

tegeldetaljer

- med teglets materialitet som utgangspunkt -

1. Materials materialitet

I ”Moderna tegeldetaljer” behandlar vi frågan om hur man på ändamålsenliga sätt kan utforma tekniskt bra och gestaltningsmässigt fina detaljlösningar med fasadtegel i kombination med bakmurar av tegel eller andra stenmaterial. I detta syfte inleder vi med en grundläggande diskussion om bl.a. materialitet och en del andra begrepp som vi tycker är viktiga för ämnet.

Det övergripande syftet med ”Moderna tegeldetaljer” är att redovisa tekniska detaljlösningar som gör att de speciella egenskaper som finns latent i materialet tegel kommer till ändamålsenliga uttryck i modernt, nutida byggande. Målsättningen kan kanske tyckas självklar, men inrymmer i själva verket en väsentlig kritik av hur tegel normalt används i dagens byggproduktion. De sätt man vanligen använder fasadtegel på idag präglas nämligen av att det materialmässigt helt får underordna sig villkor som bestäms av att andra materialslag används för stombyggandet. Det är ingen överdrift att hävda att tegelinslagen i 2000-talets fasader i normalfallet mer motiveras av något slags slentrianmässiga och halvhjärtade försök att referera till en i praktiken försvunnen byggnadskultur än en medveten modern materialanpassning till dagens krav inom byggandet.

Samtidigt som vi här söker visa hur man får fram gestaltningsmässigt fina detaljlösningar i nutida byggande av tegelfasader ska naturligtvis dessa fungera för de tekniska påfrestningar som de kommer att bli utsatta för. Vi kommer därför att redogöra för vilka huvudsakliga byggnadstekniska krav som bör ställas på respektive byggnadsdel, och hur detta inverkar på detaljutformningen. Men målsättningen är dubbel - lösningarna ska vara både gestaltningsmässigt fina och tekniskt bra. Det är vanligt att man ser en motsättning i detta, men vår position är den motsatta: - Kännedom om och hänsyn till tekniska begränsningar förutsätter vi kan användas för att uttrycka ett visst materials egenart. I detta sammanhang blir bl.a. begreppet materialitet en väsentlig utgångspunkt.

För yrkeskategorin arkitekter är materialitet ett välkänt begrepp, men för övriga aktörer inom byggbranschen och för en bredare allmänhet torde insikten om vad det står för vara tämligen begränsad. Eftersom denna skrift riktar sig till såväl arkitekter som ingenjörer och intresserade lekmän är det således viktigt att vi lite närmare förklarar vår användning av begreppet:

Materialitet, i den betydelse vi här kommer att lägga i begreppet, står för hur vi människor med våra sinnen och vårt intellekt uppfattar ett material. Det rör sig alltså om egenskaper hos materialet självt som är avgörande för våra sinnesförnimmelser. I byggsammanhang är det normalt våra visuella och taktila materialitetsupplevelser som är mest påtagliga, men det kan också vara frågan om exempelvis akustiska egenskaper eller t.o.m. dofter. Det handlar alltså om subjektiva upplevelser och vår tolkning av de sinnesförnimmelser vi får – som i sin tur influeras av de referensramar vi har. Varje material har sina specifika egenskaper och får i människans värld sitt eget ”språk”, filtrerat av vår tolkning via de speciella referensramar som är våra. Visuellt kan det handla om parametrar som t.ex. mörkt-ljust, matt-blankt och stort-liten, medan det taktila fältet bl.a. berör egenskaper som rå-glatt, hårt-mjukt, tungt-lätt, varmt-kallt o.s.v. Men även intellektuella processer är väsentliga för vår upplevelse; erfarenheter av ett material som starkt eller svagt kan exempelvis vara avgörande för om vi tycker att en viss materialanvändning i ett visst sammanhang är lämplig. Fast vi kan också förändra vår

uppfattning om ett visst material; vi kan tolka om materialet när det används på ett sätt som är nytt eller ovanligt för oss.

För att förstå vår upplevelse av materialitet kan vi ta hjälp av ämnesområdet byggnadsmateriallära, som är ett traditionellt inslag i arkitekt-, ingenjör- och hantverksutbildningar. Men medan materialläran främst behandlar mätbara egenskaper, handlar materialitet om människors subjektiva uppfattningar om materialen. Vi kan diskutera och jämföra våra uppfattningar om materialitet och vi kan kanske någorlunda sakligt mäta hur människor beskriver sina uppfattningar om det. Men vi kan aldrig objektivt mäta själva materialiteten i sig.

Olika materialslag har olika karakteristika och potential som avgör hur vi upplever dem. Betongens formbarhet i samband med gjutning och dess stora bärförmåga i stelnat skick är t.ex. viktiga för vår upplevelse av den gjutna betongens materialitet. Träets relativa mjukhet och värme är väsentliga för hur vi upplever materialet trä medan den stora bärförmågan, kylan och hårdheten är essentiella beståndsdelar i stålets materialitet. Och materialiteten kan ha olika styrka, en väggyta som utförts av en spacklad och målad gipsskiva ger inte någon stark upplevelse av materialitet, medan en oputsad vägg av gammalt handslaget tegel återfinns på skalans motsatta sida.

Inom den svenska arkitektkåren har diskussionen om materialitet inte varit särskilt omfattande, åtminstone inte i modern tid, speciellt inte om man jämför med vilken betydelse ämnesområdet tillmätts inom t.ex. arkitektkåren i Danmark. Danska språkets motsvarande begrepp för materialitet är ”stoflighed”. Danskarna talar ofta också om ”stoflige virkninger”, vilket kan översättas till materialverkan, som i stort sett är synonymt med materialitet. Stor betydelse för arkitekturdiskussionen om ”stoflige virkninger” i Danmark har tillmätts ett föredrag som hölls av arkitekten Carl Petersen¹ vid Konstakademiets Arkitektskole i Köpenhamn 1919. Petersen konstaterar att ”stoflige virkninger” är en av fyra faktorer som är viktiga inom byggnadskonsten, varav de övriga är form, färg och proportioner.

”Stoflighed” är ett begrepp som också många materialtillverkare och tekniker inom byggbranschen i Danmark är bekanta med. Motsvarande gäller knappast för den svenska teknikerkåren, materialitet behandlas inte i någon nämnvärd omfattning i svenska byggtutbildningar. Detta återspeglas också i att någon diskussion om materialitet inte förs alls i tekniska fora i Sverige.

Överhuvudtaget råder det stor brist i den svenska byggbranschen på begrepp som är klart definierade och välbekanta för både arkitekter och ingenjörer – en brist som innebär att kommunikationen mellan olika grupper inom byggprocessen är onödigt dålig. Mer fokus på begreppet materialitet i det svenska byggandet, bland såväl arkitekter som ingenjörer och hantverkare, skulle därför kunna vara till gagn för resultaten i byggprocessen. Frågan är om inte bristen på medvetenhet om materialitetens betydelse för kvaliteter i byggandet bland såväl fackfolk som allmänhet i Sverige är en bidragande faktor till att vi emellanåt kommit att acceptera byggnadsteknik av tvivelaktig kvalitet. Som exempel kan nämnas det faktum att putsade fasader under en rad år i Sverige i normalfallet byggts upp med ca 4-5 mm s.k. organisk tunnputs på isoleringsskivor av cellplast. Denna byggnadsteknik refererar till traditionellt murat och putsat byggande, ett byggande som vi betraktar som särskilt robust, och som har fördelar med tanke på klimatutjämning, sund inomhusmiljö och långsiktig hållbarhet. Istället får kunden väggar som är fukt- och mögelkänsliga, saknar värmetröghet,

inte är långsiktigt hållbara och som bara på ett ytligt och konstlat sätt påminner om det putsade byggande som man avser efterlikna.

Insikter om materialitetens betydelse i byggandet kan således vara väsentliga för förmågan att värdera kvaliteter. Och om man vill diskutera användning av tegel i det nutida byggandet är frågan om det murade teglets materialitet särskilt viktig.

Materialitet och tektonik

Ett annat ämnesfält, i viss mån besläktat med materialitetsbegreppet, som är väsentligt för diskussionen om modern användning av tegelmurverk är begreppet tektonik. Tektonisk arkitektur innebär att konstruktionen, byggnadsstommen, används på ett medvetet sätt i gestaltningen. Det är i detta sammanhang givet att de materialegenskaper som handlar om hållfasthet och bärförmåga kan ha avgörande betydelse för vår upplevelse av materialitet. Materialitetsbegreppet bör således inte begränsas till att handla enbart om form, färg och taktilt upplevda egenskaper, utan hållfasthetsparametrar och andra konstruktiva egenskaper kan också vara viktiga delar av materialens materialitet. Och i detta sammanhang betyder förstås våra tidigare erfarenheter och förväntningar av ett material mycket.

Graden av konstruktivt uttryck, eller konstruktiv expressivitet, kan variera. Som mest konsekvent genomförd är byggnadsstommen i tektonisk arkitektur en av utgångspunkterna för arkitekturen, och ges avgörande betydelse för den rumsliga organisationen av byggnaden. I andra fall kanske byggnadsstommen intar en mer anonym roll, men tektoniska lösningar har valts i enskilda delar. Men även för det fall byggnadsstommen har en i stort sett anonym och föga expressiv roll kan den uttrycka konstruktiv logik, och därmed i realiteten vara tektonisk. Tegel förknippas förstås mest med sistnämnda typ av byggnadsteknik. Men det finns arkitektur som visar att tegelmurverk kan användas också i radikalt annorlunda kontext. Gotiska byggnadsverk visar t.ex. att om man ser till att det finns tillräckligt mycket murverk på rätt ställe kan man göra ytterst luftiga och slanka tegelkonstruktioner. Nyckeln till det är att se till att hålla sig inom kärngränsen, d.v.s. se till att det inte uppstår dragspänningar i tvärsnittet. Gotiska byggnadsverk kan i många fall ses som tredimensionella studier av hur man via trycklinjer för ner lasterna till grunden, utan att dragspänningar uppstår.

Läsbarhet, tolkningsbarhet och trovärdighet

För vardagsarkitektur, som bostäder, skolor och arbetsplatser, är det viktigt att vi som användare tillåts ta miljön i besittning och i någon mån göra den till vår. I vilken grad detta är möjligt styrs av ett flertal faktorer. En viktig förutsättning är att miljön måste vara begriplig och tolkningsbar vad gäller användning och organisation, men också vad gäller själva byggnadstekniken. Förståelsen av hur ett hus är byggt kan luta sig mot referenser till hur materialen använts historiskt sett, men också för oss helt nya sätt att bygga kan bli begripligt om det är tydligt att sammanfogningen skett i överensstämmelse med materialens egenskaper. I båda fallen måste vi när det gäller tegel respektera dess förmåga att utgöra del av tunga, stabila och hållbara väggar.

Under tegelbyggandets storhetstid, framförallt under sista halvan av 1800-talet och under 1900-talets första decennier, byggdes i regel ytterväggar med tegel som s.k. fullmurar i minst 1.5 stens djup. För traditionellt svenskt normalformat innebär detta ett väggdjup av ca 380 mm, puts oräknad, med tegel rakt igenom. Framförallt p.g.a. energihushållningsskäl används tegel idag främst i form av halvstenskonstruktioner, med djup av ca 120 mm, utanpå byggnadens bärande väggkomponent. Vi har idag också större möjligheter att kombinera tegel med byggnadsmaterial som stål och armerad betong, vilket kan användas för att uppfylla de krav på byggnaders prestanda som ofta ställs av samtiden.

Frågan om den inre delen av väggen är utförd med tegel eller något annat material blir i detta ljus inte primär, inte heller om den är bärande eller inte. Istället blir det viktiga om fasadteglet ingår i ett sammanhang där materialanvändningen och materialkombinationerna blir begripliga och tolkningsbara för betraktaren. I detta sammanhang är de erfarenheter vi har från olika typer av byggnader viktiga. Men också de sätt som vi använder materialen och materialkombinationer på kan skapa den läsbarhet och förståelse som är viktig för våra möjligheter att uppleva byggnader positivt.

Användningen av fasadtegel utgör i och för sig normalt en referens till traditionellt tegelbyggande. Men användningen av tegel som byggnadsmaterial kan, genom att vi tar hänsyn till dagens krav på energihushållning, komfort och andra prestanda som ställs på nutida byggnader, också förnyas i vår samtid och ges nya uttryck.

Vad som finns i den inre delen av ytterväggarna och det som sker i materialmötena vid fönster- och dörrsmygar blir avgörande för möjligheterna med teglet i nutida tillämpningar. Om vi har en bakmur av stenmaterial bekräftas vår upplevelse av teglet som en del i en stabil stenkonstruktion med de egenskaper som en sådan är förknippad med. Logiska och naturliga materialmöten i smygarna gör också att våra möjligheter att förstå och läsa konstruktionen ökar. Användningen av tegel som fasadmaterial kommer i denna typ av tillämpningar att upplevas som trovärdig i sitt sammanhang.

Ställningstagandet att räkna in hållfasthetsaspekter och tektonik i materialitetsbegreppet är inte självklart. Ofta används begreppet materialitet mest för visuella, taktila och kanske akustiska egenskaper. Men vi har här alltså valt utgångspunkten att även räkna in frågor som handlar om lastbärande egenskaper och mekanik. Man kan säga att detta ställningstagande genererar betydligt annorlunda, och förmodligen större, krav på läsbarhet och tolkningsbarhet än om vi valt att bortse från denna typ av aspekter. Men samtidigt innebär förhållningssättet att möjligheterna att utforska potentialen med tegel i modernt byggande blir avsevärt mycket större.

Vi har i detta arbete alltså valt att avgränsa framställningen till fasadtegel i kombination med bakmurar av tegel eller andra stenmaterial och avstår från att behandla tegel i kombination med bakomliggande regelkonstruktioner. Vi gör denna avgränsning trots insikten om att sistnämnda byggnadsteknik är nästan allena rådande när det gäller byggandet av tegelfasader idag i Sverige. I själva verket har skalmurar i kombination med bakomliggande träregelväggar helt dominerat inom tegelanvändningen i flera decennier, och om inte denna väggtyp varit vanlig hade sannolikt den svenska tegelindustrin raderats ut betydligt tidigare än som faktiskt skedde. Vi väljer ändå att bortse från skalmurar i kombination med regelbaserade utfackningsväggar. Vår utgångspunkt är inte tegelproducentens, vi är projektörer och vi ser att här finns ett byggnadsmaterial som har potential att ge betydligt större utbyte än vad man normalt får idag av det. För att undersöka den frågan behöver vi ta reda på vilka sammanhang

som teglets potential kan utvecklas i, för att tegelanvändningen ska upplevas som trovärdig. Därför gör vi avgränsningen med fasadtegel i kombination med bakmur av tegel eller andra stenmaterial. Det hindrar kanske ändå inte att en del av de resultat som vi kommer att redovisa här kan komma till användning även i byggnadsteknik med skalmurar och regelbaserade utfackningsväggar.

Samtala med materialen?

Vi har alltså tagit materialitet som den viktigaste utgångspunkten för detta arbete, trots att diskussionen i ämnet inte varit särskilt framträdande i svensk arkitektur och byggande under senare år. För den världsberömda estnisk-amerikanske arkitekten Louis Kahn var materialitet och materialverkan däremot ytterst centrala begrepp. I en föreläsning som refereras i ”Between silence and light – architecture in the spirit of Louis Kahn”² berättar Kahn om ett samtal han säger sig ha fört med en tegelsten, som då sagt att den ville vara en valvbåge. Stenen vidhåller sin uppfattning trots att den konfronteras med det faktum att man kan använda balkar av betong eller stål, som är mer ändamålsenliga och förmodligen billigare. Det är ingen tvekan om att Kahn håller med den självsäkra tegelstenen, om att den borde få vara en del av ett valv. Kahn menar att man ska respektera materialen för vad de verkligen är och inte se dem som enkelt utbytbara, utan istället föra ett samtal med de material man ska använda:

”You can have the same conversation with concrete, with paper or papier-maché, or with plastic, or marble, or any material. The beauty of what you create comes if you honor the material for what it really is. Never use it in a subsidiary way so as to make the material wait for the next person to come along and honor its character.”

