.

Skadefall – KC-puts i mättade kulörer



Kort tid efter putsningen med en stänkputs uppstod kraftiga missfärgningar.

Bakgrund och skadeorsaker

Någon vecka efter putsning träffas fasaden av ett kraftigt slagregn. Putsen blir helt vattenmättad och på vissa delar av fasaden rinner det fritt vatten. Vattnet löser upp kalciumhydroxiden i putsen som ännu inte har härdat tillräckligt. Vid uttorkningen förs denna kalciumhydroxid fram till ytan och omvandlas till kalciumkarbonat som binds kemiskt till putsen. Dessa partier med hög halt av kalciumkarbonat (kalkutfällningar) framträder med en ljus slöja.

Rätt från början

När man använder puts och färger som innehåller cement måste fasaden skyddas mot regn en viss tid efter appliceringen. Hur lång tid som krävs beror på putsens tjocklek. Vid målning med KC-färg på en färdighärdad puts torde någon vecka med bra härdningsklimat (varmt och inget regn) vara tillräckligt. För tjockare puts kan det ta flera månader vid dåliga härdningsbetingelser (kallt och fuktigt). För att undvika problem med missfärgningar på grund av regn ska fasaden kläs in så att regn inte kan träffa fasaden under härdningen.

Kommentarer

Att få en helt jämn kulör med en puts eller färg som innehåller cement är i praktiken inte möjligt. Det ligger i färgens natur och anses av många vara en fördel. Man pratar då om "liv i ytan". Det är svårt att dra gränsen mellan acceptabla nyansskillnader och oacceptabla missfärgningar. Olika personer upplever situationen på olika sätt.

Vid val av fasadfärger är det viktigt att informera beställaren om konsekvenserna av materialvalet. Vill man ha en helt jämn kulör utan några skiftningar är man hänvisad till mer eller mindre organiska färger. Vill man ha "liv i ytan" ska man välja oorganiska färger. Silikatfärg ger normalt en jämnare kulör och är ett bra alternativ till färger med cement.

I foton nedan visas två exempel på fasader med mer eller mindre flammighet. På frågan om fasaderna är vackra, acceptabla eller fula varierar svaret kraftigt.



Två exempel på fasader med mer eller mindre flammighet.

Skadefall – Målning med KC-färg



Vid målning med KC-färg på en KC-putsad fasad uppstod störande kulörskiftningar.

Bakgrund och skadeorsaker

Kulörskiftningarna kan hänföras till flera skilda orsaker:

- ojämn sugning i underlaget vid målningen
- olika klimat vid målningen
- olika antal färgskikt eller överlappningar
- ojämnheter i färgen, till exempel beroende på olika blandningsätt

Att ange en entydig orsak är omöjligt. Missfärgningen på bilden kan bero på ojämn sugning beroende på alltför kraftig förvattning. En annan möjlig orsak är alltför kraftig eftervattning, vilket medför kalkutfällningar.

Rätt från början

Alla tänkbara orsaker måste beaktas. De väsentligaste är:

- genom anpassad fuktning åstadkomma en jämn sugning i underlaget
- måla sammanhängande partier vid samma "klimat"
- måla sammanhängande partier "vått i vått", det vill säga skarven ska inte tillåtas torka utan hållas fuktig
- blanda färgen så att den räcker till naturligt avgränsade "hela ytor"
- skydda efteråt mot regn

Kommentarer

Fenomenet med ojämn kulör i samband med oorganiska färger är relativt vanligt. Många personer upplever dessa nyansskillnader som positiva. Gränsen mellan vad som är positivt (liv i ytan) och vad som är störande kan dock vara hårfin. Detta är en diskussion som beställaren bör vara involverad i.



Fasad som målats med KC-färg. Mindre nyansskillnader kan ge ett liv i fasader som ofta upplevs som fördelaktig, om arbetet utförts med hantverksmässig skicklighet.

Skadefall – Kulörvariation efter putsslagning



Kulörskiftning efter regn på fasad som lagats partiellt.

Bakgrund och skadeorsaker

En yttervägg av ISO-block (lättklinkerbetong med en kärna av värmeisolering) putsades med en stålätarmerad 10 mm tjock puts av CS III (B-bruk). Som ytputs applicerades en KC-stänkpuds. Efter något år flagnade ytputsen.

Efter att ytputsen delvis flagnat avlägsnades all lös ytputs. Här efter applicerades ny ytputs på de ställen där ytputsen avlägsnats. Här efter målades hela fasaden med en oorganisk färg. Fasaden såg bra ut.

I samband med regn uppstod dock kraftiga kulörskillnader. Orsaken till det inträffade är att ytputsens fått annorlunda egenskaper. Framförallt blir fuktupptagningen annorlunda. Det är nästan omöjligt att ett reparationsbruk får samma egenskaper som originalputsens.

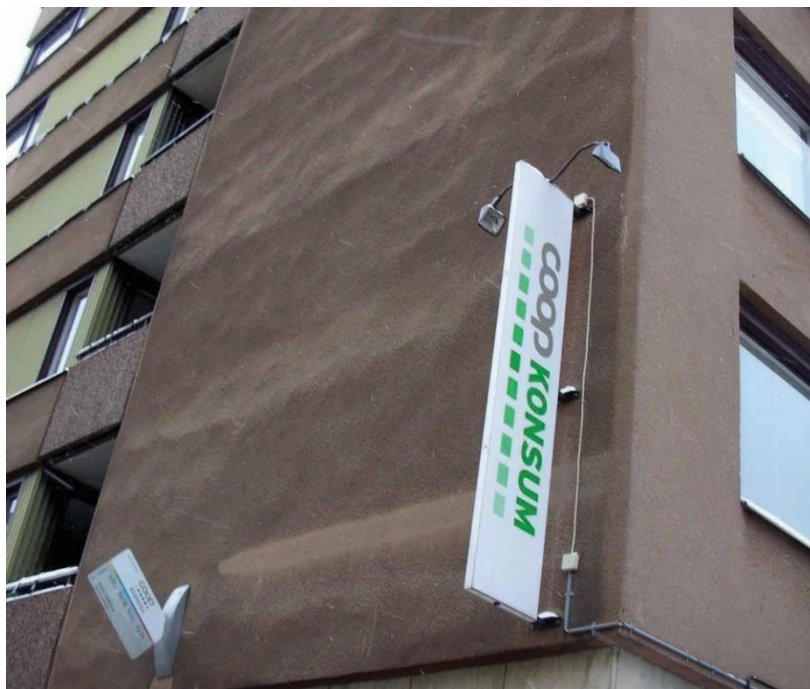
Rätt från början

Att göra partiella reparationer med oorganiska ytskikt är alltid tveksamt. Kulörvariationer är oundvikliga, helt släta putser är känsligare än ytor med någon sorts struktur. En lösning är att hela fasaden putsas om så att fukttegenskaperna blir desamma på alla ytor. En annan lösning är att måla med en vattenavstötande färg eller behandla med vattenavvisande preparat.

Kommentarer

Problemet är enbart estetiskt och när putsen torkar ut försvinner kulörvariationerna. På längre sikt kan man dock förvänta sig en bestående kulörvariation.

Skadefall – Bomlagsskarvar



Bomlagsskarvarna är mycket tydliga och störande.

Bakgrund och skadeorsaker

Orsaken kan finnas både i den underliggande putsen och i målningen. Den underliggande putsen kan ha fått både olika tjocklek och struktur beroende på att man överlappar delvis härdad puts. Strukturskillnader hos sprutad ytputs kan även bero på att sprutvinkeln blir olika. Gäller det rivputs kan skillnader även uppstå på grund av olika härdning eller att överlappad puts torkat snabbare än övrig puts.

Skillnader som kan hänföras till målningen kan vara olika sugning hos underlaget eller olika vinkel på redskapet vid målningen. En vanlig orsak är att även färgen från föregående bomlag torkat och att det blir ytterligare ett färgskikt vid bomlagsskarven.

Rätt från början

Putsa och måla stora sammanhängande och naturligt avgränsade ytor i en följd "vått i vått", vilket innebär att skarven inte ska tillåtas torka utan hållas våt.

När det gäller slätputsning kan det vara svårt att putsa stora ytor i en följd. Välj då att göra skarpa avgränsningar som sedan rivs ihop med rivbräda. Puts med sprutad struktur måste sprutas i en följd.

Målning ska alltid ske "vått i vått" och med samma verktygsvinkel mot fasaden. Överlapp ska undvikas.

Ställningen får inte placeras för nära fasaden. Avståndet mellan vägg och arbetsplan får normalt inte överstiga 0,30 m. Om det inte är möjligt att uppföra ställningen tillräckligt nära fasaden kan man montera konsolplan eller sätta upp ett skyddsräcke även på ställningens insida.

Vid rivputs ska man skära skarpa kanter vid bomlagsskarvarna för att undvika varierande putstjocklek och överlapp.

Vid sprutning av stänkpuds måste sprutpistolens vinkel mot fasaden alltid vara densamma.

Kommentarer

Bomlagsskarvarna kanske inte syns direkt på nära håll. Ofta syns de inte förrän ställningen har rivits. I vissa fall syns de bara under speciella klimatsituationer. Färgskiftningar kan framträda speciellt vid fuktig väderlek. Strukturskillnader syns ofta speciellt tydligt i släpljus.

Skadefall – Lagning efter ställningsinfästning



Lagningarna efter ställningsinfästningarna är mycket markanta i denna puts på isolering.

Bakgrund och skadeorsaker

Infästningarna har putsats fast i putsen. Vid borttagningen av infästningarna har omgivande puts skadats onödigt mycket, vilket resulterat i stora hål. Ju större hålet är, desto svårare är det att laga så att det inte syns nämnvärt.

Rätt från början

Se till att skydda kanterna på infästningshålet så mycket som möjligt. Vidare ska hålet göras så litet som möjligt och skäras rent direkt efter putsningen. Lagningen ska göras med samma bruk som den övriga putsen och byggas upp med i princip samma skikt som putsen i övrigt. Lagningen ska göras vid tidpunkt då man inte riskerar att det regnar på den inom det närmaste dygnet. Målningen bör göras efter det att bruket torkat. Lagningen görs lämpligen från lift.