“att puste sjæl i det stof han anvænder”

Men det finns förstås också exempel i vår egen närhet på arkitekter som starkt betonat materialverkan i sina arbeten. En av de mest framstående är Sigurd Lewerenz, bl.a. känd för S:t Petrikyrkan i Klippan och Markuskyrkan i Björkhagen, båda imponerande tegelstrukturer. I samband med en utställning om Östra Kyrkogården i Malmö 2002 skriver den danske arkitekten Anders Munck³ om Lewerenz:

”Sigurd Lewerenz har igennem hele sit virke haft utallige konversationer med sine byggematerialer. Mest kendt er billederne af ham som 80-årig på byggepladsen i Klippan, hvor han iført cigarr og sort frakke, er fordybet i en sådan samtale. Det drejer sig muligvis om hans løfte til stenene om at ingen af dem må deles for at få forbandtet til at gå op. Murstenene ses som enkeltindivider, hvis integritet ikke må brydes af den tjeneste de er sat i. Fastholdelsen af murstenens format (2:4:1), giver ham også mulighed for at anvende et andet format; mesterpetringen (1:4:1) til særligt ophøjede stæder. Tydeligst ses dette i alteret, hvor de stilles lodret således at deres kvadratiske endeflader udgør oversiden af alterbordet. Det hellige prydes ikke, repræsenteres ikke med særligt værdifulde materialer, tvaertimod må mesterpetringen vel snarere siges at være et udstødt format, et format man kun anvænder når forbandtet ikke kan gå op på anden vis.

Det er alltså ikke altid de mest praetentiøse materialer han har i tale. På lignende måde i Sankt Knuts og Sankt Gertruds kapellerne på Östra Kyrkogården i Malmø, hvor facadebeklædningen er udført af rester fra renskaeringen af marmorplader. De ulige lange, og ganske tynde stykker marmor er muret op på sammen med den murstensvæg der bærer dem. De forskellige gråtoner i marmoren og de lange smalle formater giver overfladen en tekstilagtig karakter.

Lamperne der er placeret parvis flere steder kring Petrikyrkan i Klippan viser deres ærbødighed, ved at bukke sig 15 cm frem, hvilket giver en svag bøjning. Disse Philips standard udendørsarmaturer som kan findes på en hvilken som helst svensk villavej, udfører en gestus, der giver den et skær af menneskelighed, og de fungerer på samme måde som statuer af engle eller kirkefædre. At et standardprodukt ved et minimalt indgreb fra Lewerenz' hånd kan skifte karakter og med et slag blive højstemt er del af den magi han så enestående beherskede.

For Lewerenz handler det derfor ikke om de byggede objekters forhold til en idealitet, men om det at puste sjæl i det stof han anvender. Dette register af spildprodukter og standardvarer havde næppe turdet udtale sig med samme selvsikkerhed som Kahns mursten. Men ved Lewerenz' mellemkomst som inspirator, får de mulighed for at folde kvaliteter ud som de sikkert selv er ganske overraskede over at de besad. Og vi som betragter hans værker kan spejle os i dem, og mindes at vi selv – i bibliske termer – er besjælet ler.”

2. Det murade teglets materialitet

I detta kapitel går vi vidare och diskuterar specifikt faktorer som är viktiga för det murade teglets materialitet. Vi utgår från tillverkningsprocessens betydelse, och använder tekniska parametrar för att få en ökad förståelse för tegels materialverkan. Vi fortsätter med fogarnas inverkan, samt därefter med format och förband. Vi behandlar efter det murningsprocessens betydelse och avslutar med att diskutera hur vi kan se till att användningen av tegel upplevs som trovärdig i nutida sammanhang.

Begreppet materialitet har alltså som nämnts varit ett mer centralt begrepp inom byggandet i Danmark än i Sverige. En arkitekt som haft stor betydelse för diskussionen om ”stoflighed” i Danmark, jämte Carl Petersen, är Sten Eiler Rasmussen. Rasmussen beskriver tegels ”stoflighed” i ”Om at opleve arkitektur”⁴ med följande ord:

”Men det meste murværk er en kombination af to materialer, for eksempel braendte teglsten og kalkmørtel med grus i. Da der findes mange slags mursten og mange slags mørtel, der kan kombineres, og da det samlede resultat ogsaa afhaenger af murværkets relief (fugningen) og af murforbandtets mønster, vil man forstaa at der er en uendelighed af muligheder.”

”Om at opleve arkitektur” gavs ut 1966 och sedan dess har naturligtvis mycket hänt inom tegelindustrin. I Sverige finns idag bara en liten spillra av industrin kvar⁵, och den mångfald som en gång präglade den svenska tegeltillverkningen är idag ett minne blott. Men samtidigt har marknaden internationaliserats – Sverige var för bara ett knappt tiotal år sedan en för tegelimport i praktiken i det närmaste stängd marknad. Därför torde Rasmussens ord fortfarande vara giltiga även för det svenska byggandet – det finns så här i början av 2000-talet, trots nedläggningarna av nästan alla våra tegelbruk, ett rikt utbud av tegel med olika karakteristika på marknaden. Dagens utbud visar också att den utveckling som länge präglade den svenska tegelindustrin, att teglet efterhand utarmades kvalitativt genom en ensidig inriktning mot allt mer rationella tillverkningsmetoder, går att undvika i en modern och effektiv tegelproduktion.

Det mest utmärkande för tegel är kanske det mycket breda spektrum av möjlig materialverkan som tegel traditionellt förknippas med. Rasmussen skriver om denna i ett färdigt tegelmurverk. Till stor del beror tegelmurverks materialitet på egenskaper hos de enskilda stenarna. Vi ska därför först uppehålla oss lite vid vad olika produktionsmetoder och tillverkningsprocessen innebär för vår upplevelse av tegelstens materialitet och teglets fysikaliska egenskaper.

Tillverkningsprocessen: Från hantverk till industriell produktion

Produktionen av tegel har naturligtvis genomgått stora förändringar sett i ett längre tidsperspektiv. Men trots allt är huvudmomenten vid tillverkning fortfarande desamma idag som när man började bränna tegel för ca 5000 år sedan:

- Man väljer en lämplig lertäkt
- Leran bryts och konditioneras så att den får ändamålsenlig sammansättning och konsistens
- Man formar leran till råtegel som därefter torkas till lämplig vattenhalt
- Råtegel bränns till tegel under ett antal dygn i temperaturer runt 950-1000°C

Under årtusendenas lopp har framställningsprocessen förändrats. Detta kan tydligt avläsas i byggnader från olika tidsepoker – rationaliteten i tillverkningen har efterhand ökat, vilket påverkat och förändrat teglet. Under hela tiden har de variationer i form och färg som finns i stenarna först och främst bestämts av:

- Råvarans, d.v.s. lerans egenskaper
- Hur leran bereds och homogeniseras innan formningen
- Formningsprocessen, d.v.s. hur leran slagits eller pressats till tegelformat
- Egenskaper hos bränningsprocessen

I den hantverksbaserade produktionen strävade man efter att genomföra processerna så fullständigt som möjligt, d.v.s. att tillverka tegel med så hög bränningsgrad, homogen form och färg som produktionsmetoderna medgav. Men tekniken hade sina begränsningar och den stora oregelbundenhet i färg och form som finns i äldre tiders tegel berodde främst på ofullkomligheter vid beredning av leran, formning och bränning. Under tidens gång förändrades de tekniska förutsättningarna, mot allt högre grad av rationalitet och allt effektivare processer. Händelser som särskilt starkt påverkat tegeltekniken är t.ex. införandet av ångdrivna tegelpressar och ringugnar på 1800-talet samt ny formningsteknik och tunnelugnar på 1900-talet.

Från att ha varit ett renodlat hantverk har tegeltillverkningen under denna långa resa förändrats till att idag vara en i hög grad industrialiserad process, även om det fortfarande finns hantverksbetonade inslag i tillverkningen. Samtidigt har utvecklingen inneburit att teglet fått ett allt mer uniformt utseende, genom att effektiviteten i de ingående processerna hela tiden har ökat:

- Homogeniseringen av leran har blivit alltmer effektiv
- Man har gått över från handslagning till olika typer av maskinell formning
- Ugnarna har gett en allt effektivare och jämnare bränning av teglet

Det är naturligtvis oundvikligt att en ökad rationalitet i produktionen ger effekten att produkten blir mer ensartad utseendemässigt. Men samtidigt måste man vara observant på att rationaliteten inte bör drivas så långt att teglet helt utarmas på de kvaliteter som gör det värt att tillverka. Här kan man se en viss skillnad i resultat mellan de två huvudsakliga formningsmetoder som används idag, d.v.s. maskinslagning respektive strängpressning. Maskinslagning innebär att leran i en pressmaskin pressas nedåt i stålformar, vilka har en form som bestämmer råteglets dimensioner. Formningen sker i detta fall i ett relativt sett fuktigare, och därmed mjukare, tillstånd - den danska benämningen på denna formningsmetod är betecknande nog ”blödströgen”. Texturen i teglets ytor och i viss mån dess form kommer att bestämmas av hur kontaktytan mellan leran och stålformen fungerar, och hur det formade råteglet trycks ut ur formen. Vid strängpressning pressas leran, i ett mindre fuktigt tillstånd, under ett relativt sett större tryck till en lersträng igenom ett munstycke med visst tvärsnittsmått, varefter råteglet skärs av. Strängpressning är den rationellaste metoden, men även maskinslagning är hyggligt rationell. Samtidigt är erfarenheten att sistnämnda produktionsmetod ger tegel som får motsvarigheter till de variationer i färg och form som är karakteristiskt för äldre tiders tegel. Inte lika stora naturligtvis som i gammalt handslaget tegel, utan variationer i en mer finstämd skala, som kan passa bra för exponerat tegel i mer modern kontext. Det har visat sig betydligt svårare att skapa motsvarande kvaliteter i

strängpressad tegelproduktion, vilket innebär att sistnämnda sorts tegel ofta lämpar sig bäst för väggar som ska putsas eller säckskuras.

För att kompensera den uniformitet som man kan få i den nutida fasadtegeltillverkningen försöker producenter ibland öka variationerna i färg genom att blanda in olika tillsatsmedel, t.ex. manganoxid, i leran. Men resultatet blir normalt inte lika bra som när färgvariationerna beror naturligt på att tillverkningsprocessen inte är helt genomeffektiviserad. De mjuka övergångar i färgskalan som man ofta finner i gamla tiders tegelstenar, från riktigt mörka partier till helt ljusa i samma sten, uteblir i regel. Istället blir det ofta abrupta växlingar som ger ett oroligt, inte sällan nervöst, intryck på betraktaren. Kanske hänger vår upplevelse här samman med våra möjligheter att läsa, förstå och tolka materialet - de inhomogeniteter som finns i tegelstenar som slagits för hand och genomgått en gammaldags tegelbränning hjälper oss till en ökad förståelse för materialet. En abrupt färgväxling som erhålls efter tillsats av manganoxid till en lera som homogeniserats effektivt och genomgått en effektiv bränning i en modern tunnelugn ger inte alls motsvarande ledtrådar till en förbättrad förståelse för produkten.

Andra konstlade medel som använts, och används, för att motverka den uniformitet som blivit följd av att man alltför ensidigt renodlat rationalitet i tillverkningen, är olika typer av efterbehandlingar av teglets yta. Detta kritiserades redan 1950 av arkitekterna Bengt Edman och Lennart Holm, i ett arbete om tegel vid Nordisk Byggdags utställning "Bygg Bättre". Edman och Holm utvecklade ytterligare sina tankar i en artikel under rubriken "Tegelspråk", som publicerades i tidskriften Tegel⁶. Som exempel på denna typ av inslag i tegeltillverkningen nämnde man hantverksimitationer som åstadkoms genom exempelvis valsprägling, kamning, borstning och sandning av teglets yta efter formningen. Edman och Holm menade att man istället borde utgå från den välfogade tegelmuren och söka efter och uttrycka tegelmurverkets inre, konstruktiva logik, vilket de menade i sin tur skulle generera typiska tegelformer i byggandet. Den utveckling inom tegeltillverkningen som de kritiserade menade man pressades fram av vad man från industrins sida trodde var folkliga förväntningar på materialet. Det var förväntningar om någon sorts "rikare" form, vilket i sin tur förväxlades med verklig kvalitet. "Inte bara den enstaka tegelstenen styrs ut med meningslösa mönster utan hela murbehandlingen blir en spekulation i falsk finhet och kostbarhet" konstaterar Edman och Holm, som avslutade artikeln med följande uppmaning till tegelindustrin:

"Vi är inte industrimän, och affärslivet är oss tyvärr förborgat, men vi vädjar ändå till tegelfabrikanterna: Acceptera att tegel inte är användbart till alla byggnadsföretag, men gör det heller inte till ett exklusivt och förljuget söndagsmaterial. Teglets värde är dess enkelhet och pålitlighet – bibehåll det och försök lära byggnadsfolket detta. Lär dem 'förstå' tegel!"

Tyvärr måste man konstatera att man från den svenska tegel- och byggnadsindustrins sida inte valde den väg som Edman och Holm förespråkade 1950. De gestaltningsmässiga nackdelar som den allt rationellare tegeltillverkningen medförde togs inte på allvar, man trodde att effektsökerier i efterbehandlingar av tegelytan kunde ersätta de kvaliteter som tegel traditionellt förknippats med. Istället för en satsning på modern maskinslagning satsade man ensidigt på strängpressning. Det enda svenska tegelbruk som utvecklat maskinslagning, tegelbruket i Östra Grevie, lades ned i samband med den sista stora omstruktureringen av branschen i Sverige, 1997. Idag finns som nämnts bara en liten spillra kvar av den omfattande tegelindustri som en gång fanns i landet.

Vi kommer att ha anledning att återkomma till Bengt Edman senare, bl.a. genom att följa de tankar som han tillsammans med Lennart Holm gav uttryck för 1950 i senare byggnadsverk. Närmast ska vi dock titta lite på hur lerans sammansättning och tillverkningsprocessens karakteristika inverkar på en del av teglets materialegenskaper.

Teglets färg bestäms av råvarans egenskaper och bränningen

Färgen är förstås normalt en av tegelstenens mest påtagliga egenskaper ur materialitetssynpunkt. Det är framförallt lerans innehåll av järnoxid och kalk som är avgörande för färgen, i ett spektrum av nyanser mellan ljust gult och mörkt rött eller mörkt brunt. Teglet kommer att gå i gult, blir gulbrännande, om leran innehåller ca 3 gånger mer kalk än järnoxid, enligt en grov tumregel - ju större kalkhalt desto ljusare sten. Om lerans innehåll av järnoxid är större än en tredjedel av kalkinnehållet kommer istället järnoxiden att avgöra teglets färg - leran betecknas som rödbrännande.

Kalk i leran finns i regioner med kalkrik berggrund. Vid en del lertäkter i sådana områden kan man bryta rödbrännande lera i de övre lerlagren, eftersom leran där urlakats på kalk, medan gulbrännande lera bryts på större djup, där kalken anrikats.

Syreunderskott vid bränningen, s.k. reducerande bränning, påverkar järnoxiden på så sätt att en rödbrännande lera kommer att gå mot brunsvarta nyanser. En gulbrännande lera förändras under samma förhållanden mot gulgröna färgskiftningar. Liknande inverkan har bränning vid högre temperaturer än normalt.

Vid syreöverskott i ugnen, d.v.s. oxiderande bränning, påverkas inte järnoxiden och därmed inte rödbrännande leror. Däremot påverkas kalk av syreöverskott och gulbrännande leror kommer att ge tegel med gulröda nyanser vid sistnämnda typ av bränning.

Men det finns ytterligare möjligheter att få fram tegel med variation i färgskalan, bl.a. har det stor betydelse hur teglet staplats på vagnarna vid bränningen. Genom att placera det enligt olika metodik får man skilda typer av schatteringar, d.v.s. färgväxlingar, i ytan. Detta beror på att teglet påverkas på olika sätt beroende på syretillgången vid förbränning. En annan metod är att tillsätta kol i ugnen, s.k. kolbränning, vilket ger svarta färgskiftningar i teglet. Man kan också minska syretillförseln i en del av ugnen så att bränningen i denna del blir reducerande, medan man bibehåller syretillförseln i andra delar av ugnen. På så sätt erhålles färgskiftningar mitt emellan de som fås vid reducerande respektive oxiderande bränning.