Kommentarer

Lagningarna ska utföras av putsentreprenören. Görs lagningen med annan skiktuppbyggnad eller annat bruk än den omgivande putsen riskerar man att kulörskiftningar uppstår i framtiden, även om det inte finns någon skillnad direkt efter lagningen.



Fogstrykning efter kompletterande inmurning av tegel vid ställningsinfästning har gjorts snabbt efter inmurningen, varför fogen blivit för ljus.

Skadefall – Puts ända ner mot mark



Fasadputs som dras ända ner mot mark blir ofta missfärgad och på sikt inträffar frostskador. Puts som kommer i kontakt med mark ska utföras med särskilt frostbeständig puts. Återfyllning av icke kapillärsugande material i kombination med effektiv dränering minskar risken för kapillär uppsugning i putsen.

Bakgrund och skadeorsaker

Regnstänk och snö mot väggen medför tillgång till fritt vatten under lång tid. Även om putsen är vattenavstötande kan vatten tränga in och ge ett högt fuktillstånd i hela väggen nedtill. Fukten kan även stiga upp i väggen bakom putsen till ganska hög nivå.

Rätt från början

Man ska alltid ha en sockelputs nedtill på fasaden. Åtgärder ska vidtas så att fukt inte kan tränga in i väggen bakom sockelputsen. Fuktisolering av sockelputsen kan göras med till exempel en asfaltstrykning. Dessa åtgärder hindrar att fasadputsen utsätts för fukt underifrån. Sockelputsen kommer dock att utsättas för höga fuktbelastningar. Med hänsyn härtill ska en speciell sockelputs med mycket hög frostbeständighet väljas. Vidare bör kulören på sockelputsen väljas så att eventuella missfärgningar blir så lite iögonfallande som möjligt.

Sockelputsen bör gå upp minst 20–30 cm på fasaden och ner 10 cm under mark. Vidare bör sockeln inte målas, med hänsyn till risken för flagning. Använd i stället en genomfärgad puts. Välj gärna en diskret färg.

Kommentarer

Om väggen går ner under mark måste samma åtgärder vidtas här. En effektiv fuktisolering, till exempel membranisolering eller kapillärbrytande värmeisolering, måste appliceras för att förhindra vatteninträngning från marken. Används en membranisolering bör putsen armeras och armeringen fixeras i den bakomliggande väggen.

Skadefall – Stuprör



Frostskada orsakad av täppt stuprör.

Bakgrund och skadeorsaker

Det täppta stupröret medförde att allt vatten från taket rann ner lokalt på fasaden där stupröret fanns. Uppfuktningen gick mycket snabbt, trots att fasadbehandlingen var vattenavstötande. Den åtgärd som vidtogs i början var att enbart måla om fasaden där skadan fanns. Följden blev ytterligare förvärrade skador. Det läckande stupröret fick samma konsekvenser som det täppta. Den enda skillnaden var att skadorna kom på ett annat ställe. Där skadan initierades fanns även ett svepstift med lutning mot fasaden.

Rätt från början

Hängrännor och stuprör ska kontrolleras ofta med avseende på läckage eller igentäppning. Vidare ska svepstift och andra infästningar monteras så att eventuellt läckage leds utåt och inte in mot fasaden. Vid minsta tecken på läckage eller dylikt ska åtgärder vidtas omedelbart.

Kommentarer

Det finns ett antal varianter på problemet med läckande stuprör. I vissa fall ser man att stupröret lossnat upptill och allt vatten rinner utmed fasaden. I andra fall slutar stupröret någon meter över marken och allt vatten träffar fasaden. Konsekvensen blir i början alg- eller mögelpåväxt. Senare kommer frostskadorna.

Generellt ska all avvattning ske så att stänk mot fasaden undviks. Detta innebär bland annat att lövsilar och dylikt ska riktas på rätt sätt och rensas ofta.



Läckande stuprör kan medföra omfattande frostsador.

Skadefall – Takavvattning



Kraftiga frostsador på puts där hängränna tidigare har saknats.

Bakgrund och skadeorsaker

Avsaknad av hängränna och obetydlig takfot har medfört att allt vatten från taket har letts ner på fasadens överdel. Hela murverket blev vattenmättat och puts och tegel fick kraftiga frostsador. Även under den kalla årstiden sker uppfuktningen, vilken sedan kan följas av en kall natt med åtföljande risk för frostsprängning.

Rätt från början

Hängrännor ska alltid monteras innan fasaden putsas. Vattnet från taket får inte träffa fasaden.

Kommentarer

På bilden har nya hängrännor monterats. Takavvattningen måste garanteras både under putsningsarbetet och på den färdiga byggnaden. Under putsningsarbetet måste tillfälliga lösningar användas.

Skadefall – Vattenavledning från murade och putsade fasader

Bakgrund och skadeorsaker

Vatten som rinner på fasadytor från bland annat anslutande terrass- och balkongytor samt föremål och detaljer som finns i fasader orsakar ofta problem genom missfärgningar, algpåväxt och, i slutändan, risk för frostsprängningar. En viktig aspekt i sammanhanget är att puts, bruksfogar och mursten ska ha hög frostbeständighet. För tegel bör endast frostbeständighetsklass F2 användas i oputsade fasader.

Luftporbildare används för att förbättra frostbeständigheten i mur- och putsbruk. Men ökad lufthalt ger inte automatiskt bättre frostresistens, lufthalten ligger ofta i intervallet 10-20%, väsentligt är att luftporerna är små och jämnt fördelade i bruket.

Rätt från början

Avgörande för att undvika riskerna är att vatten som ansamlas i vissa lägen avleds så att det inte rinner på fasadytor, utan avvisas tillräckligt långt utanför fasadlivet. Detta sker normalt med plåtbeslag.

Utformningen av dessa är mycket viktig, bristfällig funktion hos plåtbeslag har ofta orsakat problem i fasader. För exempel på ändamålsenlig utformning av plåtbeslag se publikationen Puts & Plåt, som getts ut av branschorganisationen SPEF, Sveriges Murnings- och Putsentreprenörförening.

Kommentarer

Förutom med plåtbeslag kan naturligtvis vatten också avvisas med exempelvis utkragande detaljer av betong, stenplattor, klinker eller liknande. Exempel i publikationen Puts & Plåt kan vara lämpliga att använda som vägledande vid utformning av detaljlösningar även i dessa fall. Några exempel på bristande vattenavledning från fasader visas i bilderna nedan.



Dålig vattenavledning vid balkong.



Vattenavledare saknas.



*Dålig anslutning av puts mot
fönsterbleck och karm.*



Vattenrinning från balkong på fasad.

Skadefall – Ventilationsgaller i fasad



Fuktfläckar och algpåväxt på murverk av betongsten. Målningen minskar missfärgningen på den formgjutna betongytan ovanför murverket.

Bakgrund och skadeorsaker

Det vattenutledande droppblecket är felmonterat, vilket gör att vatten från ventilationsgallret rinner ner på fasaden. Det nerrinnande vattnet innehåller damm och ofta även rost från gallrets fästram, vilket orsakar missfärgningar. På längre sikt sker även algpåväxt och frostsador.

Rätt från början

I skrivande stund finns inte några dokumenterat fungerande lösningar för att ta hand om vatten som rinner ner från ventilationsgaller eller dessas fästram. Godta inte att större ventilationsgaller för luft intag placeras i fasaden.

Kommentarer

Likartade problem finns även med små galler. Eftersom den avattnade ytan är mindre blir även missfärgningarna mindre framträdande. Leverantörer av ventilationskanaler och ventilationsgaller har länge varit medvetna om problemet. Att det inte sker någon produktutveckling beror på att beställare och fastighetsägare inte ställer krav för att undvika problemet. Fuktbläckor och algpåväxt kan undvikas genom att fasadpartiet under det vattenutledande droppblecket kläs in i plåt. Droppkedja som ansluts till droppblecket är ytterligare en lösning.

Skadefall – Solbänk av skivmaterial



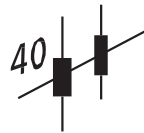
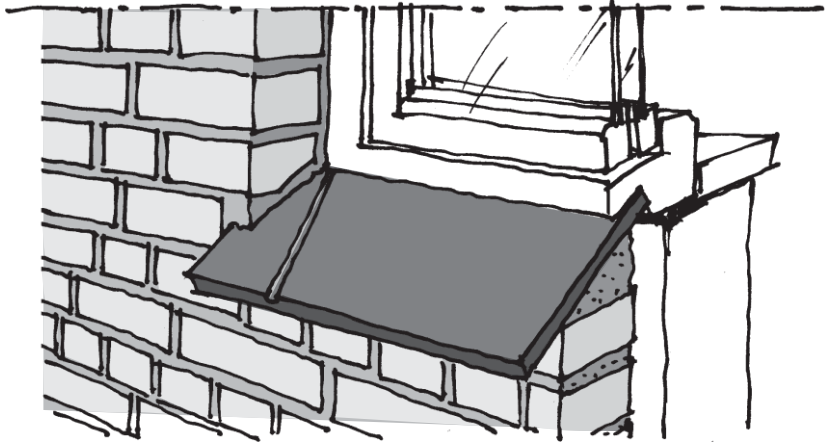
Vattenläckage från solbänk ger missfärgningar på putsad fasad.

Bakgrund och skadeorsaker

Solbänken av cementbaserat skivmaterial saknar fall utåt, vilket gör att regnvatten rinner ut vid kanterna och ner på fasaden.

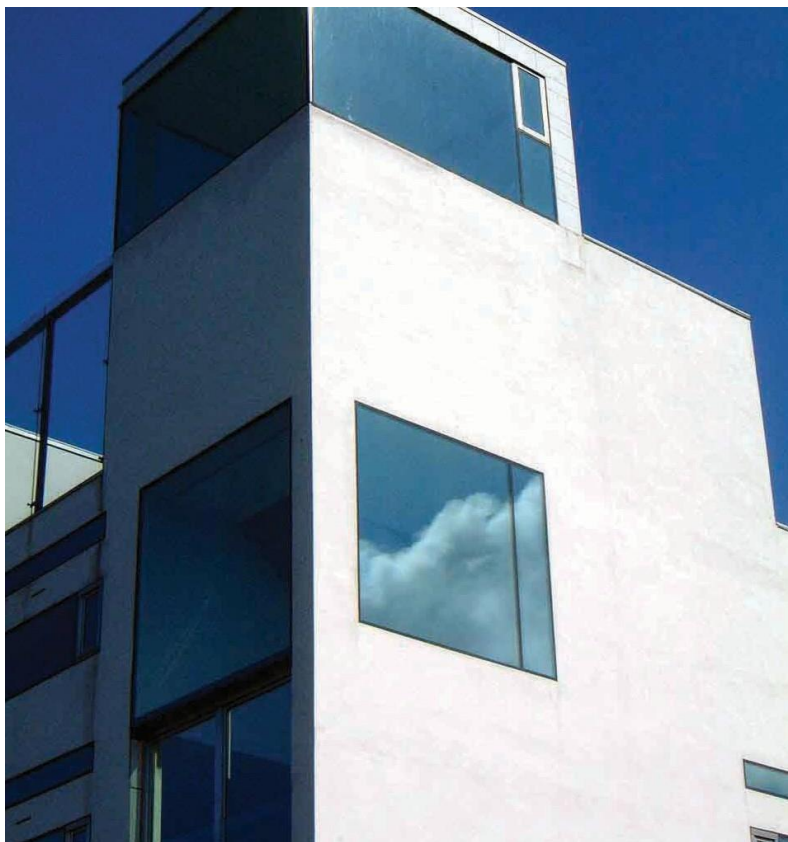
Rätt från början

Plana solbänkar ska utformas med ett fall på minst 15 grader. För att hindra vattenansamling vid hörn kan solbänksskivor vara försedda med vattenavledande rännor, se skiss. Vid montering ska skivans ytterkant hamna minst 40 mm utanför fasadliv.



Ränna hindrar vattenansamling vid hörn.

Skadefall – Fogar mellan glaspartier och putsad lättbetong



Några månader efter färdigställandet uppstod mycket omfattande läckage i fasaderna.

Bakgrund och skadeorsaker

Ytterväggarna består av tunnfogsmurade block av autoklaverad lättbetong. Fasaden är putsad med 15 mm KC-puts. Längst ut i fasadliv sitter fönster av varierande storlek. Fönstren saknar karm och består av tvåglas förseglade rutor med argonfyllning. Mellan det yttre glasets kant och väggen har tätats med en elastisk fogmassa.

Den här typen av foglösning kallas för ”enstegstätning” och innebär att tryckskillnader mellan ute och inne måste tas upp i den utvändiga fogtätningen. Fogen har spruckit på grund av rörelser orsakade av fukt- och temperaturvariationer. Sprickorna gör att det vid slagregn pressas in stora mängder vatten i väggen.

Rätt från början

Sedan flera årtionden vet vi entydigt att det finns mycket stora risker med denna utformning. Därför förespråkas normalt ”tvåstegsfogar”. Längst ut har dessa en ”regnkappa” vars uppgift är att utestänga det mesta av nederbörden. Innanför denna finns ett utrymme för dränering och ventilation. Därefter finns en lufttätning.

Kommentarer

I klimatskalet till en byggnad finns alltid fogar mellan olika byggnadsdelar. De klimatiska förutsättningarna medför att påfrestningarna i dessa fogar blir mycket stora. Man tvingas därför alltid räkna med att nederbörd kan tränga igenom klimatskalets yttre del.

Värt att veta – Projektering av skalmurar

Skalmurar av tegel förekommer framförallt utanpå regelstommar av trä respektive stål samt utanpå vertikalstommar av gjuten betong respektive bakmur av murverk.

Skalmurar belastas i stor omfattning av vindlast. Men även om en skalmur inte ingår i en byggnads bärande huvudsystem får den normalt också betydande vertikallast, eftersom den tar hand om egentyngheden från ovanliggande murverksdelar. En skalmurs egentynghed uppgår normalt till storleksordningen 1.7-2.1 kN/m². Det innebär att det kan bli relativt stora vertikallaster som ska tas ned i murverket. Framförallt kan det bli stora lastkoncentrationer i murellare mellan öppningar. Det är därför viktigt att frågor om hur murverkets egentynghed tas om hand, till exempel vid anslutning mot sockel, hur bärning sker över muröppningar, behov av stöd för tegelbalkar, konsoler och vindlastupptagning med mera tänks igenom i tidigt skede av projekteringen. Projektansvarig konstruktör måste därför i förväg, i tidigt skede, ha analyserat de konstruktiva aspekterna fullt ut och fastställt förutsättningarna för dimensioneringen. Inte minst gäller detta om delar av dimensioneringen ska utföras av materialleverantörer, till exempel i samband med att särskilda ritningar för skalmurar tas fram av tegelleverantör. Sistnämnda typ av ritningar upprättas först när upphandling av tegel skett, och då måste alla konstruktiva förutsättningar för byggnadsstommen vara fastlagda.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Projektansvarig konstruktör bör i tidigt skede av projekteringen analysera hur den vindlast som träffar fasader och skalmurars egentynghed tas upp av byggnadsstommen.

Mekaniska egenskaper och bärförmåga

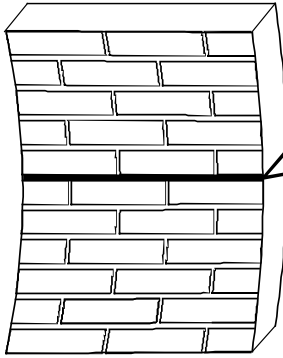
Värden på hållfastheter och E-modul för murverk återfinns i Boverkets publikation för tillämpning av eurokoder, EKS 10. I EKS 10 återfinns också värden på partialkoefficienten γ_m , som används vid beräkning av dimensionerande hållfastheter.

Värdet på γ_m avgörs bland annat av vilken utförandeklass som murningsarbetet sker i. Det finns två olika utförandeklasser, I och II. För respektive klass finns bland annat olika krav på arbetsledningens utbildning och erfarenhet. I EKS 10 finns för vissa typer av murverkskonstruktioner krav på att murning ska ske i utförandeklass 1.

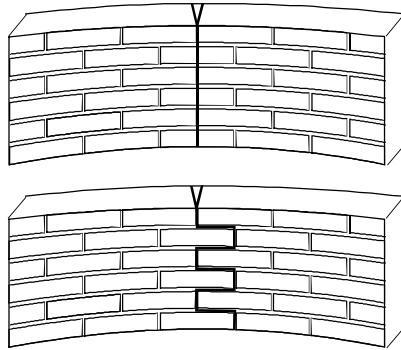
Tillverkare ska tillhandahålla uppgifter om vilken hållfasthetsklass (normaliserad tryckhållfasthet) ett tegel ska hänföras till, och vilken densitet det har. Densiteten för tegel varierar med hänsyn till bränningsgrad och porositet, men ligger normalt i intervallet 1500-1900 kg/m³.

Kapaciteten att ta upp vertikallast på grund av egentyngd från ovanliggande murverk är normalt stor, även för de lägre hållfasthetsklasserna, under förutsättning att skalmuren förhindras att knäcka ut i sidled. Detta ska förhindras av kramling till stommen. Projektansvarig konstruktör bör därför kontrollera att förutsättningarna för detta är uppfyllda. Det kan finnas tillfällen då generellt föreskriven kramling inte räcker till, utan extra kramlor med strategisk placering erfordras för att man ska få tillräcklig vertikal lastkapacitet.

Murverks böjhållfasthet är olika beroende på vilken riktning dragspänning uppträder i. Detta avspeglas i att det finns två olika karakteristiska böjhållfastheter, f_{xk1} respektive f_{xk2} . Den normalt lägsta böjhållfastheten, f_{xk1} , har murverk för dragspänningar som verkar vinkelrätt mot liggfogarna (horisontell momentvektor). Böjhållfastheten för belastning då dragspänning uppstår som är parallell med liggfogarna, f_{xk2} (vertikal momentvektor) är betydligt större.



*Brottplan vid böjspänning vinkelrät liggfog (horisontell momentvektor).
Karakteristisk böjhållfasthet för denna belastning betecknas f_{xk1} .
Källa: SS-EN 1996-1-1, kap 3.6.3.*



*Brottplan vid böjspänning parallellt liggfog (vertikal momentvektor).
Karakteristisk böjhållfasthet för denna belastning betecknas f_{xk2} .
Källa: SS-1996-1-1, kap 3.6.3.*

För murverk över öppningar och för horisontalstabiliserande väggar förekommer att tvärkraftskapaciteten är en begränsande faktor. Dimensionerande tvärkraftskapacitet, V_d , beräknas som:

$$V_d = A \times f_{vd}$$

Där A = tvärsnittets area och f_{vd} = dimensionerande skjuvhållfasthet.

Dimensionerande skjuvhållfasthet beräknas enligt EKS 10.

Skjuvhållfastheten kan ökas för laster som angriper nära stöd enligt regler i SS-EN1996-1-1.

Vid utformning av murverkskonstruktioner bör också inverkan av temperatur- och fuktvariationer beaktas. Sommartid har murverket högre temperatur, och då utvidgas dess volym. Variationer i fuktnivå medför också rörelser i murverk, ökad fuktnivå medför utvidgning, men inverkan av fukt är betydligt mindre än inverkan av temperatur under en årscykel.

För keramiska material som tegel sker också en viss permanent svällning över tid, se SS-EN 1996-1-1, kap 3.7.4. Permanent svällning bör beaktas när man bygger skalmurar i förhållandevis höga fasader. I detta sammanhang kan noteras att det finns bred erfarenhet av skalmurar upp till storleksordning 8-10 våningar, om man planerar skalmurar för byggnader som är högre än så finns det anledning att i projekteringen undersöka frågan om svällning.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Ange fordrad hållfasthetsklass för teglet.
- Föreskriv murningsklass.