S.k. grå- eller blådämpat tegel erhålls när man hettar upp ett tidigare bränt tegel ännu en gång om man stänger av lufttillförseln när teglet blivit glödhatt, d.v.s. vid ca 950°, och låter bränningen fortgå ytterligare en period. Det som händer då, när syret förbrukats i ugnsluften, är att det syre som finns i luftporerna i tegelskärven (d.v.s. i själva tegelgodset) kommer att förbrukas. Denna teknik ger vid bränning med rödbrännande leror tegel i en gråsvart nyans medan gulbrännande leror ger ett ljusgrått tegel.

Det finns således metoder och möjligheter som ger variationer i färgskala och form även vid modern, relativt rationell tegelproduktion. Det finns inte någon anledning att dogmatiskt sträva efter att ofullständigheter i processen ska ge variationerna hos teglet, för att efterlikna äldre tiders tegelproduktion. Det är rimligare att man prövar de tillverkningsmetoder och

möjligheter som står till buds idag på ett pragmatiskt sätt. Vi söker variationer i form och färg som ger behag och väcker intresse - inte abrupta växlingar som ger ett nervöst intryck.

Varmare än betong, kallare än lättklinker

En fysikalisk parameter som påverkas av bränningsgraden är värmeledningsförmågan. Värmeledningsförmågan är en viktig materialegenskap när man räknar på värmeisolering i klimatskalet. Men det är också en parameter som kan hjälpa oss att förstå varför vi upplever en del material som varma och andra som kalla. Det handlar i detta avseende bl.a. om att vi med vår kropp, som håller en temperatur av ca 37°, berör en materialyta som håller lägre temperatur, kanske rumstemperaturen, d.v.s. runt 20°. Om vi då rör vid ett material som har hög värmeledningsförmåga kommer värmen från vår hand att föras bort snabbare än i ett material som har låg. Vi kommer därför att uppfatta materialet med hög värmeledningsförmåga som kallt medan ett material med lågt som varmt. Värmeledningsförmågan, torrt material, för betong, samt murverk av tegel, lättklinker och lättbetong är:

Betong ($\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$)	Tegelmurverk (normalformat, $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$)	Lättklinkermurverk ($\rho = 600 \text{ kg/m}^3$)	Lättbetongmurverk ($\rho = 400 \text{ kg/m}^3$)
0.9	0.5	0.15	0.10

Tabell 2.1 Värmeledningsförmågan mätt i W/m, °K, torrt material

Den sammanlagda värmeledningsförmågan för ett murverk bestäms dels av murbrukets egenskaper och dels av själva murstenens. Murbrukets värmeledningsförmåga ligger i storleksordning 0.65 W/m°K (kalkcementbruk).

För putsning används i Sverige normalt kalkcementbruk. Under senare år har också gipsbruk, som är ett mycket vanligt förekommande putsbruk i många europeiska länder, kommit till användning här hemma för invändig putsning. Gipsbruks värmeledningsförmåga är ca 0.45 W/m°K

Teglets färg har naturligtvis också betydelse för hur vi uppfattar materialet på skalan varmt-kallt. Större delen av tegelsortimenten finns i det röda och gula spektrumet, vilket uppfattas som relativt varmt. Allra mest gäller detta för röda färgnyanser, medan gula kanske ofta upplevs som mer harmoniska och lugna. Blådämpade kvaliteter tenderar vi på motsvarande sätt att uppfatta som kallare, medan gråa torde uppfattas som mer neutrala.

Porositeten viktig för fuktegenskaperna

Tegel betraktas ur teknisk synvinkel som ett poröst byggnadsmaterial. Porositeten, som också är beroende av bränningsgraden, är viktig för teglets fuktegenskaper. Porositeten innebär att tegel är kapillärsugande, d.v.s. det suger åt sig fritt vatten, som samlas i de luftporer som finns i tegelgodset. Man skiljer mellan svagt, måttligt respektive starkt sugande tegel. Man brukar också karakterisera dess fuktegenskaper med hänsyn till dels korttidssugning och dels långtidssugning.

Korttidssugningen har stor betydelse för vidhäftningen mellan sten och bruk, och är därför en viktig parameter när man murar, bl.a. vid val av konsistens i bruket. Ett starkt sugande tegel kan t.ex. vara problematiskt att mura med under särskilt varma och torra förhållanden, eftersom vattnet då sugas ur bruket alltför snabbt för att bruket ska hinna härda. För ett svagt sugande tegel är istället murning vid särskilt kallt och fuktigt väder känsligt, vattnet sugas inte ur bruket tillräckligt snabbt för att bruket ska få rätt hållfasthet. Korttidssugningen är också en viktig parameter när man ska putsa tegelytan, det gäller att välja putsbruk som är anpassat till teglets sugtegenskaper så att man får god vidhäftning mellan putsbruk och tegel.

Långtidssugningen är ett mått på hur mycket vatten som kan magasineras i teglet under längre perioder. Denna parameter har betydelse för frostbeständigheten. Porositet, porstruktur, porstorleksfördelning och vattenfyllnadstal är andra egenskaper som är avgörande för frostresistensen. Påfrestningarna på teglet vid frysning beror på att vattnet utvidgar sig när det fryser till is. Antalet cykler som fryspunkten passerar är därför viktigt, och huruvida luftporerna i tegelskärven är fyllda med vatten vid dessa tillfällen. Luftporerna är i detta sammanhang små håligheter i det keramiska materialet, hålen i ett håltegel saknar i stort betydelse för den expansionsmöjlighet för vattnet som krävs när det går över till iskristaller. Frostbeständigheten testas i tillverkningen genom att man låter teglet genomgå ett antal frostcykler (frysning/upptining) och därefter kontrollerar skadefrekvensen.

Hygroskopiciteten för tegel är normalt låg, d.v.s. fuktinnehållet i teglet påverkas inte särskilt mycket vid en förändring av relativa fuktigheten.

Tegelmurverks mekaniska egenskaper

En väsentlig del av vår tolkning av olika konstruktionsmaterial bestäms, som vi tidigare varit inne på, av hur vi tolkar dess möjligheter att ta upp laster, d.v.s. om vi uppfattar materialet som starkt eller svagt. Också i detta avseende är bränningsprocessen av avgörande betydelse för teglets karakteristika. Typiska materialegenskaper för tegelmurverk när det gäller hållfasthet är:

- Hög tryckhållfasthet
- Låg draghållfasthet
- Låg skjuvhållfasthet

Dessa egenskaper, den goda tryckkapaciteten och de låga drag- och skjuvhållfastheterna, delar tegelmurverk med konstruktioner av övriga stenmaterial som t.ex. betong. Men möjligheterna att kompensera för låg drag- och skjuvhållfasthet genom att armera är naturligtvis inte lika stora vid murning som inom betongbyggnadstekniken. När man använder gjuten betong

börjar man ju med att bygga en gjutform, som kan armeras tämligen fritt, varpå man fyller upp den med en flytande massa som därefter stelnar. Vid murning är man mer bunden p.g.a. staplingen av rektangulära stenar eller block. Horisontalarmering i liggfogarna är visserligen tämligen okomplicerat att utföra, och man kan med denna öka bärförmågan för horisontella laster en hel del. Möjligheterna att armera vertikalt är däremot förenat med mer praktiska svårigheter.

Istället för att vertikalarmera kan man använda sig av att momentkapaciteten ökar i murverkskonstruktioner med växande normalkraft. Detta innebär att möjligheterna att ha stora öppningar är större i bärande murverk än i obelastat. I vertikalt obelastade konstruktioner kan man med fördel ha horisontellt orienterade fönsteröppningar (d.v.s. fönster med stor bredd och låg höjd) och armera horisontellt i liggfogarna.

Sammantaget bör man om man arbetar med bärande tegelmurverk beakta att materialet har sina begränsningar vad det gäller små tvärsnitt – man bör se till att det finns relativt väl tilltagen tvärsnittsarea i vissa, utsatta lägen. Men om man beaktar denna förutsättning är möjligheterna stora, även om tryckhållfastheten i ett tegelmurverk inte kan mäta sig med motsvarande för betong:

Betong (K30)	Tegel (15/A-bruk)	Tegel (15/B-bruk)	Tegel (15/C-bruk)	Tegel (15/D-bruk)	Lättklinker (3/B-bruk)	Lättbetong (1.7/B-bruk)
21.5	5.8	4.6	3.3	1.8	2.4	1.1

Tabell 2.2 Exempel på tryckhållfasthet (s.k. karakteristiska värden, MPa) Värden inom parentes anger hållfasthetsklass för respektive materialslag. För alla materialslagen utom betong anges också hållfasthetsklass för murbruket.

Noterbart är att murbruket har en avgörande skillnad på tryckhållfastheten för murverk. A-bruk är starkast, B-bruk som också är tämligen starkt är standardbruk i dagens byggande. D-bruk är det idag standardiserade bruk som ligger närmast de kalkbaserade brukskvaliteter som användes i äldre, traditionellt tegelmurverk. C-bruk ligger hållfasthetsmässigt emellan B- och D-bruk. Under 30-, 40- 50- och 60-talen användes bruk som med dagens klassificering är att betrakta som C-bruk. Vi ska återkomma till diskussionen kring val av bruk i dagens byggande.

Mjukare än betong, hårdare än lättbetong

En annan viktig mekanisk materialparameter, också den beroende av bränningsprocessen, är elasticitetsmodulen (E-modulen). Denna är väsentlig för den konstruktiva dimensioneringen, bl.a. vid deformationsberäkningar och vid beräkning av slankhetstal för vertikala bärverk. Men elasticitetsmodulen kan också användas för att förstå hur vi upplever material på skalan hårt–mjukt. Ett hårt material har hög E-modul, ett mjukt material har låg.

E-modulerna varierar för respektive material beroende på vilka materialkvaliteter man avser. För några vanliga konstruktionsklasser får man följande värden:

Betong (K30)	Tegel (15/A-bruk)	Tegel (15/B-bruk)	Tegel (15/C-bruk)	Tegel (15/D-bruk)	Lättklinker (3/B-bruk)	Lättbetong (1.7/B-bruk)
28500	2320	1840	1320	728	3360	770

Tabell 2.3 Elasticitetsmoduler, MPa

Bränningsprocessen avgörande för många egenskaper

Tegelmurverks mekaniska och fuktmekaniska egenskaper beror alltså bl.a. på hur effektiv bränningsprocessen är. Sammanfattningsvis medför längre bränningstid och högre temperatur i ugnen följande:

- Ökad densitet
- Högre hållfasthet
- Större E-modul
- Ökad frostresistens

Samtidigt minskar följande parametrar om teglet bränns längre och vid högre temperatur:

- Porositeten
- Vattenabsorptionen

Fogarnas inverkan

Vi har än så länge mest uppehållit oss vid frågor som hänger samman med hur tillverkningsprocessen påverkar själva tegelstenens materialegenskaper och materialitet. Men för det sammansatta murverkets materialitet är fogmaterial, fogens kulör, dess mått och fogutformningen också väsentliga faktorer.

Sten Eiler Rasmussen⁴ menar att murstenen bör uppfattas som det egentliga byggnadsmaterialet, medan fogen enbart utgör utfyllnad mellan stenarna. Stenen bör därför inte bara dominera ytmässigt utan också genom sin materialitet och färg - den bör verka kraftigare och grövre än bruket skriver Rasmussen.

Förbländertegel, som var vanligt i fasader under slutet av 1800-talet, är intressant med tanke på Rasmussens uppfattning om att stenen bör dominera såväl ytmässigt som avseende råheten. Förbländerteglet utgjorde murens utsida och murades i förband med den inre delen av massivmur, 1½ stens eller mer. Det murades med enbart koppytor. Karakteristiskt för denna typ av murverk var att variationerna i form och färg var särskilt små. Förbländerteglet

murades med minimala fogar, på endast några få mm. Detta kan ses som ett sätt att låta teglets ytmässiga dominans över fogarna öka, för att kompensera ringa råhet i den exponerade tegelytan.

För delar av dagens tegelproduktion finns ett motsvarande problem - när teglet produceras riktigt rationellt kan det bli problematiskt med ett alltför ensartat utseende. Möjligen skulle det problemet också kunnat mötas genom minskade fogmått. Men det är tveksamt huruvida Rasmussens uppfattning om relationen mellan tegelstenarnas och fogens råhet normalt bör vara vägledande idag. Hans diskussion gällde massivare konstruktioner än vad vi normalt använder numera, och konstruktioner som murades med traditionella kalkbruk. I dagens fasader måste vi räkna med att man bygger fasader med halvtstens djup, såväl om vi använder bakmur av tegel som av andra stenmaterial. Viss cementinblandning i bruket är önskvärt med hänsyn till att det i halvtstens murverk behövs lite snabbare hållfasthetstillväxt än äldre tiders i massivkonstruktioner, och att man idag kräver hyggliga möjligheter att mura vid relativt kall väderlek. Det betyder att bruket har en något annorlunda roll i moderna murverk än i traditionella, och det motiverar lite starkare murbruk. Men det finns viktiga skäl att undvika alltför starka bruk, t.ex. brukskvalitet B som är standard idag, en diskussion som vi ska återkomma till.

Rasmussens resonemang om att teglet ska dominera murverket och fogen bara vara utfyllnad mellan murstenarna motsägs i praktiken av t.ex. hur Sigurd Lewerenz utformat fasaderna vid S:t Petri-kyrkan och Berndt Nyberg vid tillbyggnaden av Landsarkivet i Lund. I båda fallen åstadkoms stark materialverkan genom att man använt tjocka fogar med rustik karaktär. Också Klas Anshelms fasader på Stadshallen i Lund, där bruket dragits ut över det strängpressade teglets glatta yta, innebär ett annat förhållningssätt än vad Rasmussen pläderar för. Men Rasmussen, Lewerenz, Nyberg och Anshelm förenas trots allt i synen på att kombinationen tegel och bruk bör väljas på ett medvetet sätt. Därigenom kan man få ut effekter från det sammansatta murverket som finns latent i material och metod; kombinationerna av tegel, bruk, fogar och hantverk rymmer i sig ett stort spektrum av möjlig materialverkan, som kan frammanas genom medvetna val av de ingående komponenterna. Samtidigt visar en stor del av de tegelfasader som byggts under de senaste decennierna att slentrianmässiga val av tegel, bruk och fogtyp leder till onödigt ointressanta fasader. För att kunna använda tegelmurverk på sätt som ger material och metod rättvisa är det därför viktigt att tänka igenom i vilken riktning olika alternativa val leder till, och vad som stämmer med den aktuella kontexten.

I ”Rätt murat och putsat”⁷ redovisas åtta olika fogtyper, figur 2.1. Man kan säga att av dessa utgör säckskurad och tryckt fog i ett avseende varandras motpoler. Vid säckskurning, som egentligen mer är en sorts tunnputsning än beteckning på en fogtyp, dras fogbruket ut över tegelstenarna, men inte mer än att man svagt ser murmönstret över hela ytan, och en del enskilda stenar avtecknar sig. De enskilda stenarnas materialitet hålls kraftigt tillbaka, och denna typ av murbehandling har oftast använts för tegel med särskilt små variationer i form och färg. Vid tryckt (urkratsad) fog betonas istället tegelstenens råhet maximalt, och fogen blir klart underordnad. En slät fog innebär en slags medelväg mellan dessa, medan konkav liksom ryggsuren fog ligger rätt nära den urkratsade.



Figur 2.1 Fogtyper enligt ”Rätt murat och putsat”⁷.

Fogskrapad (glättad fog) innebär liksom säckskurning att fogbruk dras ut på teglet, fast inte i lika stor omfattning, medan ritsad fog innebär att man för in ytterligare mönstereffekter i murverket.

Bruket kulör är naturligtvis också av väsentlig betydelse för murverkets materialitet. Kulören bestäms av bindemedlets och ballastens egenskaper, men kan också förändras genom pigmentering, antingen vid tillverkning eller på byggplats. En stark kontrast framhäver att murverket är komplext och sammansatt av flera olika material, man betonar s.a.s. ytans egenskap att vara just mur. Brukskulörer som nära ansluter till teglet ger mer harmoniskt och lugnt uttryck, samtidigt som murverkets egenskap att vara just murverk hålls tillbaka.

Men också brukets sammansättning, d.v.s. halterna av kalk respektive cement samt typ och mängd av ballast är väsentligt för murverkets egenskaper och för dess materialverkan. Hög cementhalt ger hårdare bruk och en blågrå kulör, om inte kulören förändras genom pigment, medan kalkrikt bruk blir svagare och ljusare.