Kombinationen tegel och murbruk

Murverk består av de två komponenterna mursten och murbruk. Helt avgörande för murverkets funktion är att man får tillräcklig vidhäftning mellan murbruk och tegel, det vill säga att bruket fäster till tegelytan.

En mycket väsentlig egenskap i detta avseende är teglets vattensugning i samband med murningen (korttidssugningen). När det färskt bruket sätts ihop med teglet startar en process som medför att hållfastheten, och vidhäftningen, börjar växa till. Vissa tegelsorter, lätt brända, suger mycket vatten, vilket betyder att vattenhalten sjunker snabbt i bruket. Detta kan resultera i alltför låg vidhäftning. Riktigt hårdbrända tegel suger minimalt med vatten, vilket betyder att vattenhalten i bruket, vid dess hårdnande blir hög. Detta kan också medföra nedsatt vidhäftning, men även att hållfastheten i det hårdnade bruket blir låg.

Teglets sugegenskaper i detta avseende, kort tid efter murningen, karakteriseras av dess minutsugning, det vill säga hur mycket vatten det suger under en minut, under vissa förutsättningar. Man indelar tegel i de tre grupperna svagt sugande ($< 1.0 \text{ kg/m}^2$, min), normalsugande (mellan 1.0 och 3.0 kg/m^2 , min) samt starkt sugande ($>3.0 \text{ kg/m}^2$, min). Svagt sugande tegel kan vara särskilt problematiskt att mura under kalla förhållanden och starkt sugande under varm, torr väderlek.

För tegel som inte är normalsugande finns det anledning att i förväg undersöka om det bruk man avser att mura med fungerar i kombination med det aktuella teglet. Det kan erfordras anpassning av bruket så att acceptabel hållfasthet och vidhäftning uppnås. Detta bör ske genom samråd mellan murningsentreprenör samt tegel- respektive bruksleverantör.

Ur hållfasthetssynpunkt är vidhäftning mellan bruk och tegel särskilt väsentlig när man murar med massivt tegel. För håltegel erhålls normalt en viss mekanisk förankring genom att bruket trycks ned i teglets hålskanaler.

Vidhäftning mellan tegel och bruk har också betydelse för täthet mot regngenomslag. Om bruket häftar vid ordentligt mot tegelytorna kan inte vatten pressas igenom i gränsskiktet. Ju mindre ytor mellan tegel och bruk som saknar vidhäftning desto mindre frekvens av regngenomslag kommer det att bli. Om det däremot inte finns vidhäftning kan vatten vid slagregn pressas igenom mikrosprickor mellan tegel och fog.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Om murning ska ske med starkt sugande eller svagt sugande tegel – föreskriv att man i förväg ska undersöka om bruket man ska mura med får vidhäftning till teglet, om inte detta undersökts tidigare för aktuell kombination.

Starkast inte alltid bäst – nackdel med alltför starkt murbruk

Murstenens och fogbrukets hållfasthets- och elasticitetsegenskaper är avgörande parametrar med avseende på risk för sprickbildning på grund av temperatur- och fuktrörelser. Hög hållfasthet i bruket medför att murverkets kapacitet att ta upp rörelser minskar. Det blir mer benäget att spricka, kapaciteten att fördela rörelser minskar.

Också de inbördes relationerna mellan teglets och brukets egenskaper är viktiga, fogbrukets styrka bör inte vara för hög i relation till teglets. Om fogen utgör den svaga länken i kedjan tenderar eventuell sprickbildning att följa fogarna och inte löpa igenom tegelstenar. Genom att de följer fogarna blir de betydligt mindre iögonfallande.

Standardbruk i Sverige idag är M 2.5. I många fall torde det vara tillräckligt ur hållfasthetssynpunkt att mura skalmurar i fasad med brukskvalitet M 1, vilket skulle resultera i murverk med bättre möjligheter att ta upp temperatur- och fuktrörelser. Vid murning av hårdbränt tegel kan dock M 2.5 vara att föredra, den låga vattensugningen i teglet medför att bruket får ett högt vct-tal. Det viktigaste i sammanhanget är att vidhäftning erhålls, och M 1 kan vara ett bra val om bruket är anpassat till teglets sugegenskaper.

I Eurokod SS-EN 1996-1-1, anges att horisontellt armerat murverk bör muras med murbruk i minst hållfasthetsklass M2, det vill säga i praktiken M 2.5. I tidigare gällande nationell byggnorm, BKR, föreskrevs som krav att armerat murverk skulle muras med B-bruk (det vill säga M 2.5 enligt nu gällande beteckning), eller starkare. Skrivningen i Eurokoden är således mindre kategorisk.

I den mån horisontalarmering används i murverk för att konstruktionen ska klara de konstruktiva krav som ställs, det vill säga konstruktivt erforderlig armering, bör murning ske med M 2.5. I den mån armering i liggfogar endast läggs för att minska sprickrisken är det acceptabelt att mura med bruk i klass M 1, med hänsyn till de fördelar detta har avseende sprickrisk och hur en eventuell uppsprickning kan förväntas ske.

I skalmursfasader där muröppningar inte linjerar vertikalt kan det dock vara ändamålsenligt att välja murning med bruksklass M 2.5, för att öka tvärkraftskapaciteten i murade överstycken.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Ange bruksklass.
- Om armering i skalmur inte medräknas för konstruktiv funktion (det vill säga armeringen behövs inte för att uppfylla lastkapacitet) kan bruksklass M1 övervägas vid normalsugande och svagt sugande tegel

Vindlastupptagning i skalmurar

Den vindlast som uppstår mot en fasad träffar först skalmuren. Genom inmurade kramlor förs vindlasten vidare till bakomliggande byggnadstomme, som kan utgöras av regelverk, bakmur av murverk eller betong.

I nutida byggnadsteknik med regelstommar har man normalt så kraftiga regler, på grund av behovet att värmeisolera, att reglarna på egen hand kan ta upp vindlasten och föra den vidare till bjälklag i över- och underkant. Motsvarande situation, att bakomliggande stomme normalt kan förutsättas ta upp vindlasten gäller i ännu större omfattning för alternativet med betongstomme. För dessa fall bör projektansvarig konstruktör, förutom att kontrollera bakomliggande stomdels bärförmåga, slå fast antal kramlor, med uppgift på cc-avstånd vertikalt och horisontellt. Vidare bör konstruktören förvissa sig om att erforderligt antal kramlor sätts runt fönster, dörrar och andra muröppningar.

För oarmerade murverkskonstruktioner behövs enligt SS-EN 1996-1-1 ingen särskild kontroll av uppsprickning och utböjning i bruksstadiet, om de konstruktiva kraven uppfylls för brottstadiet.

För armerade konstruktioner finns gränsvärden för kvoten mellan effektiv spännvidd och effektiv höjd samt balkar i SS-EN 1996-1-1, kap 5.5.2.5, tabell 5.2, som bör uppfyllas.

För skalmurar med innanför liggande regelstomme utgör horisontaldeformationerna, om regelstommen tar hela vindlasten, erfarenhetsmässigt inte något problem vid normalt förekommande våningshöjder. Men om reglarna är avsevärt högre, till exempel om man har dubbel normal våningshöjd kan det finnas skäl för konstruktören att beakta den horisontella utböjningen i regelverket.

Som alternativ till att vindlasten helt förs via kramlor direkt till bakomliggande konstruktion av regler alternativt betong förekommer att skalmuren kombineras med en bakmur av blockmurverk eller ½-stens tegel. För denna konstruktionstyp (kanalmur) kan vindlasten fördelas mellan skalmur och bakmur. Kramlingen medför att de båda murdelarna får samma horisontella deformation, varför den last som respektive mur tar kan fördelas efter styvhet eller momentkapacitet. I detta fall ska tillses att skalmur och bakmur, via kramlor, kan överföra reaktionerna längs de förutsatta upplagen. Ökning av antalet kramlor längs de ränder som murverket räknas upplagd mot kan erfordras.

Kramling

Kramlorna har till uppgift att:

- Förankra den vindlast som träffar skalmuren i bakomliggande byggnadsstomme.
- Förhindra att skalmuren knäcker ut i sidled på grund av vertikalbelastning.
- Förhindra att skalmuren rör sig transversellt väggens plan vid sockelanslutningen.
- Vid yttervägg med skalmur och bakmur fördela vindlasten mellan de båda murarna.

Kramlorna dimensioneras för uppträdande tryck- respektive dragkraft samt samtidigt verkande rörelser.

I EKS 10 föreskrivs att man ska sätta minst 3 kramlor/m² för skalmurar utanpå regelverk. Samma antal gäller för skalmur utanför betongväggar. I kanalmurar (det vill säga skalmur med luftspalt/isolering och bakmur) ska det enligt EKS 10 finnas minst 4 kramlor/m². Värdena gäller vid murning med M 1 eller högre, vid murning med M 0.5 (till exempel hydrauliskt kalkbruk) kan det erfordras tätare kramling.

Orsaken till att det krävs fler kramlor i kanalmurar är att för dessa väggtyper förutsätts att vindlastupptagningen sker i både fasad- och bakmur, medan lasten i de övriga fallen helt förs till innanför liggande väggstomme.

De krav som anges i EKS 10 är minimikrav. Erforderligt antal kramlor kan vara högre i byggnader, särskilt i utsatta lägen. Runt stora öppningar kan det exempelvis också vara nödvändigt att särskilt föreskriva hur kramling ska ske.

För att minska risken för sprickbildning strävar man efter att minska friktionen vid anslutning mot sockeln, se nedan under rubrik *Rörelsefogar*. För att hindra skalmuren att röra sig transversellt väggens plan i sin lägre del är det därför viktigt att sätta första raden kramlor i någon av de understa liggfogarna.

Lastkapaciteten i kramlorna, som normalt baseras på beräkningar och provning, redovisas av tillverkare. För dimensionering finns dimensioneringsanvisningar och webbaserade program från leverantörer.

Kramlor som sätts nära en byggnads hörn där skalmuren inte har utförts med vertikal rörelsefog, kan medföra att murverkets rörelse på andra sidan hörnet förhindras. Därför bör, enligt EKS 10, första raden kramlor inte sättas närmare hörnet än 1000 mm. I hörn där det finns rörelsefog armeras däremot i direkt anslutning till fogen.

Skalmuren på anslutande sida vid ett hörn kan, om det inte finns rörelsefog i hörnet, medverka till att ta upp vindlasten mot skalmuren närmast hörnet. För att säkra att kraftöverföring i hörnet kan ske även om uppsprickning skett kan armeringsjärn, som bockas 90° och förankras på ömse sidor om hörnet, läggas in.

Vid val av armeringstyp bör man beakta att mindre diameter är gynnsammare än grövre, eftersom det är bättre förutsättningar för effektiv förankring för små tvärsnitt. Men även rent praktiskt är små dimensioner fördelaktiga vid inmurning med tanke på möjligheterna för muraren att utföra ett bra hantverk.

Låsning av rörelser i murverk, företrädesvis på grund av temperaturvariationer, kan också medföra att ljudstörningar i form av knäppningar uppstår. Framförallt finns det risk för detta om avståndet mellan inspända delar av kramlorna är litet, till exempel vid användning av murkamspik, se skadefallet *Temperaturrelaterade ljudproblem vid ½-stens fasadmur av tegel*.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Föreskriv typ av kramlor.
- Ange cc-avstånd för kramlor horisontellt och vertikalt.
- Föreskriv ledade kramlor om avståndet mellan inspända delar av kramlorna är lågt, till exempel mindre än 100 mm, i såväl småhus som i större byggnader.
- Föreskriv att kramlor ska utföras i rostfritt, syrafast stål.
- Föreskriv att eventuell armering i liggfogar ska utföras med rostfritt stål.
- Beakta att första raden kramlor inte bör sättas minst 1000 mm från hörn utan rörelsefog.
- Undersök om det erfordras fler kramlor i speciella lägen till exempel runt stor öppningar.

Rörelsefogar

Rörelsefogar utförs för att minska risken för sprickbildning i skalmurar. I byggnader med betongstomme sker en betydande krympning i samband med att betongen torkar efter gjutning. Detta är en process som tar lång tid, ofta i storleksordning 1-1.5 år. Det innebär att krympningen även i byggnadsstommar av prefabricerad betong kan vara stor. Däremot påverkas normalt betongstommar föga av variationer i utomhusklimatet, eftersom de vanligen ligger torrt och varmt.

För skalmurar är rörelser på grund av varierande temperatur- och fuktförhållanden av betydelse. Medan betongstommen krymper kommer skalmuren att periodvis expandera och periodvis dra ihop sig. I lägen där skalmurens rörelser är förhindrade finns risk för att murverket spricker. Uppgifter om olika murverks temperatur- och fuktrörelser återges i Rätt murat och putsat.

För tegelmurverk sker också, på längre sikt, en permanent svällning. Detta bör framförallt beaktas i höga fasader, se ovan. Exempelvis bör man undersöka om kramlingen och fönsteranslutningar klarar aktuell rörelse.

Erfarenheterna är begränsade av skalmursfasader i höga hus med trästommar, medan användning av tegel i småhus och 2-3 vånings trähus varit omfattande. Men man kan utgå från att det i byggnader med trästommar, inte minst i högre hus, sker rörelser vid stommens uttorkning som påverkar skalmurar på liknande sätt som för betongstommar.

Exempel på situationer där det finns behov av rörelsefogar:

- Långa sammanhängande fasader och hörn mellan långa fasader.
- Lägen där ihopmurade delar av murverket har olika upplagsförhållanden, t.ex. när en betongplatta kragar igenom skalmuren.

För att minska risken för sprickbildning är det viktigt att undvika för starkt murbruk, se ovan under rubrik *Starkast inte alltid bäst – nackdel med alltför starkt murbruk*, varför det ofta skulle vara fördelaktigt att välja murbruk i klass M 1 hellre än M 2.5, som är standardbruk idag.

Valet av bruk, M 1 eller M 2.5, hänger också samman med tvärkraftsupptagning i fasaderna. Tvärkraftskapaciteten i murade balkar blir betydligt större vid användning av M 2.5. Om inte öppningar i olika plan linjerar vertikalt kan val av brukskvalitet M1 därför medföra behov av fler rörelsefogar. Detta har samband med att oregelbunden placering av öppningar i fasad kan medföra att större tvärkrafter uppstår i förhållandevis kläna murverksbalkar. Murverk murat med M 1 har betydligt lägre tvärkraftskapacitet, vilket kan leda till att avlastning måste ske med konsoler till bjälklagskanter, vilket medför behov av fler rörelsefogar.

Inläggning av glidskikt vid upplag/grund under första liggfogen minskar fastlåsnigen. I praktiken används elastiska mellanlägg (av t.ex. butylgummi, EPDM-gummi, bitumenbaserade membran) eller rostfri plåt där låsning annars kan ske mot byggnadsdelar som inte rör sig på motsvarande sätt. De nämnda materialen har olika för- och nackdelar. Används rostfri plåt är det viktigt att bruket inte häftar vid plåten, eller att murverkets rörelse inte förhindras genom att det hålls fast vid plåtens skarvar. Synliga plåtkanter kan också vara problematiska ur utseendesynpunkt, inte minst om de blir utsatta för slag och stötar. Bitumenbaserade membran har den nackdelen att de kan smälta eller vulkanisera vid temperaturer och tryck som kan uppkomma i tegelfasader, varför sockeldetaljer med denna typ av material bör utformas så att de inte kan tränga fram i sockeln.

Vattenutledning kan även skapas genom att man lägger en rostfri plåt, som är skarvad ihop med ett vikbart membran i den inre delen, vilket dras upp en bit på bakmuren. För att minska friktionen och risken för att bruket ska fastna, kan man kombinera detta med att lägga ett elastiskt mellanlägg, i bredd lika skalmuren, på den rostfria plåtens ovansida. Därigenom minskar risken för att murbruket skapar låsningar mot plåtens skarvar. Om man lägger ett elastiskt mellanlägg med bredd lika skalmuren även under plåten minskar också risken för ljudstörningar, som refereras i skadefallet Temperaturrelaterade ljudproblem vid ½-stens skalmur av tegel. Plåten bör i detta fall avslutas så att den inte sticker fram utanför teglet, med tanke på utseendeaspekter.

Varianter på sistnämnda är att t.ex. lägga ett vattenutledande membran av EPDM-gummi, som dras upp innanför skalmuren mot bakmur eller regelstomme, i kombination med ytterligare en våd EPDM eller rostfri plåt, i bredd lika skalmuren, som glidlager.

Frågan om effektivare metoder för att minska friktionen mellan skalmurverk och sockel kan förväntas bli föremål för framtida FoU-projekt, för att öka kunskapen och utveckling i frågan.

Risken för sprickbildning kan också minska om man lägger in armering i liggfogarna, åtminstone bör man kunna räkna med att sprickvidden hålls nere. Normalt används stegformade bistål i liggfogarna. Framförallt kan det vara viktigt att armera försvagade snitt. I första fog över sockelanslutningen kan det också vara motiverat att lägga in armering för att minska sprickrisken. Det är viktigt att inte sätta kramlor för nära hörn där det inte finns rörelsefog, vilket behandlats ovan under rubriken *Kramling*.

Förhållandet mellan en fasads längd och höjd är väsentlig för risken för genomgående sprickor i skalmurar. I EKS 10 rekommenderas att avståndet mellan vertikala rörelsefogar därför inte ska vara större än fem gånger höjden. För att undvika tvångssprickor vid sammanmurade hörn bör dock avståndet enligt EKS 10 mellan rörelsefogarna vara högst 24 meter.

Rörelsefogar bör redovisas på fasad- eller planritningar. Armering ska inte vara genomgående i rörelsefogar. Konventionellt utförda rörelsefogar bryter mot en grundläggande regel inom murningstekniken – att stötfogar i intilliggande skift ska vara förskjutna i sidled. De elastiska fogmassor som rörelsefogar normalt utförs med har inte heller alls beständighets- och åldringsegenskaper i paritet med tegel och murbruk. För att göra rörelsefogar mindre störande ur utseendesynpunkt finns det en del åtgärder som kan vidtas:

- Om det finns inåtgående hörn i fasader är det fördelaktigt att placera rörelsefogar i dessa.
- Placering av rörelsefogar bakom stuprör.

- Om det finns vertikala nischer i fasad kan rörelsefogar förläggas till dessa lägen.
- Utnyttjande av lägen i fasad där andra saker förändras. Detta kan exempelvis vara där skalmuren bryts igenom av andra material vid balkonger i flera plan. I denna typ av lägen kan det vara fördelaktigt att sätta rörelsefogar på ömse sidor, så att symmetri erhålls.
- Utföra fogmassan med sandad yta.

Man kan också överväga att göra rörelsefogar som följer murningsmönstret i förbandet, se exempel i bild 3, under rubriken *Temperaturrelaterade ljudproblem vid ½-stens skalmur av tegel*. Det tar naturligtvis något mer tid för muraren att utföra en sådan rörelsefog än en helt vertikal. Men med tanke på skalmurens förväntade livslängd torde det ofta vara rimligt att lägga den omsorgen om skalmurens utseende.

Rörelsefogar används för att minska risken för sprickbildning i skalmurar. Men det finns även problem med rörelsefogar i det långa loppet. Med tiden minskar elasticiteten, under inverkan av ultraviolett strålning (ljus), och det finns risk för att fogmassan spricker. Metoder som minskar ljusets påverkan på fogmassan, till exempel indragning, målning eller liknande, ökar dess livslängd som fuktskydd. Som alternativ till elastisk fogmassa kan även expanderande fogband användas. Dessa är lättare att byta ut vid fasadrenovering än fogmassor. De problem som åldrande material i rörelsefogar medför talar också för att man bör minska behovet av rörelsefogar i fasader.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Redovisa lägen för rörelsefogar, i plan eller fasadritningar.
- Ange hur rörelsefog ska utföras.
- Beakta särskilt behov av rörelsefogar vid långa fasader och där olika delar av murverket har olika upplagsförhållanden.