Det finns som nämnts viktiga tekniska skäl att undvika alltför starka bruk. Kombinationen av stark sten och svag fog i äldre tiders traditionella tegelmurverk bidrar t.ex. till att murverket kan ta upp betydande deformationer, bl.a. på grund av temperatur- och fuktrörelser. Murverkets konstruktiva princip är att fogen, den svaga delen i murverket, fördelas ut jämnt i konstruktionen, så att genomgående försvagningar därigenom undviks. Det finns också slående exempel på att gamla murverk därigenom kunnat ta upp mycket stora sättningar i grunden, utan att förlora bärförmågan. Framförallt när fogen blir starkare än teglet förändras

murverkets egenskaper, om det slår upp sprickor i ett murverk murat med t.ex. B-bruk går de ofta rakt igenom teglet. De blir därigenom tydligt iögonenfallande, på ett helt annat sätt än en spricka som följer murfogarna. När bruket, och därmed fogarna, blir för starkt mister murverket också sin murkaraktär, muren kommer att få karaktär av en homogen skiva på ett sätt som traditionella murverk inte har. Murare Mats Sandström⁸, med lång erfarenhet och stor yrkesskicklighet, menar t.ex. att muraren när muren uppförts känner denna skillnad mellan skalmurar som muras med cementrikt respektive kalkrikt bruk. En skalmur som murats med ett A- eller B-bruk känns annorlunda än en som murats med C- eller D-bruk när man knacker på murverkets yta, säger Sandström - med rent cementbruk känns inte teglet längre som ett sammansatt murverk utan mer som en skiva av ett homogent material.

I ett examensarbete i sin utbildning till byggnadsantikvarie⁹ diskuterar Kristina Bergkvist arbetstekniken vid fogning i samband med renovering av tegelfasader. Fogslev av metall gör att cementpastan tränger fram i ytan, vilket ger en sluten och tät yta. Fogpinne av trä gör att gruskornen i bruket istället kommer att bli mer framträdande. Detta är viktigt, synliga gruskorn i ytan blir lite av en innehållsdeklaration för murbruket, den läsbarhet som finns i exponerat tegelmurverk förstärks genom att man som betraktare kan få en intuitiv förståelse även för vad bruket egentligen består av. Cementpastan kommer ju dock så småningom att tvättas ur, i utvändigt exponerat murverk, men det kan vara en utdragen process, framförallt om man använder cementrikt bruk, vilket ju är det normala idag.

Bergkvist visar i sitt arbete också att det är viktigt hur hantverkaren använder fogverktyget vid fogningen. Om muraren håller fogpinnen helt horisontellt, parallellt med liggfogen, tenderar fogen att bli en aning konkav och tryckt, på ett oavsiktligt sätt, om fogpinnen inte ligger an mot teglet. Om fogpinnen istället lutar något när muraren för den horisontellt, så att den ligger an mot tegelkanterna både över och under fogen erhålls en riktigt slät fog, som ser prydligare ut. Allra bäst resultat fås om muraren vid murningen ser till att fogbruket sticker fram någon millimeter utanför tegellivet, innan fogningen utförs. Detta kan enligt Bergkvist åstadkommas på olika sätt, bl.a. genom att mursleven hålls några millimeter utanför tegellivet när bruk som sticker fram i fogen dras av sedan tegelstenen lagts på plats vid murningen.

Större format indikerar rationalitet, mindre format sinnlighet

Den lilla modulen är en av det traditionella tegelbyggandets viktigaste egenskaper. Tegelstenens sidmått har ursprungligen satts så att två koppsidor tillsammans med mellanliggande fog motsvarar en löpsida, vilket är ett särskilt viktigt förhållande när man murar traditionella massivväggar. Det rektangulära formatet innebär förstås i sig en viss begränsning, men tack vare att det är så litet är möjligheterna att bygga varierade former ändå stor. Tegelmurverk har en särskild sorts flexibilitet på det sättet, formerna skapas vid murningsögonblicket, medan material och metod sett ur andra perspektiv kan ha en tämligen begränsad flexibilitet.

I det svenska normalformatet är tegelstenens höjd 62, bredden 120 och längden 250 mm. Idag har det danska formatet, d.v.s. höjd 54, djup 108 och längd 228 mm, blivit vanligt även i Sverige, åtminstone i södra delen av landet. Till svenskt format används vanligtvis 13 mm foghöjd, vilket innebär att skifthöjden blir 75 mm. När man använt danskt format här har man ofta hållit fast vid 13 mm foghöjd, vilket är vanligt också vid murning i Danmark, varvid ett skift således bygger 67 mm. De geometriska skillnaderna kan tyckas små, men de innebär att

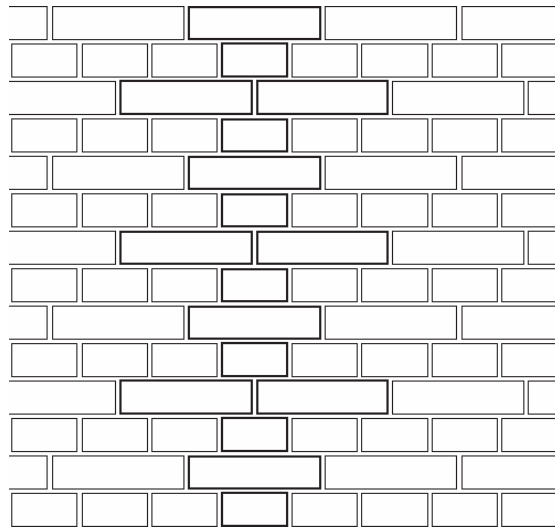
en massiv sten i danskt format faktiskt är nästan ett kg lättare än motsvarande sten i svenskt, 2.4 kg mot 3.3 kg. Detta är en skillnad som har väsentlig betydelse vid murningen, ur arbetsmiljösynpunkt är den lättare varianten att föredra. Antalet sten per kvadratmeter blir större, ca 62 för danskt format respektive 51 för svenskt.

Men skillnaderna mellan svenskt och danskt format ger också gestaltningsmässiga effekter. Man kan säga att de mindre stenarna ger möjlighet till mer sinnlighet i uttrycket, medan större stenformat kanske mer hör ihop med rationalitet och passar bättre för kraftfulla bärande konstruktioner. Det är nog ofrånkomligt att exponerat tegel i framtiden kommer att vara skalmurar utanpå ett isolerande skikt, varför det mindre formatet nog kan ha framtiden för sig även i Sverige. Dessutom är utbudet av tegel i det danska formatet av naturliga skäl betydligt större idag (det finns fortfarande ett 20-tal tegelbruk kvar i Danmark) än i det svenska.

Förband: Yta eller djup

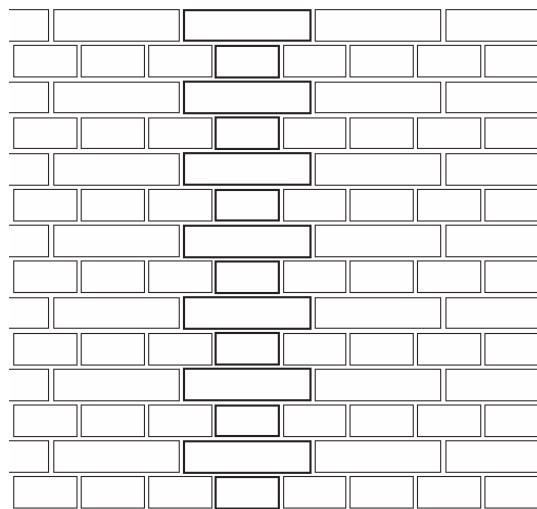
I äldre, traditionell murningsteknik användes för massivväggar en lång rad olika förbandstyper. Man skiljde bl.a. mellan egentliga murförband och beklädnadsförband. Beklädnadsförband användes framförallt till oputsade väggar, eftersom man i dessa minskade antalet koppytor vilket medförde lägre förbrukning av hårdbränt, dyrare tegel. Egentliga murförband användes framförallt till väggar som skulle putsas. För putsade väggar kunde tegel med lägre krav på bränningen användas i hela muren, eftersom putsen skyddade teglet med avseende på risken för frostsprängningar, p.g.a. att vatten inte sugs kapillärt från putsen till teglet. Antalet koppytor i den yttre delen av muren var därför mindre viktigt. Men ofta styrdes också valet av förband av gestaltningsmässiga skäl, varför det förekommer såväl beklädnadsförband som egentliga förband i äldre, massiva oputsade väggar.

De vanligaste s.k. egentliga förbanden är blockförband och kryssförband. I kryssförbandet muras omväxlande med löp- respektive koppskift, d.v.s. varje skift består antingen av enbart löp- eller enbart koppytor. Koppytorna i olika skift ligger utan inbördes förskjutning, medan stötfogarna i intilliggande löpskift är placerade med en halv stens förskjutning gentemot varandra. Stötfogarna i löpskiftet sätts mitt emellan stötfogarna i koppskiftet. Resultatet blir ett krysslignande mönster. Principen för förbandstypen visas i figur 2.2.



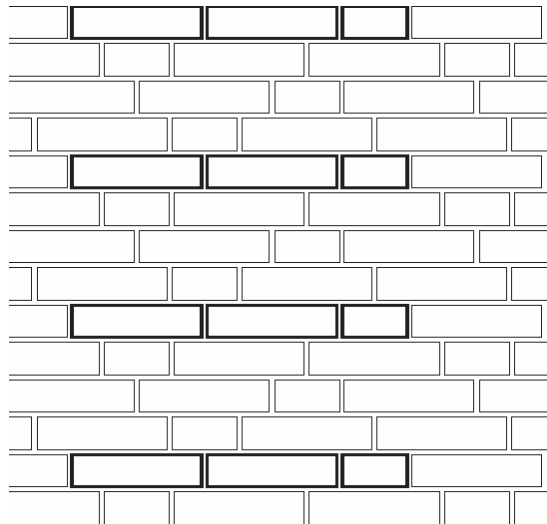
Figur 2.2 Kryssförband, från ”Rätt murat och putsat”⁷

Också i blockförband muras med omväxlande löp- och koppskift, med koppytorna placerade utan förskjutning i de olika skiften. Men i detta förband ligger alla stötfogar i löpskiften också utan förskjutning. Stötfogarna i löpskiften placeras så att de kommer mitt emellan stötfogarna i koppskiften. Förbandet åskådliggörs i figur 2.3.



Figur 2.3 Blockförband, från ”Rätt murat och putsat”⁷

Beklädnadsförband användes alltså i traditionell murnings teknik främst för ytterväggar som inte skulle putsas. Men beklädnadsförband användes också för att skapa mer rytmik och rörelse i fasaderna. Det finns en lång rad förband som räknas till denna grupp, det vanligast förekommande är munkförbandet. Munkförband karakteriseras av att två löpytor följs av en kopp i varje skift, emellanåt förekommer också tre löp och en kopp. Förskjutningen av kopyptornas läge i intilliggande skift ger bestämd rytm åt murverket. Förbandet åskådliggörs i figur 2.4.



Figur 2.4 Exempel på munkförband, fyrskifts med springande kopp, från ”Rätt murat och putsat”⁷

De mönster som olika förband resulterar i har förstås stor betydelse för vår upplevelse av murverks materialitet. Ett tydligare mönster i murverket betonar dess yta, medan ett mer diffust indikerar djup. Allra tydligast intryck av djup erhålls vid murnning i s.k. vilt förband, vilket innebär att man bara föreskriver ett visst antal kopytor per kvadratmeter, och alltså inte specificerar deras inbördes placering i murverket. Den motsatta polen utgörs av renodlade löpförband som genom sin mönsterverkan mer eller mindre starkt betonar yta.

Murningsprocessen viktig för våra tolkningsmöjligheter

Själva murningsprocessen är naturligtvis ytterst väsentlig för vår uppfattning om tegelmurverks materialitet. Beträktaren av ett murverk får av den exponerade murytan information om det arbete som frambringat konstruktionen - det mänskliga hantverk då sten fogats till sten. Det är givet att denna, för lekmannen mer eller mindre intuitiva, förståelse för hur ett murverk producerats och satts samman betyder mycket för vår förståelse, tolkning och upplevelse av tegelkonstruktioners materialitet.

Från och till under modern tid har man gjort försök med att prefabricera tegelväggar, och att t.o.m. använda robotar för murnning. Möjligheterna att lyckas med denna typ av strategi torde vara minimala. Inte bara på grund av de praktiska komplikationerna som är förknippade med denna ”high-tech-influerade” teknik, utan kanske främst för att när man tar bort det mänskliga

hantverket kring murningen tar man också bort en essentiell del av de faktorer som skapar tegelmurverkets materialitet. Det är snarare en motsatt väg man borde pröva – en ”low tech-variant” som går ut på att hantverksprocessen effektiviseras genom att man tar fram enkla hjälpmedel för murningsarbetet. Det finns onödigt slitsamma och tidsödande moment som kan elimineras med relativt enkla insatser, t.ex. bör murningsarbetet kunna utföras under väderskydd i en annan omfattning än idag. Hög- och sänkbara plattformar att arbeta i bekvämare arbetsställning på, olika lyftredskap och metoder att få fram bruk till murningen är andra exempel på strategier för att underlätta och effektivisera processen – utan att beröva tegelbyggandet det mänskliga hantverk som är nödvändigt för att få fram de kvaliteter som är väsentliga ur materialitetssynpunkt.

Tillgången på murare är givetvis en central fråga - medelåldern bland murarna i Sverige är hög idag. Som så ofta annars gäller i detta fall att pessimism kan bli självuppfyllande: - Om ingen tror att hantverksbaserat byggande kommer att efterfrågas i framtiden kommer inga ungdomar att utbilda sig till murare, och då kan man vara säker på att hantverket kommer att försvinna. Å andra sidan är det troligt att samhället kommer till insikt om att det är en viktig begåvning att kunna arbeta med händerna också, att den kategori ungdomar som vill ägna sig åt det också bör tillgodoses i utbildningssystemen. Det är en i högsta grad angelägen uppgift för samhället att man ser till att utbildningen av hantverkare i allmänhet –inte bara murare - garanteras i framtiden, ur såväl konsumenternas perspektiv som med tanke på vår kulturmiljö överhuvudtaget. Erfarenheterna visar ju också att efterfrågan på olika slags hantverkare är god, det finns egentligen knappast någon vettig anledning att tro att denna efterfrågan skulle vara mindre i framtiden.

Bra hantverk präglas av omsorg om detaljen

Den omsorg om detaljerna som präglar ett väl utfört hantverk är väsentlig för murverket – den skickar läsbara signaler från hantverkaren till betraktaren i eftervärlden långt senare om att här har man verkligen bemödat sig för att skapa ett bra resultat.

Fulhet skapas av motsatsen – när saker blev bara vad de råkade bli, för att ingen orkade bry sig om resultatet. Alltför ofta ändras i byggfasen genomtänkta detaljlösningar på ett påtagligt sätt i utförandeskedet p.g.a. att byggmaterialeleverantören inte hade en speciell produkt i lager, och man tog något annat som ersättning, utan närmare reflektioner.

Traditionella massivmurar i äldre tiders stilarkitektur erbjöd förstås stora möjligheter att visa fram omsorg i detaljutförandet. Men också dagens mindre massiva tegelkonstruktioner skulle kunna utföras med betydligt större hantverksmässig omsorg än vad som är kutym. Istället för logiska och naturliga materialmöten sätts t.ex. ofta avtäckningsplåtar över anslutningar mot andra konstruktionsdelar – vilket är tecken på att teglet fått underordna sig kraven för material med helt andra egenskaper. Och mycket ofta betonas bara det som man anser vara teknisk säkerhet. Inte sällan kan frågetecken sättas för många konventionella tegeldetaljer även med tanke på rent teknisk funktion. För att de väggar med skalmurar utanpå träregelstommar, som är det sätt på vilket tegel används i normalfallet idag, ska fungera bra byggnadsfysikaliskt anses ju att det behövs en väl ventilerad luftspalt för uttorkning av träreglarna. Men hur mycket ventilation får man egentligen via en 10 mm öppen stötfog i sockeln av en 12 m hög skalmur? Sunt förnuft talar tydligt för att ventilationen i sådana luftspalter normalt blir mycket begränsad, särskilt som vi vet att den undre delen av luftspalterna vanligtvis fylls med bruk

som faller ned i samband med murningen. Ändå är det så sockeldetaljer utformas i konventionell byggnadsteknik – står detta verkligen i överensstämmelse med krav på god vetenskaplig metodik?