Höga fasader

I EKS 10 anges minsta väggtjocklek för skalmurar. För max 2 våningar, upp till 6 m höjd, är kravet 55 mm, för högre galler 85 mm. För bärande murverk anges motsvarande värden till 85 respektive ca 100 mm. I EKS 10 anges vidare att skalmurar högre än 4 våningar och deras upplag bör dimensioneras både i brottgränstillstånd och med avseende på stabilitet.

Idag finns emellanåt intresse för att utföra relativt höga fasader med tegelmurverk. De praktiska erfarenheterna av att mura skalmurar i fasader med mer än ca 10 våningar är dock tämligen begränsade.

De krav som anges i EKS 10 på tjocklek för murverkskonstruktioner ska betraktas som minimivärden. Vid användning av skalmurar i höga fasader bör projektansvarig konstruktör kontrollera frågor som normalt görs för bärande konstruktioner i höga byggnader, till exempel lastöverföring i sockel, horisontalkrafter på grund av initallutning, vad som händer vid olyckslaster, risk för fortskridande ras, att rörelser som orsakas av temperatur- och fuktvariationer kan tas upp samt att vertikallasterna på murverket är acceptabla med hänsyn till risk för horisontell utknäckning. Den permanenta svällning som sker över tid i keramiska material bör också beaktas.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Krav på minsta tjocklek enligt EKS 10 utgör minimikrav.
- Projektansvarig konstruktör bör utreda konstruktiva förhållanden för höga skalmurar, motsvarande vad som krävs för bärande konstruktioner i allmänhet.

Lastupptagning i konsoler

Skalmurars egentyngd är som nämnts ovan relativt stor. Det innebär att det är en avsevärd fördel konstruktivt om fönster och dörröppningar förekommer i samma planläge, det vill säga att öppningar i murverket linjerar vertikalt.

Vidare är det fördelaktigt om lasterna från murverket kan gå rakt ned även i bottenplan, och därefter föras på källarvägg eller grundmur.

När man går ifrån dessa grundregler för murverkets konstruktiva funktion löses bärningen ofta med konsoler som för vertikallasten från murverket till bjälklagskanter eller balkar.

Konsolupphängning är fördyrande för fasaderna, i branschen omtalas att materialkostnaderna för konsolerna i förekommande fall kan vara lika höga som kostnaderna för teglet.

Men lastupptagning via konsoler har också en rad andra, tekniska, nackdelar. Bland annat leder den rigida fasthållningen av murverket i konsoler till att dess förmåga att ta upp rörelser begränsas, vilket medför ökad risk för sprickbildning och därmed sammanhängande konstruktiva problem. Man kan också utgå från att de framtida möjligheterna att underhålla och förändra fasaderna försämras. Om långsiktig hållbarhet eftersträvas torde konsolupphängning vara en ytterst tveksam lösning.

Det är också uppenbart att lastupptagning via konsoler ofta leder till att fler rörelsefogar, både horisontella och vertikala, införs.

Om konsolupphängning ändå är aktuell ska konsolerna utföras med hög standard avseende korrosionsbeständighet. Vidare är det viktigt att projektansvarig konstruktör dimensionerar byggnadsstommen så att lasterna från konsolerna kan tas omhand, att detta kontrolleras i tidigt skede av projekteringen och att man har kontroll på att de laster som ska tas om hand av konsolerna har hanterbar storlek.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Konsoler för lastupptagning utförs i rostfritt, syrafast stål.
- Projektansvarig konstruktör dimensionerar byggnadsstommen så att lasterna från konsolerna kan tas omhand.
- Om inte konstruktören dimensionerar konsolerna bör hen utreda att prefabricerade konsoler har förutsättningar att klara aktuella laster.

Murning vid låg temperatur

Om det färska bruket fryser vid murningen innan det härdat kan iskristaller skada dess porstruktur, så att hållfasthet och vidhäftning blir nedsatt. Därför är det viktigt att murverk skyddas från frost vid murningen och de närmast följande dygnet. Vid risk för frost bör murning ske under intäckning, och med möjlighet till uppvärmning, om temperaturen tenderar att falla under +5° under de två första dygnet. Intäckning med uppvärmning är den viktigaste åtgärden. Ytterligare åtgärder för att minska risk för frysningsskador är:

- Varmt vatten kan användas vid bruksberedning. Man bör då eftersträva temperaturen 20° i bruket. Maximal temperatur i vatten för bruksberedning väljs enligt bruksleverantörs anvisningar.
- Använd mursten ska ha en temperatur av minst + 5° och ha förvarats skyddad från nederbörd.
- Användning av frostskyddsmedel ska i förekommande fall ske enligt leverantörs anvisningar. Frostskyddsmedel ska inte användas som ersättning för ovanstående åtgärder, utan ses som en ytterligare försiktighetsåtgärd vid murning under vinterförhållanden.

Regngennomslag i skalmurar

Vid regn träffas skalmurar av vatten. Murverksytorna suger först upp vattnet kapillärt men blir efterhand vattenmättade, varefter en vattenfilm bildas på ytan. Om det samtidigt verkar ett vindtryck mot fasaden pressas då vatten igenom sprickor - det sker ett regngennomslag, varvid vatten börjar rinna på murverkets sida mot isoleringen.

Genomgående sprickor och håligheter finns oftast i stötfogarna, på grund av att dessa inte fyllts ordentligt med bruk. Är vidhäftningen dålig mellan bruk och sten kan det också finnas sprickor, mikrosprickor, som vid hög vindbelastning kan medföra regngennomslag. Förutom att dålig vidhäftning kan vara resultat av dålig anpassning mellan sten och bruk kan vidhäftning saknas på grund av att muraren vid murningen rubbat stenen sedan vidhäftningen börjat växa till. Därför ska principen "lagd sten ligger" tillämpas vid murning.

Om det saknas vidhäftning mellan tegel och bruk kan läckage till och med ske utan att vattenfilm uppstått på utsidan av murverket - det vattentryck som uppstår i fogarnas utsida kan då pressa vatten igenom mikrosprickor mellan bruk och tegel.

Eftersom regngennomslag kan ske är det viktigt att se till att vatten som rinner längs skalmurens insida leds ut igen och förhindras från att ta sig vidare in i väggen, till exempel vid sockelanslutning samt över öppningar för fönster och dörrar.

Vatten kan vid regngennomslag också rinna längs kramlor, varför dessa bör förses med en stoppande bricka, eller sättas med svag lutning utåt.



För att minska risken för regngennomslag är det viktigt att kopytan helt fylls med bruk. Detta sker säkrast genom att muraren slår bruk på kortändan innan stenen sätts på plats. Att ”ploga” upp bruk från liggfogen kräver stor skicklighet av muraren om resultatet ska bli lika bra.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Räkna med att regngennomslag kan ske och se till att vatten vid regngennomslag leds ut igen och förhindras att tränga vidare in i väggen.

Luftspalt innanför skalmur

Skalmurar utförs normalt med en luftspalt innanför tegelmurverket. Frågan om behovet av ventilation i spalten är beroende av hur bakomliggande vägg utformas.

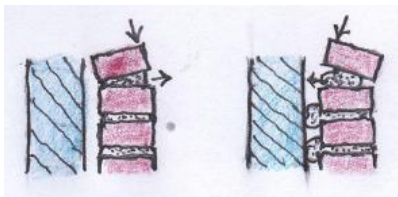
För väggar med skivisolering av icke organiskt material, till exempel mineralull, och bakmur av murverk eller betong, utgör luftspalten framförallt en fingerspalt, som behövs när muraren lägger teglet på plats. Luftspalten har också betydelse för dränering i samband med regngenoslag. Ventilation av luftspalten kan i detta fall ha viss betydelse genom att insida skalmur torkar upp snabbare efter ett regngenoslag. I praktiken torde detta ha ringa praktisk betydelse för väggens byggnadsfysikaliska funktion.

I kanalmurar, och väggar med skalmur utanpå betongstomme, där man isolerar med mineraliska isoleringsmaterial i granulatform, till exempel perlit, fylls utrymmet innanför skalmuren efter murningen helt och man får därmed inte någon luftspalt alls. Det är för detta fall viktigt att isoleringsmaterialet inte suger vatten kapillärt, vilket för perlit innebär att materialet måste vara hydrofoberat. I denna väggtyp dräneras regngenoslag av den yttersta delen av isoleringen.

För väggar med skalmur och bakomliggande regelstomme är det däremot väsentligt för den byggnadsfysikaliska funktionen att luftspalten är ventilerad, för att minska risken för fuktproblem i väggen. För detta fall bör luftspalten utföras med minst 30 mm djup.

Överhuvudtaget torde det ofta vara önskvärt med mer ventilation i luftspalten i väggar med skalmur och regelstomme, varför åtgärder för att säkra ventilationen är önskvärda i sistnämnda typ av väggar. Om luftspalten i ovankant står i kontakt med uteluften kan sannolikt en ökad ventilation i spalten erhållas. Man bör dock se till att vatten vid slagregn exempelvis inte kan ta sig in i skalmuren genom oskyddade öppna stötfogar högt uppe i fasad.

Bruksspill och brukstuggor i luftspalten medför nedsatt ventilation, försämrade dränering samt risk för uppfuktning av innanför liggande väggdelar. Förutom längs kramlor kan vatten rinna igenom i isoleringsskarvar. Därför är det av största vikt att murning av skalmurar görs så att bruksspillet minimeras, och utan brukstuggor. Av denna anledning är det mycket viktigt att muraren vid murningen lägger teglet i bruket så att innerkanten trycks mot bruket först, inte tvärtom, se figur nedan.



RÄTT

FEL!

Genom rätt murningsteknik undviks brukstuggor och brukspill i luftspalt/fingerspalt.

För att minska risken för fuktskador vintertid i väggar med skalmurar och innanför liggande regelstomme är det lämpligt att sätta en heltäckande skiva av icke organiskt material, till exempel mineralull, utanför regelstommen.

Konsekvenserna av brukstuggor i spalten är störst för väggar med innanför liggande regelstommar, men bör undvikas även vid bakmur av stenmaterial och gjuten betong.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Luftspalt i vägg med skalmur och innanför liggande regelstomme bör utföras med minst 30 mm luftspalt.
- Utforma sockel-, tak- samt fönster- och dörranslutningar så att man får god ventilation i luftspalten vid skalmur med innanför liggande regelstomme.
- Utforma väggen med en heltäckande isolering av mineralull, utan pappskikt, utanpå regelstommen.

Exempel på utformning av viktiga detaljer

Anslutning mot sockel

Vattenutledning i sockeln ordnas genom att man lägger in ett membran av till exempel butylgummiduk, bitumenbaserad folie eller rostfri plåt, som samtidigt kan fungera som glidskikt, se ovan under rubrik *Rörelsefogar*. Det vattenutledande membranet bör läggas med viss uppdragning på insidan.

Det är viktigt att det vattenutledande membranet läggs så att vatten inte kan läcka in via skarvar, till exempel genom att dessa klistras ihop.

Normalt lämnas var 3:e eller var 4:e stötfog i understa skiftet öppen för ventilation och dränering av luftspalten. Om man vill minska risken för att möss eller andra oönskade djur tar sig in bakom skalmuren genom öppna stötfogar kan man sätta stål nät, som i så fall bör vara varmförzinkade. För att åstadkomma ökad ventilation kan man ha öppna stötfogar tätare i understa skiftet, införa öppna stötfogar i 3:e eller 4:e skiftet också eller ventilera med särskilda tilluftsventiler, i form av tegel eller inmurade galler. Viktigast med tanke på fuktaspekter torde dock vara att ha minst 30 mm luftspalt, att spalten hålls fri från brukspill och brukstuggor samt att det finns effektiv vattenutledning.

Innanför skalmuren ska man undvika bakfall i det vattenutledande membranet, så att vatten vid regngennomslag inte kan rinna inåt. Men om man väljer att ha en lutning som avvisar vatten utåt, exempelvis genom att man lägger en brukssträng i lutning eller en kil av cellplast, måste den begränsas till utrymmet innanför skalmuren. Skalmuren ska muras på ett horisontellt underlag för att man inte ska riskera oavsedda rörelser transversellt väggens plan i sockelanslutningen. Det finns ett flertal skadefall där skalmurar murats på lutande upplag och där uppenbar risk för kollaps förelegat. För att ytterligare minska risken för att skalmuren rör sig vinkelrätt fasaden bör första raden kramlor sättas i någon av de understa liggfogarna.

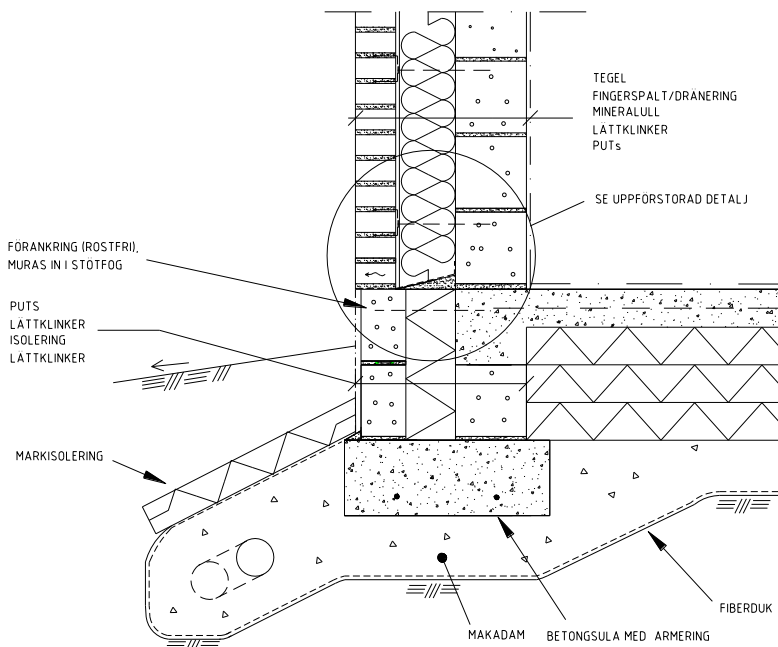
VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Utforma sockelanslutningen med vattenutledande membran, som också fungerar som glidlager.
- Understa skiftet, anläggningsskiftet, muras på ett horisontellt underlag.
- Första raden kramlor sätts i någon av de understa liggfogarna.

Exempel på utformning av sockelanslutningar som beaktar krav som ställs på grundsnitt visas i nedanstående ritningsdetaljer.



Felaktigt utförande: Skalmur som murats på lutande underlag, i syfte att underlätta vattenutledning. För att undvika denna typ av problem är det viktigt att skalmuren muras på horisontellt underlag.

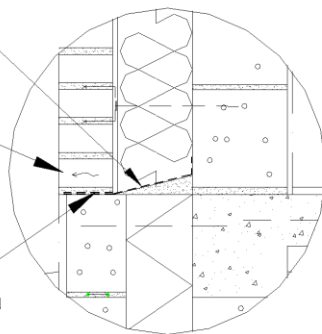


Exempel på grundsnitt för kanalmur.

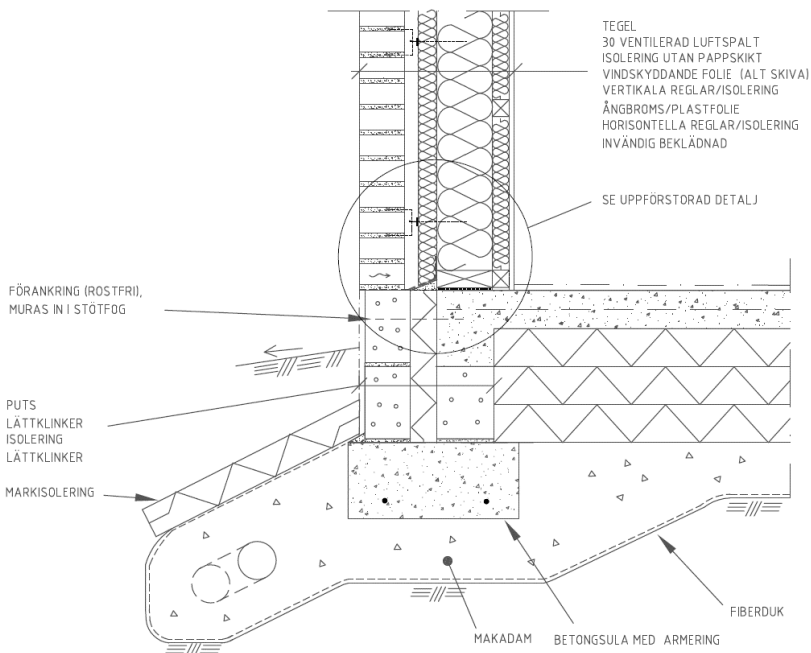
BRUKSSTRÅNG I LUTNING
 ALTERNATIVT CELLPLASTKIL,
 VATTENUTLEDANDE MEMBRAN
 DRAS UPP OCH KLISTRAS PÅ
 UTSIDA BAKMUR

ÖPPNA STÖTFOGAR FÖR DRANERING
 VID REGNGENOMSLAG

UNDER ANLÄGGNINGSSKIFTET LAGGS YTTRELLIGARE EN
 VÅD AV VATTENUTLEDANDE MEMBRANET



Uppförstorad del av grundsnitt för kanalmur.

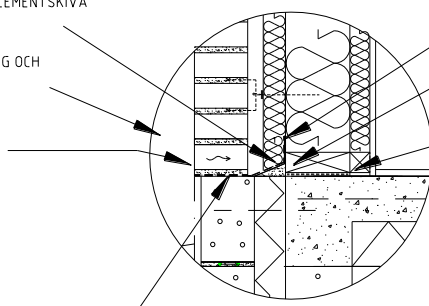


Exempel på grundsnitt för vägg med skalmur och innanför liggande regelstomme.

VATTENUTLEDANDE MEMBRAN, DRAS UPP OCH KLISTRAS MOT REMSA AV FIBERCEMENTSKIVA

ÖPPNA STÖTFOGAR FÖR LUFTNING OCH DRÄNERING VID REGGENOMSLAG

ANLÄGGNINGSSKIFTET MURAS PÅ HORIZONTELLT UNDERLAG



REMSA AV FIBERCEMENTSKIVA

BRUKSTRÅNG ALTERNATIVT CELLPLASTKIL
VINDTÄT FOLIE DRAS NED UTANFÖR SYLL OCH AVSLUTAS VID UK SYLL

SYLLISOLERING, LUFTTÄTNING

UNDER ANLÄGGNINGSSKIFTET LÄGGS YTTRELLIGARE EN VÅD AV VATTENUTLEDANDE MEMBRANET

Uppförstorad del av grundsnitt för vägg med skalmur och innanför liggande regelstomme.

Excentricitet i lastöverföring vid sockelanslutning riskabel

Det finns idag ofta en strävan att minska skalmurars tjocklek. Samtidigt finns det en tradition att skalmurens ytterliv kragar fram 15-20 mm utanför sockellivet. Vid till exempel skalmurstjocklek 85 mm, utkragning 20 mm, 15 mm sockelputs, med upplagsreaktionen i kontaktytan betong/murverk som jämnt utbredd tryckpåkning blir resultatet att centrumlinjen för upplagskraften hamnar oroande nära murverkets kärngräns.

Kärngränsen avgränsar den del av murverkets tvärsnittsytta som en last, eller upplagsreaktion, kan uppträda i utan att dragspänning vinkelrät liggfogarna uppstår. Om kraften eller upplagsreaktionen har ett läge mellan kärngränsen och tvärsnittets kant uppstår risk för sprickbildning i liggfogarna på motsatt sida av tvärsnittet och icke kalkylerad lastkoncentration på murverkets tryckta sida. Vidare uppstår horisontalkrafter i kramlorna som dessa normalt inte dimensioneras för.