Gestaltningssproblem med skalmurar utanför utfackningsväggar

Men kombinationen av skalmur och bakomliggande regelstomme är inte bara behäftad med tekniska nackdelar, den är också problematisk ur gestaltningssperspektiv. Framförallt blir materialmötena svårhanterade. Istället för exponerade materialövergångar hamnar det normalt en avtäckande plåt över mötet, en plåt som bara har till uppgift att dölja materialövergången. På ena sidan av plåten finns t.ex. tegelmuren och på den andra fönsterkarmen. Vid karmens insida finns en gipsskiveklädd träregelstomme.

Problem med trovärdighet finns också i de inre delarna av ytterväggen. Förr eller senare märker de som vistas i huset på något sätt att väggarna är ihåliga på insidan där de egentligen har anledning att vänta sig att de skulle vara gedigna. Referensen till stenhusbyggande blir inte trovärdig. Teglet blir en kuliss. Ofta får man en känsla av att man i byggbranschen tror att människor bara har ett sinne, synen. I själva verket har vi ju (minst) fem, det gäller att dessa bringas att samverka och inte förvirras av motstridiga signaler.

Tegel som skalmur med bakmur av andra stenmaterial

I byggnadsteknik där man använder tegelskalmurar utanpå stommar av andra stenmaterial kan man däremot säga att det finns en nära släktskap mellan fasadmaterialet och stommen. De referenser som valet av fasadmaterial medför kan då komma att upplevas som meningsfyllda, och bidra till en känsla av trovärdighet. Inte minst kan naturliga och logiska materialmöten bidra starkt till detta. De tekniska lösningarna kan göras robusta, tåliga samt föga fukt- och mögelkänsliga. Den gamla tegelbyggnadstraditionen kan därigenom leva vidare i en modern tolkning anpassad till nutida förutsättningar. Man behöver naturligtvis inte enbart exploatera fasadteglets materialitet i denna typ av kombinationsmurar. Lättklinker, lättbetong, tegelblock eller betong har sina respektive materialitetsegenskaper som man kan använda sig av. Den nära släktskapen mellan dessa material och teglet gör att trovärdigheten inte behöver gå förlorad.

Förutom utformning av materialmötena är förstås även proportionerna mellan murtvärsnitt samt öppningars bredd och höjd viktiga i detta sammanhang.

Under 1950- och 1960-talen var det vanligt att skalmurar av tegel kombinerades med bakmurar av andra stenmaterial, främst lättbetong och betong. Frånsett att man gjorde misstaget att inte uteslutande använda rostfritt stål för armering och förankring, har denna byggnadsteknik visat sig vara synnerligen robust och gett många fina resultat. Ofta strävade man efter att redovisa teglet som komplementärt material i fasaderna, t.ex. i studentområdena Vildanden och Sparta i Lund, ritade av Bengt Edman. Tyvärr medför idag rostsprängning, ett egentligen helt onödigt problem, stora kostnader för att hålla dessa fasader i gott skick framöver. Detta trista faktum bör dock inte hindra oss från att se möjligheterna att framgångsrikt använda liknande byggnadstekniska lösningar idag och i framtiden. En lärdom

från den aktuella tiden är att armering och kramlor som används i skalmurar alltid ska vara av rostfritt stål.

Tektonik som en del av materialiteten

Men om man vill utnyttja sig av tegels materialitet fullt ut kan man se till att det också medverkar vid bärningen, d.v.s. välja att bygga med någon form av bärande tegelmurverk. För denna typ av tektoniska lösningar gäller det bl.a. att se till att tvärsnitten i vertikala bärverk väljs tillräckligt stora. Proportionerna mellan muröppningarna, murpelarnas dimensioner och öppningarnas höjd måste stämma inte bara med vår visuella tolkning utan också med den hållfasthetsdimensionering som ligger till grund för utformningen.

Särskilt intressant i bärande tegelmurverk är de möjligheter som finns till artikulation på olika skalnivåer: Kraftfulla bärande strukturer kan utföras med ett finstämt sinnligt uttryck genom t.ex. val av förband, mönstermurning, fogtyper eller variation i form. Man skulle kunna likna byggande med bärande tegelmurverk vid att spela piano - med samma instrument kan man spela både bas och diskant. Bastonernas rytmskapande kan kombineras med diskantens sinnliga uttrycksfullhet.

Man kan också med fördel kombinera bärande tegelkonstruktioner med bärverk av t.ex. stål eller armerad betong, kanske i vissa, speciellt utsatta lägen, och gärna redovisa att de bärande konstruktionerna i dessa situationer utförs av andra material. Eller exempelvis låta tvärgående tegelväggar svara för horisontalstabiliteten i en pelar-balkstruktur av stål eller trä.

Kraven på god energihushållning leder oss normalt till att vi måste föra in ett isolerande skikt i väggarna. Det innebär att den exponerade delen av väggen kommer att bli en skalmur med huvudsaklig uppgift att bilda fasadskikt.

En särskilt intressant aspekt på tegels materialitet i modernt tegelbyggande är hur man ska se på frågan om förbandsmurning. Förbandsmurningen i massiva konstruktioner har ett konstruktivt och tekniskt ursprung - förbanden utvecklades för att man skulle skapa tillräcklig samverkan mellan murens yttre och inre delar. Därigenom kunde man mura högre, lastbärande konstruktioner. Förbanden hjälpte muraren att se till att man på ett enkelt och systematiskt sätt tillgodosåg behovet av konstruktiv samverkan mellan de olika delarna av väggtvärsnittet. I moderna kanalmurar med värmeisolerande skikt finns det inte samma behov av att mura förband som innehåller koppytor, de har normalt en rent dekorativ funktion i denna typ av väggar. Hur vi förhåller oss till förbandsmurning i detta avseende är en väsentlig fråga att diskutera, en fråga som vi ska återkomma till.

Teglets materialitet en komplex fråga

Teglets materialitet är således inte bara en fråga om variationer i form och färg i murverkets yta, vilket lekmannen kanske främst uppfattar. Fogtyp, fogmått, fogmaterial, murförband, hantverksskickligheten och den omsorg om detaljen som präglar ett gott hantverk är andra faktorer som är väsentliga i sammanhanget. Och inte minst är den visuellt synliga delen av murverkets relation till byggnadsstommen en väsentlig fråga för hur det murade teglets

materialverkan upplevs, kanske framförallt genom karaktären av de materialmöten som följer av det. Sammantaget kan dessa faktorer ge en höggradig läsbarhet, betraktaren kan få en mer eller mindre intuitiv förståelse för konstruktionen och materialet, en förståelse som är viktig för upplevelsen av materialitet. Kanske är det ändå just denna läsbarhet, hur murverket kommit till i ett mänskligt hantverk där sten fogats till sten, hur tegelstenens egenskaper beror på tillverkningsprocessen och råvarans egenskaper, som är det allra mest typiska för tegelmurverks komplexa materialitet.

Fasadmurens konstruktiva uppgifter kan varieras

När vi utformar fasadmuren som en ren beklädnad, vars uppgift framförallt är att bilda fasad och ta hand om det vatten som träffar fasaden vid regn, blir dess konstruktiva uppgifter kraftigt begränsade. Men trots allt har även en ren skalmur, som kramlas till bakomliggande bakmur, en del konstruktiva åtaganden som måste fullgöras. Tyngden av ovanliggande murverk måste exempelvis tas om hand. Vidare måste vindlaster som träffar fasaden tas upp och föras på den bakomliggande byggnadsstommen. Men den bärförmåga som denna typ av påfrestningar kräver är ofta inte så stora. Denna omständighet har emellanåt använts i gestaltningssammanhang på så sätt att man frångått de krav som finns på murade konstruktioner av hållfasthetsskäl. T.ex. har man murat fasader med tegel utan att förskjuta de vertikala fogarna och på så sätt fått en tydlig redovisning av vilka delar som är bärande respektive vilka som är burna. För kramlingen till bakmuren gör det ingen egentlig skillnad om stötfogarna är förskjutna eller inte. Normalt får man ändå räkna med att en sådan murverksdel måste armeras, om den inte är helt liten i sin utsträckning, för att tillräcklig säkerhet ska uppnås. Sådan, s.k. stapelmurning, gör det dessutom möjligt att lägga in vertikal armering i fogarna och därigenom förbättra murens bärförmåga.

Vi är således inte alltid bundna av murverkets grundläggande princip att förskjuta stötfogarna i skalmurar. Fast vi kan också välja att ge fasadmuren utökade konstruktiva uppgifter, och då måste vi iaktta de konstruktiva regler som gäller. Styvheten i fasadmuren kan t.ex. användas vid dimensioneringen av bakmuren, eftersom de båda murarna kramlas ihop och därför får samma deformation vid belastning. Vi skulle också kunna ytterligare öka samverkan mellan fasadmur och bakmur genom inmurning av förstärkningsjärn, vilket dock kanske inte är så praktiskt ur genomförandesynpunkt. Men små murtvärsnitt i lägen vid fönster- och dörröppningar är ofta de mest ansträngda vägglägena och i dessa kan man tillgodoräkna sig den ökade styvheten som en inmurning av fasadmuren i smygarna kan ge.

Man kan också tänka sig att materialet tegel används som beklädnad på t.ex. prefabricerade betongelement. I sistnämnda typ av tillämpningar borde man också överväga andra format än dagens normalformat. Detta ämne ligger dock utanför det vi behandlar i ”Moderna tegeldetaljer” och vi ska inte föra den diskussionen vidare här.

Tegel som ett eftertankens material

Vi kan i vår byggda miljö se många exempel på att äldre tegelmurverk kan ha mycket lång hållbarhet, och att de kan åldras på sätt som gör att de växer i skönhet snarare än degenererar. Men förr eller senare kommer naturligtvis även tegel att återgå till naturen. Medan organiska

material främst bryts ner av mikroorganismer är olika former av mekanisk vittring stenmaterialens huvudsakliga sätt att återgå till naturen. Det finns exempel på att denna process för tegelmurverk kan ta tusentals år, men det finns tyvärr också moderna exempel på att det kan gå oväntat snabbt. God frostbeständighet är således normalt den viktigaste fysikaliska hållbarhetsparametern på våra breddgrader, åtminstone vid slagregnsutsatta lägen i södra Sverige. Vidare är det naturligtvis väsentligt att endast använda armering och kramlor av rostfritt stål i utvändiga tegelmurar.

Mindre skavanker behöver dock inte alls vara till någon nackdel i murverket, framförallt inte om det från början finns viss variation i form och färg hos teglet. Och när cementpasta eroderas bort från brukets yta framträder de enskilda gruskornen i fogbrukets yta, vilket ofta kan vara till fördel ur materialitetssynpunkt. En viss färgförändring som normalt sker vid tidens gång är ofta också positivt. Om förändringarna går långsamt över tiden blir denna typ av åldrande fördelaktigt, framförallt om förändringarna innebär möjligheter för oss betraktare att förstå förloppet, att man får ledtrådar till en förståelse för de bakomliggande mekanismerna. Rätt använt är tegel ett eftertankens och det långsiktiga hållbarhetens material och bör behandlas dä

3. Dimensionerings- och utformningskriterier, väggtyper

I detta avsnitt görs en genomgång av hållfasthets- och byggnadsfysikaliska krav som är viktiga att uppfylla när man väljer väggtyp. Vidare redovisas olika alternativa val av ytterväggtyper med fasadtegel och bakmur, samt viktiga karakteristika för dessa. De olika väggtyperna behandlas dels ur teknisk synpunkt och dels med tanke på materialitets- och gestaltungsaspekter.

Tekniska dimensioneringskriterier för ytterväggar kan i stort sett delas upp i de två huvudavdelningarna byggnadsfysik respektive hållfasthet. Byggnadsfysik behandlar klimatskal och inomhusmiljö medan frågor om hållfasthet avser den konstruktiva uppbyggnaden, konstruktionen. Aspekter kring själva byggproduktionen är naturligtvis också väsentliga, men detta arbete behandlar i första hand projektering varför renodlade entreprenadfrågor inte behandlas i speciellt stor omfattning här.

Hållfasthetstekniska dimensioneringskriterier

De i normalfallet viktigaste frågorna inom området hållfasthet för murade vertikala bärverk, d.v.s. väggkonstruktioner och pelare, är:

- kapacitet att ta upp vertikala och horisontella laster
- uformning av öppningar för fönster och dörrar samt bärning ovan dessa
- dimensionering för lokalt tryck under koncentrerade laster, t.ex. vid pelar- och balkupplag
- förankring av anslutande lätta takkonstruktioner för lyftkrafter
- horisontell stabilitet
- temperatur- och fuktrelaterade rörelser i ytterväggar
- förankring av skalmurar till bakomliggande stomme
- frostbeständighet, långsiktig hållbarhet
- byggnadstekniskt brandskydd
- fortskridande ras

Murverk av stenmaterial har mycket goda egenskaper avseende byggnadstekniskt brandskydd. Också med tanke på fortskridande ras har de här behandlade murverkskonstruktionerna gynnsamma karakteristika, och frågan vållar sällan problem i normala byggnadskonstruktioner. Men båda frågeställningarna är svåra att behandla i de generella termer som framställningen här präglas av, och de kommer därför inte att behandlas i det följande.

Byggnadsfysikaliska dimensioneringskriterier

De vanligtvis viktigaste byggnadsfysikaliska frågorna för murade ytterväggar är:

- förhindrande av regngenomslag, eller att man ser till att vatten som tränger igenom skalmurar leds ut igen
- att stoppa kapillärsugning av vatten från mark
- att se till att byggfukt torkar ut

- krav på värmeisolering och yttemperaturer
- att minimera inverkan av köldbryggor
- att undvika att fuktkänsliga material kommer i kontakt med fuktiga murverkskonstruktioner
- lufttäthet i klimatskalet
- krav på bra inomhusklimat och komfort
- ljudisolering

Tegelmurverk har p.g.a. att de är tämligen tunga konstruktioner bra luftljudisolering. Frågor kring ljudisolering i ytterväggar är dock främst en fråga om vilka fönster- och dörrlösningar man väljer och sällan en viktig aspekt för en murad ytterväggs uppbyggnad. Ljudisoleringsaspekter kommer därför inte att behandlas vidare här. För innerväggar kan dock ljudisolering vara en viktig aspekt, framförallt i lägenhetsskiljande väggar. För denna typ av aspekter hänvisas dock till handboken ”Rätt murat och putsat”⁷.

Väggtyper

I första hand kommer vi i det följande att behandla olika alternativ för ytterväggar. De ytterväggstyper som vi kommer att ta upp är:

- Kanalmur med fasadtegel och bakmur av tegel i normalformat
- Kombinationsmur med fasadtegel och bakmur av lättklinkerblock
- Kombinationsmur med fasadtegel och bakmur av lättbetongblock
- Kombinationsmur med fasadtegel och bakmur av tegelmurblock
- Kombinationsvägg med fasadtegel och inre väggdel av gjuten betong

Väggtypen med fasadtegel och bakmur av tegel i normalformat, kanalmur, kommer också att behandlas med något alternativa utformningar. De varianter som kommer att tas upp är s.k. diafragmamur respektive kanalmur med förstävning, ”strävpelare”, se figur 3.1.

Figur 3.1 Överst konventionell kanalmur, mitten kanalmur med strävpelare murade i isoleringsskiktet, underst diafragmamurad kanalmur.

Hållfasthetsteknisk dimensionering

Av de olika väggtyperna som vi ska titta lite närmare på ger alternativet med inre väggdel av gjuten betong störst kapacitet för olika typer av belastningar, p.g.a. de goda möjligheterna att armera och till följd av betongens höga tryckhållfasthet. Också när det gäller förankringsmöjligheter för takkonstruktioner och stabilitetsfrågor har denna väggtyp fördelar. Sammantaget kan man därför säga att val av bärande, inre väggdel av betong medför den största möjligheten bland de alternativa väggtyperna att minimera tvärsnittsdimensioner samt att utforma och placera öppningar i olika väggdelar. Som minimibredd på murpelare mellan öppningar i väggen kan man normalt anta måttet av en löpyta för teglet, d.v.s. runt 230-250 mm, beroende på vilket tegelformat som är aktuellt.

När man väljer kombinationsmurar med fasadtegel och block av lättklinker eller lättbetong är det normalt ändamålsenligt att välja blockdjup 190 för lättklinker respektive 250 mm för lättbetong. Lämplig minimibredd för en murpelare mellan två öppningar i murverket kan sättas till längden av $1\frac{1}{2}$ sten tegel, d.v.s. 350 eller 380 mm. Kapaciteten för vertikalkraft för ett sådant tvärsnitt är stor vid normala rumshöjder. Däremot kan möjligheterna att klara horisontella krafter vara sämre. Genom att efter murning ta upp en vertikal slits i murytan, lägga in ett armeringsjärn, och fylla slitsen med cementbruk, se figur 3.2, kan man enkelt öka denna kapacitet i utsatta lägen. Förankringar för lyftkrafter i anslutande takkonstruktioner fästs in i murkrönen med expanderande don eller kemankare. Kapaciteten för att ta upp lyft är naturligtvis inte lika stor som för armerad betong, men det vållar i normalfallet inte några problem. Vid större lyftkrafter från takkonstruktioner muras bandjärn in en bit ner i bakmuren, och förankras i takets bärande konstruktionsdelar.

Figur 3.2 Vertikal armering i slits i pelare av murblock

För väggalternativet fasadtegel och tegelmurblock gäller i stort sett samma förutsättningar som för kombinationsmur med lättklinker och lättbetong. Standarddjup för blocken är 175 respektive 240 mm. Det förstnämnda murdjupet förefaller vara i minsta laget varför 240 mm torde vara det som normalt bör väljas. Kapaciteten för att ta upp vertikala laster är stor vid murbredder motsvarande $1\frac{1}{2}$ sten fasadtegel, d.v.s. 350 eller 380 mm, vilket lämpligen kan väljas som minimibredd för murpelare. Möjligheterna att ta upp horisontalkrafter i murpelare kan ökas på samma sätt som beskrivits för bakmur av lättklinker och lättbetong. Bl.a. för att förankra lätta takkonstruktioner i muren utförs det översta skiftet av en blockvägg med ett U-format block, som isoleras i ytterkanten, armeras med fyra längsgående armeringsjärn och gjuts i med betong, se fig. 3.3. Genom detta skift, som i Tyskland benämns "Ringanker", erhåller man också en sammanhållande effekt på väggarna runt byggnaden, vilket är fördelaktigt ur konstruktiv synpunkt.

Fig 3.3 V ägg murad av tegelmurblock avslutas med ett skift U-formade block, som armeras och gjuts i med betong.

Kanalmur med fasadtegel och bärande bakmur av ½ stens tegel har större begränsningar än de övriga alternativen med avseende på konstruktiv bärförmåga. I vägglägen utan öppningar är bärförmågan ändå normalt tillräcklig för småskalig bebyggelse i upp till 2-3 plan. I lägen runt muröppningar kan det dock ibland finnas behov av mer avstyvning.

En metod för att skapa ökad styvhet i en kanalmur är att mura förstävningar i bakmuren, inne i isoleringsskiktet, enligt figur 3.1 (mittenbilden). Normalt innebär t.ex. en 1-stens pelare inne i väggen att bärförmågan blir avsevärd. Om detta inte skulle vara tillräckligt kan man komplettera med ett inmurat armeringsjärn i pelarens mitt. Utförandet med förstävningar inne i isoleringsskiktet innebär dock att man lokalt får en försämrad värmeisolering i läget för förstävningen. Normalt behövs dock förstävning med murpelare endast i ett fåtal, speciellt utsatta lägen.

En annan metod att öka styvheten i en kanalmur är att mura ihop fasadmur och bakmur med bindare i förband på ett visst cc-avstånd, s.k. diafragmamur, enligt fig. 3.1 (nedre bilden). Sammanmurning av de båda murdelarna med bindare i förband kan naturligtvis också koncentreras till vissa vägglägen mellan muröppningar, medan yttre och inre murdel i övrigt inte muras ihop.

För samtliga nämnda varianter av kanalmur kan en minimibredd på pelartvärsnittet mellan muröppningar av 1½ sten, d.v.s. 350 eller 380 mm, anses ändamålsenligt.

Lätta takkonstruktioner förankras i kanalmurar genom att man fäster ett expanderande don eller kemankare i murens ovkant. Vid större lyftkrafter kan det vara erforderligt att förankra fästjärn längre ner i muren på motsvarande sätt som för kombinationsmurar med lättklinker respektive lättbetong.

De över året varierande temperatur- och fuktförhållandena medför att fasadmuren utvidgas under sommaren och drar ihop sig under vintern. Vi ska återkomma senare till denna fråga, i samband med att vi behandlar frågan om behov av dilatationsfogar och i fönsterkapitlet. Här ska dock konstateras att risken för sprickbildning i fasadmuren uppstår när temperatur- och fuktrörelserna i teglet förhindras genom att muren låses i speciella lägen av anslutande byggnadsdelar. Det finns i detta sammanhang viktiga skillnader mellan de här nämnda väggalternativen, framförallt mellan väggen med bärande väggdel av betong på den ena sidan och de övriga nämnda alternativen på den andra. Betongens stora styrka, i kombination med att den krymper tämligen mycket efter gjutning medför att sprickbenägenheten i teglet är

relativt stor för denna väggtyp. En sådan stomme torde normalt hindra temperaturrörelserna i fasadmuren i större omfattning än när man har bakmurar av lättbetong, lättklinker eller tegel. Sistnämnda alternativ, antingen med bakmur av tegelmurblock eller med halvstens normalformat, har också den fördelen att de inte har någon större krympningsrörelse efter murningen. Skillnaden beror på de olika materialens sammansättning - tegel är ju ett keramiskt material som bränts vid ca 1000° i flera dygn, medan de övriga nämnda materialen tillverkas av cement, vatten och olika typer av ballast. När fukt i cementbaserade material torkar ut sker samtidigt en krympning som kan ha betydelse för sprickbenägenheten.

Vid diafragmamurning förankras fasadmuren till bakmuren genom att man murar bindare i förband mellan murdelarna. För övriga väggalternativ kramlas fasadmuren till bakmuren alternativt till den gjutna betongväggen med kramlor, som muras in i fasadmurens liggfogar. Kramlorna ska utformas så att de överför en del av (eller hela) vindlasten till bakmuren samtidigt som de inte förhindrar den temperatur- och fuktrörelse som sker i fasadmuren. Kramlor liksom armering i utvändiga murar ska alltid utföras av rostfritt stål.

I höga hus med betongstommar är det viktigt att ta hänsyn till att betongen krymper efterhand som den härdar, medan skalmuren rör sig med utetemperaturen. Det betyder att tegelmuren kommer att expandera sommartid och krympa vintertid. Särskilt i lägen där betongkonstruktioner bryter igenom tegelmuren kan problem uppstå, t.ex. vid utkragande balkongplattor. Ett annat exempel är när fönster går runt hörn och ovanliggande tegelskalmur fästs in i konsoler i betongstommen ovanför fönstren. Det finns skadefall med horisontella sprickor i fogen över prefabricerade skift i underkant skalmur som fästs i betongstommen via konsoler, vilka torde förklaras av att betongstommen krympt efter uppförandet medan skalmuren expanderat under sommarperioden.

En viktig aspekt för teglets långsiktiga hållbarhet, liksom för frågan om underhållskostnader, är att fasadtegel ska ha god beständighet mot frost. Kritiskt för teglet är antal passager förbi nollpunkten det utsätts för i vattenmättat tillstånd. Det är framförallt i södra Sverige som det finns risker för frostsprängningar från kustlinjen och några mil inåt land. Erfarenhetsmässigt finns riskerna längs västkusten, vid sydkusten och längs ostkusten i södra Götaland. Projektörer bör förvissa sig om att det tegel som ska användas uppfyller kraven på frostbeständighet, framförallt i utsatta lägen. Enligt råd i BKR ska man i utsatta lägen använda tegel som klassificerats i frostbeständighetsklass F2.

Det saknas vetenskapligt gjorda undersökningar där man jämför strängpressat tegel med maskinslagna. Men mycket tyder på att frostsprängningar framförallt förekommit i strängpressade tegelsorter och att maskinslagna kvaliteter har betydligt bättre frostbeständighet, en uppfattning som förts fram av många med förankring i branschen.

Byggnadsfysikalisk dimensionering

När regn träffar teglet i en skalmur kommer detta till att börja med att suga åt sig vattnet, tills murverket är helt vattenmättat. Om det fortsätter regna kommer det därefter att rinna vatten på tegelytan, en vattenfilm som rinner längs fasadytan bildas. Om det samtidigt blåser an mot fasaden kan vatten då tryckas igenom murverket, framförallt sker detta genom dåligt utfyllda stötfogar eller sprickor mellan sten och bruksfog. När man får denna typ av regngennomslag är det viktigt att vattnet som då rinner på skalmurens insida inte kan tränga vidare in i väggen.

Vidare ska man se till att det leds ut effektivt igen vid sockeln respektive vid ovankanten av muröppningar för dörrar och fönster.

Det finns en annan möjlighet att stoppa regngennomslag, en teknik som användes i många byggnader i Sverige under 1940-, 1950- och 1960-talen. Man slammade i dessa skalmurens insida med ett tunt lager bruk. Därigenom kan man räkna med att skalmuren inte blev utsatt för regngennomslag, fritt vatten kommer inte att kunna ta sig igenom murverket.

Förutsättningen för att man ska kunna utföra slamningen av fasadmurens insida är att man vid murningen går något före upp med fasadmuren än bakmuren. Denna murningsteknik torde innebära att väggens inre del kommer att vara torrare än vid konventionell murning av fasadskalmurar. Framförallt är det praktiskt att mura kanalmurar på detta sätt, man använder då Z-formade kramlor som muras in i liggfogarna i såväl fasadmur som den bärande bakmuren. Det finns tyvärr idag inte något riktigt bra system för kramling av fasadmur till bakmurar med annan skiftgång, som t.ex. vid blockmurning, för det fall man går före upp med fasadmuren. För väggen med bärande väggdel av gjuten betong är det knappast praktiskt genomförbart att slamma fasadteglets insida, den måste muras i efterhand sedan stommen gjutits.

En viktig byggnadsfysikalisk aspekt är att se till att väggarna får god värmeisolering. Om man vill ha ett U-värde av 0.25 i ytterväggarna innebär det att man får följande isolertjocklek (isolering av mineralull med $\lambda = 0.036$) och totala väggdjup för de olika väggtyperna:

Fasad	Isolering, mm $\lambda=0.036$	Bärande väggdel mm	Väggdjup mm
½ stens tegel	130	150 betong	400
½ stens tegel	100	190 lättklinker	425
½ stens tegel	50	250 lättbetong	425
½ stens tegel	60	240 tegelmurblock	435
½ stens tegel	130	108 tegel	365

Tabell 3.1

Om man istället vill välja U-värdet 0.20 ökar man isolertjocklekarna och följande värden erhålls:

Fasad mm	Isolering, mm $\lambda=0.036$	Bärande väggdel mm	Väggdjup mm
½ stens tegel	170	150 betong	440
½ stens tegel	140	190 lättklinker	465
½ stens tegel	80	250 lättbetong	455
½ stens tegel	100	240 tegelmurblock	475
½ stens tegel	170	108 tegel	405

Tabell 3.2

Väggar med den sammansättning som vi har i de valda väggtyperna består till den helt dominerande delen av oorganiskt material. Det enda organiska innehållet är en del av det bindemedel som finns i mineralullen. Bindemedlen utgör runt 1-2 procent av mineralullens

vikt, och en mindre del av detta utgörs av organiska komponenter. Erfarenhetsmässigt innebär detta att de aktuella väggarna inte riskerar att få problem med mögelpåväxt.

Det behövs inte heller någon ventilerad luftspalt i väggar med skalmurar av tegel, isolering och bakmur av oorganiska material. Den spalt som normalt finns är att betrakta som en fingerspalt, utrymmet behövs för att muraren ska kunna lägga murstenen eller blocket på plats vid murningen. I skalmurar där det uppstår regngensomslag kommer vattnet som tar sig igenom skalmuren också att dräneras ut genom spalten.

Figur 3.4a Kanalmur med fasadtegel, isolering, bakmur av tegel, invändig puts/tunnputs

Figur 3.4d Kombinationsmur med fasadtegel, isolering, tegelmurblock, invändig puts

Figur 3.4b Kombinationsmur med fasadtegel, isolering, lättklinker, invändig puts

Figur 3.4e Kombinationsvägg med fasadtegel, isolering, gjuten betong

Figur 3.4c Kombinationsmur med fasadtegel, isolering, lättbetong, puts/tunnputs

De väggtyper som vi behandlar här har också det gemensamt att det inte behövs något diffusionstätt skikt på insidan. Väggarna kan magasinera fukt, om t.ex. kondens skulle ske periodvis, utan att ta skada av det. Fukten kan sedan avdunsta inåt eller utåt p.g.a. att de ingående materialen är diffusionsöppna. Men man bör se till att inte sätta diffusionstäta skikt på ytorna och inte sätta organiska material dikt mot murverk som kan bli utsatta för fukt.

Det är viktigt att vara klar över skillnaden mellan de båda begreppen diffusionstäthet och lufttäthet. De väggtyper vi behandlar här behöver alltså inte vara diffusionstäta, d.v.s. ångtäta. Men lufttäthet i klimatskalet, d.v.s. att det inte kan strömma luft genom klimatavskiljande

byggnadsdelar, är viktigt av två skäl. För det första för att man vill ha god komfort inomhus - om detta inte är lufttätt kommer inomhusmiljön att upplevas som kall och dragig. För det andra innebär dragighet en okontrollerad och snabb värmetransport, som ger stora uppvärmningskostnader och som därför är negativ ur yttre miljösynpunkt.

Lufttäthet skapas i kanalmurar av tegel och i kombinationsmuren med bakmur av lättklinker normalt genom att bakmurens insida putsas eller tunnputsas. För det fall man vill exponera tegelmurverket invändigt, vilket ger rustika, tåliga och underhållsfria väggytor, kan man också välja att tunnputsa bakmurens utsida i kanalmurar. Anslutningsdetaljerna mot fönster, tak och andra byggnadsdelar blir då något annorlunda än vid invändig putsning/tunnputsning, men det erbjuder inte några större svårigheter. Man skulle också kunna använda fasadmurens insida som lufttätning. Också detta alternativ är fullt realistiskt, och anslutningarna måste då anpassas för detta fall. I väggar med bärande gjuten väggdel ger betongen erforderlig lufttäthet. Också bakmur av lättbetong är tillräckligt lufttät, om man murat omsorgsfullt och fyllt ut i fogarna med bruk. Särskilt viktigt för alla nämnda väggtyper ur lufttätningssynpunkt är att vara noggrann i anslutningarna mellan de murade respektive gjutna väggdelarna och lätta takkonstruktioner samt vid fönster- och dörranslutningar.

Murkrön och murverks sidoytor är normalt inte helt jämna och man bör därför jämna av dessa med bruk för att kunna påräkna lufttäthet när man fäster t.ex. ett hammarband eller en takås. För att få tillräcklig tätning är det också ändamålsenligt att fästa en gummilist på regeln, att dra fast den med relativt täta cc—avstånd och att ansluta plastfolie alternativt ångbroms till regeln. Om dessa detaljer utförs med omsorg torde de aktuella väggtyperna ha fördelar ur täthetssynpunkt gentemot konventionella regelväggar.

En viktig aspekt är att byggnader med tunga stommar, som de här förutsatta, har fördelar ur komfort- och energisynpunkt jämfört med lätta byggnader. Den tunga stommen, innanför isoleringsskiktet, fungerar temperaturutjämnande. Störst är effekten för alternativet med bärande betongvägg, men även de övriga är klart bättre än lätta byggnader. Störst är inverkan på komforten under sommarperioden, antalet timmar med okomfortabelt hög inomhustemperatur är klart lägre i byggnader med tung stomme än i lätta, se figur 14.1.