Vid dimensionerings- och utformningsarbetet bör också vägas in att utförande vid murningen aldrig blir så exakt som ritningsredovisningen kan antyda, det vill säga det behövs marginaler. Vid dimensioneringen måste därför minst de toleranser som gäller enligt AMA HUS, materialtillverkare och prefableverantörer beaktas.

I några fall har på senare år ljudproblem med knäppningar uppstått i väggar med skalmurar och bakomliggande träregelstomme, se skadefallet *Temperaturrelaterade ljudproblem vid ½-stens fasadmur av tegel*. Uttömmande kunskap om orsakerna till dessa ljudproblem saknas än så länge. Men det finns skäl att anta att stor excentricitet i lastöverföring vid sockel, små upplagsytor för teglet och därmed sammanhängande högt kontaktryck i upplaget samt glidlager av plåt och oledade kramlor med litet avstånd mellan inspänningen kan ha betydelse för problemen.

När lasten från skalmurar tas upp av ett sockelelement eller en grundmur krävs att man förankrar sockelelement/grundmur i innanför belägna betongkonstruktion, se exempel i figurerna ovan.

Upplagsreaktionerna på grund av murverkets egentyngd kan vid höga skalmurar bli betydande, framförallt vid sidan av muröppningar. Det kan resultera i höga upplagstryck och spänningskoncentrationer i grundmurar, framförallt om upplaget bara utgörs av den innersta delen av skalmurens undersida.

Inte minst vid grundmurar av lättklinker i höga fasader är det viktigt att tryckpåkänningen kontrolleras vid dimensioneringen. Förutom kontroll av maximalt vertikallast bör man ha kontroll på att den deformation som kan ske i lättklinkerblocken inte orsakar sättningar som ger problem med skalmurens konstruktiva funktion. Om skalmuren har upplag på såväl betong som grundmur av annat material, till exempel lättklinker, kan skilda E-moduler i dessa resultera i att lasten till dominerande del tas av en del av upplaget. Detta kan resultera i excentricitet som kan vara problematisk för skalmuren, framförallt vid höga fasader.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Kontrollera att lasten från skalmuren kan tas upp av grundmur/sockel utan att problem på grund av excentricitet i lastöverföring vållar problem.
- Kontrollera att grundmur/grundelement är tillräckligt förankrat i innanför liggande konstruktion.

Grundläggningsmetoder

Skalmurar har, som nämnts, en relativt stor egentyngd. Särskilt stor last ska tas om hand i murpelare mellan öppningar.

Om man grundlägger med kantförstyvad platta kommer denna att belastas excentriskt, vilket resulterar i lastkoncentrationer längst ut på plattans kant.

Kantförstyvade plattor utförs normalt med prefabricerade element, ofta så kallade L-element, som har begränsad kapacitet att ta upp den excentricitet som uppstår när de ska ta upp lasterna från skalmurar. Detta kan resultera i sättningar och därmed sammanhängande risk för sprickbildning i murverket.

En ytterligare komplikation när det gäller grundläggning där betydande laster förmedlas till undergrunden via cellplastskikt är cellplastens åldringsegenskaper på lång sikt. Det finns anledning att befara att krypning i cellplasten sker över längre tid, samtidigt som skalmurars förmåga att ta upp sättningar i grunden är relativt låg.

För att utföra grundläggning som i långsiktighet är i paritet med murverks motsvarande egenskaper är det önskvärt att undvika att lasterna förmedlas via organiska material. Mer traditionella grundläggningsmetoder, som till exempel enligt figurer ovan under rubriken *Anslutning mot sockel*, ger bättre förutsättningar för murverkets funktion på kort och lång sikt. Om man vill använda mer prefabinriktade grundläggningsmetoder kan grundbalkar av lättklinker vara ett alternativ med motsvarande långsiktiga hållbarhet.

Om grundläggning ändå utförs så att lasterna läggs på lager av cellplast bör, förutom normalt förekommande dimensioneringsfall, även dimensionering avseende deformation vid långtidslast utföras. Risk för framtida sättningar framförallt i lägen för spänningskoncentrationer bör särskilt beaktas.

Fönster- och dörröppningar

Hur fönster och dörrar fästs in bör specificeras på detaljritningar, liksom hur vattenutledning ombesörjs i ovankant och regntätning i sida och undersida. Vidare bör anges om det krävs extra kramling längs muröppningars ränder. Projektansvarig konstruktör bör också kontrollera att egentygden från fönster och dörrar, som kan vara betydande, kan tas upp.

Normalt bärs muröverstycken genom att man lägger ett prefabricerat, spännarmerat murstensskift, varefter påmurning sker. Prefabricerade, spännarmerad mursstensskift kallas ofta "tegelbalkar", vilket dock är en oegentlig benämning. Armeringen i prefabskiftet medför att dragkrafter som uppstår i muröverstyckets undersida i fält kan tas om hand, medan påmurning ger balktvärsnittet kapacitet att ta upp tvärkraft och tryckspänning i ovankant. Påmurningens höjd är helt avgörande för

muröverstyckets bärförmåga. Det prefabricerade skiftet utgör således en del av en samverkansbalk, inte hela balken.

Samverkansbalkars böjkapacitet och tvärkraftskapacitet kan, upp till ett fritt öppningsmått på 3 m, beräknas enligt samma metoder som för armerade murverksbalkar, se SS-EN 1996-1-1, kap. 5.5.2.4 och 6.6.5. Vid fria öppningsmått över 3 m kan en modell baserad på valvverkan användas, där det armerade prefabskiftet verkar som ett dragankare. Vidare bör begränsningar avseende armerade balkars effektiva spännvidd beaktas enligt SS-EN 1996-1-1, kap. 5.5.2.6.

De begränsningar i öppningsmått för armerade murverksbalkar som anges i SS-EN 1996-1-1, kap 5.5.2.6 har inte tillämpats i tidigare gällande svenska nationella normer. Kanske som ett resultat av detta har fall med sprickbildning i balkar med stor spännvidd förekommit, det finns indikationer på att frekvensen ökat vid öppningar med mer än ca 3 m öppningsmått. Sprickor har i dessa fall skett i de horisontella fogarna mellan prefabskiften och ovanliggande murverk, framförallt i lägen med låg påmurningshöjd. Problematiken har bland annat samband med frågan om murbrukets anpassning till murstenens vattensugning - det bruk som man murar med ska ge vidhäftning mot både tegelbalkens tvärsnitt, som till stor del består av svagt sugande betong, och till ovanliggande tegelskift.

För att minska risken för problem med horisontell sprickbildning i fogen mellan prefabskift och ovanliggande murverk, vid långa spännvidder, kan längre lagring av tegelbalkarna ske (för minskad krympning i betongtvärsnittet) eller tunngrundning med cementrikt bruk av tegelbalkens betongkärna (för att minska risken för bristande vidhäftning). Ett annat alternativ vid längre spännvidder är att sätta vertikala, rostfria gängstänger som förankras i prefabskiften, muras in i ovanliggande murverk och avslutas i översta skiftet med bricka och mutter. Ovanliggande tegel måste då anpassas vid inmurningen, man sågar upp slitsar från ena sidan i teglet så att gängstången kan passas in i teglet.

För att mer bokstavligen följa råden i SS-EN 1996-1-1 beträffande begränsningar i öppningsmått kan man välja att sätta in konsoler, så att spännvidden mellan dessa och övriga upplag klarar de aktuella begränsningarna. En nackdel med är den låsning till stommen som sker vid konsolerna, vilket i ogynnsamma fall (särskilt vid betongstommar i många plan) kan medföra sprickbildning. Ett ytterligare alternativ, som egentligen stämmer bäst med vad som kan betecknas som "tegelmurbyggandets grammatik" är att undvika öppningar i skalmurar med större spännvidd än begränsningarna enligt råden i SS-EN 1996-1-1.

Det är viktigt att leverantörernas rekommendation angående stämningstid följs.

I inspänningssnitten, på ömse sidor om öppningar kan det vara ändamålsenligt att lägga in lösarmering i muröverstyckets översta fog.

För projektörer kan det vara värt att notera att obelastade skalmurar, enligt praxis, kan utföras oarmerade om öppningsmåtten är maximalt 2.0 m, påmurningshöjden är minst 0.25 x öppningsmåtten samt murelarna vid upplagen minst 250 mm långa.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Vertikallaster från fönster, fönsterpartier och dörrar ska tas omhand.
- Horisontallaster som träffar fönster och dörrar ska föras vidare till byggnadsstommen, extra kramling kan erfordras.
- Egentyngden från murverksdelar ovan öppningen ska tas omhand, via balkverkan alternativt valvverkan i överstycket.
- Vatten som tränger igenom skalmuren ovan muröppningar vid regngenslag ska inte tränga vidare in i väggen, utan avvisas genom vattenutledning.
- Regnvatten som träffar fönster- och dörrytter ska ledas ut utanför murens ytterliv i underkant.
- Fönsters och dörrars sidoanslutningar utförs så att vatten inte kan tränga in.

”Undvik misstag i murat och putsat byggande” vänder sig till beställare, arkitekter, konstruktörer, projektörer, entreprenör och hantverkare som arbetar med murade och putsade konstruktioner i samband med nybyggnad, underhåll och reparationer. Skriften är även användbar i undervisningssammanhang.

Skriften identifierar ett antal emellanåt förekommande misstag i dagens murade och putsade byggande som beskrivs som typfall. Typfallen utgår från enskilda konstruktionslösningar med en kortfattad beskrivning av skadeorsaken. Läsaren ges även råd för att utforma konstruktionen rätt från början. Utöver typfallen finns det även kunskapsavsnitt kring projektering av skalmurar, tjockputs på blockmurverk, viktiga anslutningsdetaljer, m.m.



LUNDS
UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

SBUF ®