Materialitetsaspekter

Den vägg som egentligen ger allra mest möjligheter att uttrycka teglets materialitet har förstås utelämnats bland de väggtyper som vi behandlar här: Den massivmurade tegelväggen, fullmuren. Framförallt de nackdelar som denna väggtyp har ur energisynpunkt har gjort att vi valt att inte behandla den i detta sammanhang. Till urvalskriterierna för de väggar som vi diskuterar hör också att de ska kännas aktuella med tanke på byggkostnaderna - för massiva tegelväggar är material- och arbetskostnaderna idag onödigt höga. Men det kan ändå vara värt att notera att de bästa förutsättningarna att arbeta med tegels hela register av materialitetsgenskaper är just massivmuren. Massiviteten, som framförallt märks i fönster- och dörrsmygar, konstruktivt motiverad förbandsmurning, de goda möjligheterna att mura lister och profileringar utan att de känns som kulissbetonade kan nämnas som fördelar för fullmurstekniken. Men också det faktum att de tål stora temperatur- och fuktrörelser, utan att dilatationsfogar behövs.

Närmast massivmurar ifråga om möjligheterna att uttrycka tegelmurverks materialitet kommer kanalmurarna. Genom att mura ut bakmuren och/eller att mura in den yttre skalmuren i smygarna kan naturliga och logiska materialmöten åstadkommas. Det gäller då att bl.a. bearbeta detaljerna så att inverkan av köldbryggor minimeras. Vi återkommer till den diskussionen när vi behandlar fönsterdetaljer, kap. 8.

Diafragmamuren, som vi här betraktar som en variant av kanalmuren, muras med bindare i förband på bestämda cc-avstånd. Detta ger ju också ett ökat värmeflöde jämfört med vanlig kanalmur, och murtypen kanske främst ska användas i byggnader med lägre energikrav än bostäder, och när man har speciella krav på lastbärande funktion, som t.ex. i kyrkor och sporthallar. Det ökade energiflödet genom bindarna kan förstås i viss mån kompenseras genom ökat isoleringsdjup. Det är givet att ihopmurningen mellan fasad- och bakmur kan ge intressanta möjligheter till konstruktivt motiverad förbandsmurning. Framförallt torde det vara aktuellt att använda sig av diafragmamurning i särskilt höga väggpartier, eller i lägen mellan stora muröppningar. Men man måste räkna med att fasadmuren har betydligt större fukt- och temperaturrörelser än bakmuren, vid höga byggnader och vid långa, obrutna fasader kan detta leda till risk för sprickbildning.

Val av kanalmur är mest aktuellt om man ska tunnputs (säckskura eller slamma) väggens insida, eller om man vill låta teglet vara helt obehandlat invändigt. Om man tänker slätputs insidan kan man lämpligen gå över till att mura bakmuren med någon form av block, som ju medför en rationellare och snabbare uppmurning av bakmuren.

Den kombinationsmur som ger störst möjligheter att få fram teglets materialitet torde vara den med tegelmurblock som bakmur. Man får då en inre murdel som består av samma material som fasadmuren, med i stort sett samma egenskaper avseende viktiga fysikaliska parametrar som rörelser p.g.a. temperatur- och fuktvariationer. Man skulle, med viss urskiljning, därmed kunna välja att mura med normalfasadtegel i vissa lägen, t.ex. runt fönsteröppningar, i solbänkar, i gesimser och liknande.

Men kombinationsmurar med lättbetong respektive lättklinker har också sina respektive fördelar. Lättbetongen är t.ex. lätt att forma på plats, vilket kan var fördelaktigt i fönster- och dörrsmyggar, framförallt om man vill göra skråställda smyggar. Murning med lättbetong innebär också att man är mindre låst till de standardformat som finns, det går förhållandevis enkelt att såga blocken. Tegelblocken är tämligen sköra för sågningsarbete och man bör lämpligen hålla sig mer till standarhöjder när man använder dessa. En annan fördel för lättbetongalternativet är att man kan få betydligt lägre putsningskostnad invändigt. Istället för flerskiktputs, som normalt används för tegelmurblock och lättklinker, räcker det normalt med en tunnputs, som läggs på i ett enda skikt.

Lättklinker är lite hårdare att såga i än lättbetong, men även denna typ av murblock är intressanta att kombinera med fasadtegel. Lättklinker är ju sintrad lera och har stark materialverkan, som kan vara mycket intressant att exponera i kombination med teglets.

Så medan de flesta rent tekniska faktorer talar för att fasadtegel bäst kombineras med gjuten betong så talar materialitetsaspekterna i en annan riktning: - Betong är visserligen också ett stenmaterial, och därmed tämligen nära släkt med tegel, men möjligheterna att uttrycka teglets specifika materialitet är större för de övriga alternativen och allra bäst för kanalmurar.

Vi såg i den tekniska redovisningen att man normalt hamnar på väggdjup i spannet 365-435 mm, om man vill ha U-värde runt 0.25, eller mellan 405 och 475 för U-värdet 0.20. Dessa väggdjup motsvarar i stort sett djupet av mellan 1,5 stens och 2 stens massiva tegelväggar och ger en materialitet åt ytterväggarna som stämmer överens med våra förväntningar och normala tolkning av stenhusets natur. Ökat väggdjup utgör naturligtvis ingen nackdel med tanke på materialitetsaspekter. Samtidigt ger de djupa fönstersmygarna och nischerna praktiska fördelar för brukarna. Och för det oorganiska stenbaserade byggandet medför ökat isolertjocklek inte att riskerna för fukt- och mögelskador ökar.

När det gäller murpelares dimension i andra riktningen, exempelvis en murs bredd mellan två fönsteröppningar, bör vi också komplettera de tekniska dimensioneringskriterierna med materialitetsmässiga överväganden. En betongpelare kan säkert i många fall klara sig med bredden 200 mm. Men ska vi använda fasadtegel bör ju naturligtvis inte breddmättet sättas under en löpytas fulla längd, d.v.s. 228 eller 250 mm. Och det är möjligt att detta är ett bra värde vid små öppningar på respektive sida, kanske vid öppningsmått i storleksordningen 0.50 - 0.75 m, och öppningshöjder som ligger i spannet under 1.0 m. Men vid större öppningar börjar våra möjligheter att tolka materialet tegel att komma i konflikt med en stens tvärsnittsbredd och det bör därför då ökas på.

För de övriga bakmursalternativen torde de rent konstruktiva kraven normalt ge minsta murbredder på 1½ eller 2 sten. Sistnämnda murbredder stämmer troligen väl överens med de förväntningar och tolkningsmöjligheter som vi normalt har för tegelbyggande, vilket därmed kan bidra till att ge trovärdighet åt tegelanvändningen i moderna tillämpningar.

I de följande kapitlen görs en genomgång av en rad vanligt förekommande tekniska detaljsnitt. I texterna redovisas viktiga tekniska krav som respektive detalj ska uppfylla, och parallellt behandlas gestaltungsaspekter. De i texten insprängda detaljlösningarna utgör exempel på hur sammanvägningen av de berörda aspekterna kan göras. Förutom de här redovisade detaljsnitten finns i den CD som hör till handboken ett stort antal detaljlösningar för de fem väggtyperna redovisader.

Läsanvisning:

Kapitlen med olika detaljanslutningar är skrivna så att man ska kunna läsa dem oberoende av om man vid ett tillfälle läser ett kapitel, några kapitel eller hela boken. Därför kommer den som läser hela boken i en följd att uppfatta en viss upprepning av informationen. Detta motiveras av att vi vill att den som bara läser ett specifikt kapitel ändå ska få den väsentligaste bakgrunden till hur detaljerna utformats.

4. Grundsnitt vid platta på mark

De konstruktionstekniska kraven på grundsnittet är:

- att överföra den vertikabelastning som verkar på väggen till sulan
- att föra de horisontella laster som träffar väggen och den övre delen av grundmuren till golvplattan

De byggnadsfysikaliska kraven på grundsnittet är främst:

- att se till att man tar hand om inläckande vatten vid regngenslag, som kan ske genom skalmuren vid långvariga slagregn
- att förhindra kapillärsugning av vatten upp i golv och vägg
- att ge en fullgod värmeisolering
- att minimera inverkan av köldbryggor
- att man får god lufttätning
- att låga yttemperaturer undviks i mötet mellan vägg och grundkonstruktion
- att se till att man får en väl fungerande dränering

Den primära konstruktiva funktionen för anslutningen mellan vägg, golvkonstruktion och grundsula är normalt att överföra den vertikabelastning som verkar på väggen till sulan. Sulan bör därför placeras så att den vertikala kraftresultanten, d.v.s. den sammanlagda verkan av vertikabelastning från fasad- och bakmur, träffar ungefär i sulans geometriska mitt.

Om man eftersträvar långsiktig hållbarhet bör man ha byggnadens mest pålitliga och långlivade material i grundsulorna, under bärande väggar och pelare. Det betyder att man bör

välja robusta grundkonstruktioner av uteslutande oorganiska material, som t.ex. betong eller andra beständiga stenmaterial. Under grundkonstruktionen ska oorganiska jordlager tas bort, för att man i framtiden ska undvika sättningar, p.g.a. att oorganiskt material bryts ner med tidens gång.

Med dagens krav på välisolerade byggnadskonstruktioner är det svårt att undvika att lägga isolering av cellplast eller mineralull i marken. Lättklinkergranulat, ”leca-kulor”, har använts, men för att få motsvarande värmeisolering som 200-300 mm cellplast eller mineralull, vilket ofta läggs idag, krävs det otympliga tjocklekar. Men man bör i vart fall undvika att lägga cellplast eller mineralull under grundkonstruktioner för bärande väggar och pelare. Framtida sättningar under bärande konstruktioner och murade väggar kan på lång sikt bli förödande. Under plattor på mark går det att ta upp effekten av sättningar genom pågjutning, varför det ur denna aspekt sett är mer acceptabelt att lägga cellplastisolering under plattorna, där de inte belastas av tyngre konstruktioner.

I mötet mellan vägg och golvkonstruktion är det bra ur konstruktiv synpunkt om väggen fixeras i golvet, så att den låses i horisontalled. Normalt är friktionen mellan bakmurens underkant och betongplattan tillräcklig i detta avseende. De horisontella laster som verkar mot väggen förs därvid över till golvet, som via tvärgående väggars grundläggning för dem vidare till undergrunden. De horisontallaster som träffar väggen kan som alternativ tas upp av grundmuren och föras vidare till tvärgående grundmurar, för det fall golvplattan inte förbinds med bakmuren.

Om man ska ha golvbeläggning av trä bör man på ovansidan av betongplattan lägga en plastfolie, för att hindra byggfukt och underifrån kommande markfukt. Vid läggning av täta beläggningar som ska limmas, t.ex. linoleum- eller plastmattor, måste man vara noga med att golvplattan torkas ut ordentligt så att man inte riskerar att få mögelpåväxt i limmet. Även för fallet med plastfolie och trägolv bör betongplattan torkas ut, i enlighet med krav som anges i t.ex. HusAMA. Betongplattor med klinker eller annan golvbeläggning av sten som sätts i cementbaserad fästmassa eller bruk är däremot inte alls i samma grad fuktkänsliga. Uttorkningen kommer i sistnämnda konstruktionstyp att fortgå även sedan ytbeläggningslagts på, och konstruktionen saknar dessutom fuktkänsliga material. Samma sak gäller naturligtvis också för betonggolv utan ytbeläggning.

Figur 4.1 Gundschnitt kanalmur, längsgående betongsula.

Fasadmuren ställs i figur 4.1 på en lättklinkermur i två skift. Detta kan utgöra en fördel, eftersom den krympning som kommer att ske i betongsulan efter gjutning inte förs direkt på fasadmuren. Under lättklinkermuren bör det läggas ett glidskikt för att den och betongsulan ska kunna röra sig oberoende av varandra.

Utanför grundmuren i figur 4.1 visas en markisolering. Denna läggs för att eliminera risken för tjällyftning, vilket är viktigt när man bygger välisolerade grund- och golvkonstruktioner. I utåtgående vägghörn kan man behöva utöka isoleringen utanför vägglivet. Erforderligt grundläggningsdjup avpassas efter var i landet byggnaden ska uppföras.

Det är vanligt att golvplatta och grundmur dräneras av ett lager makadam. Därigenom stoppas också kapillärsugning upp i golv och vägg genom grundsulan, av makadammen. En förutsättning för att kapillärbrytningen ska fungera är att denna inte är bemängd med finmaterial. Man brukar därför föreskriva tvättad makadam. Men hanteringen av makadammen innan den ligger på plats kan medföra att det i praktiken finns en del finmaterial i den, varför det kan ske kapillärsugning i ogynnsamma fall genom makadamlagret. Om det ligger isolering av cellplast eller mineralull under plattan, i flera lager och med idag gängse isolertjocklekar, stoppas dock kapillärsugning genom isoleringsskiktet. Om man samtidigt stoppar kapillärsugningen genom det inre lättlinkerskiftet kan man ersätta makadamlagret med dränerande grus eller dränerande cellplast, t.ex. enligt figurerna 4.2 och 4.3.

Figur 4.2 Grundsnitt kombinationsmur tegel/lättbetong, längsgående betongsula, dräneringsgrus

Figur 4.3 grundsnitt kanalmur. Längsgående betongsula, dränerande cellplast

Ett alternativ för att ytterligare förenkla grundsnittet är att ersätta den gjutna betongsulan med prefabricerade sulblock av lättklinker, se figur 4.4. Sulblocken har en förtagning i ovankanten som man lägger bistålsarmering i och gjuter igen. Lastkapaciteten blir mindre än för gjuten betong, men är ändå tillräcklig för många tillämpningar.

Figur 4.4 Grundschnitt kanalmur, sulblock av lättklinker, dränerande cellplast

I figur 4.5 visas en kanalmur där man vid murningen går något före med fasadmuren upp, och slammar eller tunnputsar den sida av fasadmuren som vetter in mot isoleringen. Därigenom minskar risken för regngenslag. Denna byggnadsteknik användes ofta i Sverige under 1940- och 1950-talen, Det finns idag inte några kramlingssystem som fungerar för fasadtegel i kombination med bakmurar av block för detta fall och därför visas denna lösning i ritningsdelen bara för väggtypen kanalmur tegel.

Figur 4.5 Kanalmur med fasadmurens insida slammad/tunnputsad, längsgående betongsula

Utförandet med slamning/tunnputsning av fasadmurens sida mot isoleringen innebär som nämnts ovan att risken för regngenslag minskar. Om man väljer att utföra muren på detta sätt kan man helt klart mura anläggningsskiftet utan öppna stötfogar. Denna fråga diskuteras vidare nedan vid detaljerna som redovisar sockelutformning.

Figur 4.6 Kanalmur med fasadmurens insida slammad/tunnputsad, längsgående betongsula.

I figur 4.6 visas ett grundsnitt där teglet i fasaden går ner under marknivå. Teglet kommer således att skjuta upp ur marken, utan övergång via sockel av ett annat material. Detta ger en särskild materialitetseffekt åt muren, teglet växer upp ur marken och redovisar på ett konkret sätt sin bundenhet till, och nära släktskap med, jorden. Det är viktigt att det tegel man använder vid denna lösning är särskilt frostbeständigt, det är på sin plats att begära särskild redovisning av frostresistensen hos den aktuella tegelsorten. I vart fall bör strängpressat håltegel inte användas i denna tillämpning. Extra säkerhet erhålls om man använder ett särskilt hårdbränt tegel, t.ex. ett klinkerbränt marktegel, i den understa delen av fasadmuren.

Det kan vara klokt att utföra denna typ av grundsnitt med kapillärbrytande lager av makadam under golvplatta och grundsula. Därigenom minskas risken för att teglet i marknivå ständigt är vattenmättat. Om man återfyller med ett lager av icke kapillärsugande material, t.ex. singel, närmast fasaden ökar också säkerheten mot frostsprängningar i den undre delen av fasadtegelmuren. Andra exempel på åtgärder som kan öka säkerheten mot frostsprängningar är att lägga en isolering utanför teglet i marken, eller att hydrofobera den del av skalmuren som ligger under mark. Det finns förstås också risk för att teglet som går ner i marken kan bli nedsmutsat vid regn, framförallt märks detta för murverk med ljusa tegelsorter.

Om man i en kanalmur vill använda sig av oputsat tegel invändigt kan man utforma grundsnitten enligt de ovan redovisade. Enda skillnaden blir att man bör tunnputsas bakmurens utsida för att vara säker på att man får tillräcklig lufttätning. Lufttätningen kan också ske genom tunnputsning av fasadmurens insida, som då samtidigt ger ökad säkerhet mot regngennomslag. Båda alternativen innebär att anslutningsdetaljerna bör anpassas så att man får täta övergångar vid t.ex. fönster och tak.

I figur 4.7 visas ett grundläggningsalternativ med prefabricerad kantbalk av lättklinker. Kantbalkarna levereras med färdigputsad sockel, i längder 6 m, och lyfts maskinellt på plats. Detta alternativ torde innebära att byggtiden kortas och kan vara ett gynnsamt alternativ ur byggkostnadssynpunkt. Möjligheterna att sprida ut lasterna i undergrunden är för detta alternativ mer begränsade än de övriga alternativen.

Figur 4.7 Grundläggning med prefab kantelement av lättklinker, dräneringslager av friktionsmaterial

Grundläggning för murade innerväggar

Under murade innerväggar, framförallt bärande, är det lämpligt att göra längsgående, centriskt belastade sulor, så att lasterna inte förs ned i marken genom lager av cellplast. I figur 4.8 visas en lösning där köldbryggan neråt minskas genom att man murar 1,5 skift lättklinker mellan betongplattan och sulan. Genom att bryta kapillärsugningen mellan sula och lättklinker kan man utföra sulan utan underliggande makadam, variationerna i schaktdjup minskas därigenom. Genom val av lättklinkermurens och grundsulans höjd kan man erhålla samma schaktdjup under bärande innerväggar som för ytterväggarna.

Figur 4.8 Grundschnitt murad innervägg, längsgående betongsula

Brist på reflexion om långsiktig hållbarhet för grundkonstruktioner

Den byggnadsteknik som idag vanligen används för grundläggning präglas av brist på reflexion när det gäller materials långsiktiga hållbarhet – normalt läggs cellplast under de kantförstyvningar och sulor som görs under de bärande konstruktionerna. Cellplasten motiveras av att man vill förenkla grundläggningsarbetet, genom att undvika formningsarbete vid gjutning. Men cellplasten är ett organiskt isoleringsmaterial och inget konstruktionsmaterial. Dess långsiktiga hållbarhet måste ifrågasättas, och livslängden är inte alls av samma storleksordning som oorganiska stenbaserade material. De gjutformar av cellplast som man använder normalt idag innebär också att lasterna kommer ned på ett ogynnsamt, excentriskt sätt på kantförstyvningen, vilket begränsar möjligheterna att i framtiden bygga om och förändra konstruktionen. Särskilt olämpligt är det att använda dessa kantelement av cellplast för grundläggning vid tunga väggar av murverk eller betong som stommaterial.

Kantelementen är inte heller bra med tanke på värmeisoleringen. Ofta ligger det endast 70 mm isolering innanför putsen och i den övre delen fasas isoleringen av och betongen går fram under fasadteglet, vilket ger en ogynnsam köldbrygga.

De prefabricerade kantelement som används utförs med tunnputsad yta. Denna är inte särskilt robust och sockeln delas av med vertikala fogar mellan varje element, vilket gör att grundmuren och sockeln ger ett ofärdigt och slarvigt intryck. Elementen är också svåra att använda om man vill att sockeln ska liva med fasadteglet. Därför dras sockellivet normalt in ca 20 mm när man använder denna typ av kantelement, vilket inte heller är bra ur gestaltningssynpunkt.

Figur 4.9 Exempel på vanligt grundsnitt Skalmuren står på en smal betongkant, under sulan läggs cellplast. Kramlorna får en stabiliserande funktion som de inte är avsedda för.

Allra bäst skulle det vara med tanke på långsiktig hållbarhet om man kunde undvika att lägga mineralull eller cellplast också under plattor på mark. Men det är som nämnts tidigare svårt att klara kraven på god energihushållning om man inte lägger isolering under golvet. Genom att undvika cellplast eller mineralull under grundsulor för bärande konstruktioner har dock mycket vunnits. Sättningar under plattor på mark kommer att vara lättare att åtgärda i framtiden, genom pågjutning i ovankant. Däremot torde det innebära betydande svårigheter i framtiden att reparera skador som orsakas av sättningar under primärt bärande konstruktioner p.g.a. otillräcklig beständighet i tjocka underliggande isoleringslager.

5. Grundschnitt vid grundläggning med kryprum

De konstruktionstekniska kraven på anslutningen mellan yttervägg och grundmur vid kryprumsgrundläggning är främst:

- att överföra den vertikabelastning som verkar på väggen till sulan
- att föra de horisontella laster som träffar vägg och grundmur till bjälklaget över kryprummet

De byggnadsfysikaliska kraven på grundsnittet är främst:

- att se till att man tar hand om inläckande vatten vid regngenomslag, som kan ske genom skalmuren vid långvariga slagregn
- att förhindra kapillärsugning av vatten upp i golv och vägg
- att ge en fullgod värmeisolering
- att minimera inverkan av köldbryggor
- att man får god lufttätning
- att låga yttemperaturer undviks i mötet mellan vägg och grundkonstruktion
- att se till att man får en väl fungerande dränering

Medvetenheten om att kryprumsbjälklag med trästommar är riskkonstruktioner ur fukt- och mögelsynpunkt har ökat under senare år, vilket har lett till att denna typ av grundläggning inte är så vanlig idag som under 1980- och 1990-talen. Framförallt är det sommarperioden som medför problem - när varm, fuktig luft kyls ned i kryprummet kommer relativa fuktigheten att bli så hög att träbaserade material kommer i riskzonen för mikrobiell påväxt.

Om man däremot uteslutande använder oorganiska material i kryprum och det ovanliggande bjälklaget kan denna typ av grundläggning utföras med tillfredsställande fuktsäkerhet. Oftast är då platta på mark ändå en mer ändamålsenlig teknisk-ekonomisk lösning, eftersom en krypgrund normalt kostar mer att bygga. Men det kan naturligtvis finnas fall då kryprumsgrundläggning med oorganiska material är lämplig, t.ex. i lägen då man behöver hög sockel för att ta upp nivåkillnader, eller då man bygger till ett befintligt hus som är byggt med kryprumsgrund.

I mötet mellan vägg, kryprumsbjälklag och grundmur bör väggen och grundmuren fixeras gentemot bjälklaget, så att knutpunkten låses i horisontalled. Därigenom förs de horisontella laster, främst vind men också jordtryck kan vara aktuellt, som verkar mot vägg och grundmur över till bjälklaget, som via tvärgående grundmurar normalt för den vidare till undergrunden. Normalt är det tillräckligt med friktionen mellan bakmur och bjälklag respektive mellan bjälklag och grundmur, eftersom de uppträdande lasterna vanligtvis är små. De

horisontallaster som träffar vägg och grundmur kan som alternativ tas upp genom plattverkan i grundmuren och föras vidare till tvärgående grundmurar.

Figur 5.1 Kanalmur med kryprumsgrundläggning

Lasterna från ytterväggen i figur 5.1 tas ner på en grundmur av murad lättklinker, som står på en längsgående sula. Utformningen innebär att grundsulan kan utföras i stort sett centriskt belastad, vilket är fördelaktigt ur bäringssynpunkt. Kryprumsbjälklagets anslutning till grundmuren medför att knutpunkten låses fast i horisontalled.

Utanför grundmuren visas en markisolering. Denna läggs för att eliminera risken för tjällyftning, vilket är viktigt när man bygger välisolerade grund- och golvkonstruktioner. I utåtgående vägghörn kan man behöva utöka isoleringen utanför vägglivet. Erforderligt grundläggningsdjup avpassas efter var i landet byggnaden ska uppföras.

Makadammen under sulan dränerar grundmuren. Mellan lättklinkermuren och betongsulan läggs ett glidskikt av butylgummiduk, som förutom att det underlättar olika rörelser mellan skikten medför att kapillärsugning från sulan upp i grundmuren stoppas. Detta innebär att man istället för makadam under och vid sidan av sulan skulle kunna använda dräneringsgrus.

Om man ska ha golvbeläggning av trä bör man på ovansidan av betongplattan lägga en plastfolie, för att hindra byggfukt. Vid läggning av täta beläggningar som ska limmas, t.ex. linoleum- eller plastmattor, måste man vara särskilt noga med att golvplattan torkas ut ordentligt så att man inte riskerar att få mögelpåväxt i limmet. Även för fallet med plastfolie och trägolv bör betongplattan torkas ut, i enlighet med krav som anges i t.ex. HusAMA.

Betongplattor med klinker eller annan golvbeläggning av sten som sätts i cementbaserad fästmassa eller bruk är inte alls i samma grad fukt känslig. Uttorkningen kommer i sistnämnda konstruktionstyp att fortgå även sedan ytbeläggningen lagts på, och konstruktionen saknar dessutom fukt känsliga material. Samma sak gäller naturligtvis också för betonggolv utan ytbeläggning.

6. Anslutning mellan yttervägg och källarvägg

De konstruktionstekniska kraven på anslutningen mellan yttervägg och källarvägg är främst:

- att överföra den vertikallast som verkar på ytterväggen till källarväggen
- att föra de horisontella laster som träffar vägg och källarmur till bjälklaget över källaren

De byggnadsfysikaliska kraven på anslutningen är främst :

- att se till att man tar hand om inläckande vatten vid regngenomslag som kan ske genom skalmuren vid långvariga slagregn
- att förhindra kapillärsugning av vatten
- att ge en fullgod värmeisolering
- att minimera inverkan av köldbryggor, särskilt om man har golvvärme
- att man får god lufttätning
- att låga yttemperaturer undviks i mötet yttervägg/källarvägg/bjälklag

I mötet mellan yttervägg, bjälklag och källarvägg ska väggarna kopplas ihop med bjälklaget, så att knutpunkten låses i ett fixt läge i horisontalplanet. Därigenom förs de horisontella laster som verkar mot väggarna, d.v.s. vindlaster på vägg i bottenplan och jordtryck mot källarväggen, över till bjälklaget. Bjälklaget kommer då att fungera som en skiva, vilken överför horisontalkrafterna till tvärgående källarväggar, som stabiliserar byggnaden för de horisontella lasterna.

Källarvägg av gjuten betong

Vertikallasten från bakkanten i figur 6.1 förs på den gjutna källarväggen, som dimensioneras för att ta vertikal- och horisontallast. Horisontallasterna från vind i bottenplan och jordtryck mot källarväggen förs på bjälklaget, som genom skivverkan överför lasterna till tvärgående källarväggar. Fasadmuren ställs på en lättklinkermur. Fasadmuren är därigenom frikopplad från betongbjälklaget. Detta innebär att den krympning som sker i bjälklaget efter gjutning inte förs på fasadmuren genom direkt anliggning, vilket är positivt med tanke på risken för sprickbildning i fasaden.

Om man ska ha golvbeläggning av trä eller täta beläggningar som ska limmas, t.ex. linoleum- eller plastmattor, måste man vara särskilt noga med att golvplattan torkas ut ordentligt så att man inte riskerar att få mögelpåväxt. Betongplattor med klinker, annan golvbeläggning av

sten som sätts i cementbaserad fästmassa eller är inte alls i samma grad fuktkänslig. Samma sak gäller naturligtvis också betongplattor utan särskild ytbeläggning.

Figur 6.1 Yttervägg som kombinationsmur tegel/lättbetong, gjuten källarvägg med utvändig lättklinkermur

Murad källarvägg

Vertikallasten från ytterväggen i bottenplan förs på den bärande blockmuren i källarplanet. Horisontallasterna från vind i bottenplan och jordtryck mot källarväggen tas upp av bjälklaget, som överför lasterna genom skivverkan till tvärgående källarväggar. Bjälklaget kan utföras med betong, eller andra stenmaterial, eller som träbjälklag. Om man använder trästomme för bjälklaget ska man vara noggrann med att fuktskydda de delar som kommer i kontakt med murverket, och att lufttäta noggrant runt balkändarna i upplaget på källarväggen.

Källarväggen dimensioneras för aktuellt jordtryck. I ritningsdetaljerna har här redovisats murning med lättklinkerblock. Alternativt kan väljas block av t.ex. lättbetong eller tegelmurblock. Om man har kombinationsmurar av fasadtegel och bakmur av block kan det vara lämpligt att välja murblock i källaren av samma material som för bakmuren i bottenplan och uppåt. Det kan dock vara ändamålsenligt att välja lättbetong- respektive tegelmurblock för källaren med högre hållfasthetsvärden, och därmed rustikare egenskaper, än normalt för ytterväggar.

Figur 6.2 Yttervägg kanalmur, källarvägg av lättklinkermurverk

Figur 6.3 utgår

7. Sockeldetaljer

De byggnadstekniska krav som anslutningen mellan väggens undre del och sockeln ska uppfylla är främst:

- att se till att vatten som trängt in bakom skalmuren leds ut och hindras från att ta sig längre in i väggen
- att begränsa friktionen i gränssnittet mellan fasadmuren och grundmuren, för att det inte ska uppstå sprickor i teglet p.g.a. temperatur- och fuktrörelser.

När det regnar mot en fasadmur suger teglet till att börja med åt sig vattnet kapillärt. Om regnet håller på länge blir teglet så småningom vattenmättat, varefter det kommer att bildas en film av vatten som kommer att rinna nedåt på teglets yta. Om det samtidigt blåser mot fasaden kan regngenslag ske, varvid vatten av vindrycket pressas genom fasadteglet. Detta sker främst genom dåligt utfyllda stötfogar samt sprickor mellan sten och bruksfog. Regngenslag medför därför att det kommer att rinna vatten på fasadmurens sida mot isoleringen.

När man bygger fasadmurar i kombination med bakmurar av stenmaterial kan man för att bättre ta hand om regngenslag avsluta isoleringsskiktet nedåt med en brukssträng med lutning utåt. Detta är en möjlighet som inte står till buds lika enkelt när man utför skalmurar utanpå utfackningsväggar med träregelstommar. I det sistnämnda fallet läggs syllen normalt på ett plant underlag, oftast på samma nivå som fasadmurens underkant. Därigenom kan man inte vara säker på att vatten vid regngenslag verkligen avvisas utåt i den undre delen av väggen.

Men i de här redovisade sockeldetaljerna kan man alltså lägga en utåtlutande bruksträng i läget under isolerskiktet. Ovanpå denna bör man lägga ett vattenutledande membran, som dras upp en bit på bakmuren och avslutas i framkant strax innanför vägglivet. Ofta används grövre syllisoleringspapp, bitumen- eller butylgummiduk för detta ändamål, men plåt förekommer också. Om man väljer plåt, vilket är fördelaktigt, med tanke på friktionsaspekten, ska man använda rostfria materialkvaliteter. En ytterligare variant är att lägga butylgummiduk eller liknande membran som vattenutledning enligt ovan, men komplettera med en rostfri plåt som endast ligger under fasadmuren. Plåten bör läggas utan överlapp, med kanterna dikt mot varandra i skarvarna, så att inte bruket låses mot plåtkanterna. Butylgummiduken ger vattenutledning, medan den rostfria plåten minimerar friktionen.

Figur 7.1 Kanalmur, sockelputs i liv med teglets ytterkant

Normalt utförs idag det understa tegelskiftet i fasadmuren, det s.k. anläggningsskiftet, med var tredje eller var fjärde stötfog ofylld ("öppna stötfogar"). Motiveringen för detta är att de ofyllda fogarna ska fungera som dräneringsöppningar för vatten som trängt in vid regngensomslag. Vid fasadmurar med träregelstommar har de öppna stötfogarna också till uppgift att ge ventilation i luftspalten. Huruvida det verkligen blir någon ventilation i luftspalten måste betraktas som mycket tveksamt, bl.a. på grund av att det faller ner bruk i spalten under murningen. Men även om det inte fallit ned bruk torde ventilationen i luftspalten vara alltför liten för att ha någon praktisk effekt, åtminstone i höga murar. Den bristande ventilationen är ett viktigt argument för att fasadtegel bör kombineras med bakmurar av stenmaterial - i väggar med stenbaserade bakmur behövs inte denna typ av ventilation av konstruktionen till skillnad mot när man använder sig av träregelbaserad, och därmed fukt- och mögelkänslig, byggnadsteknik. Däremot är det viktigt även för väggar med bakmur av stenmaterial att se till att inträngande vatten vid regngensomslag leds ut igen, vilket normalt anses ske genom öppna stötfogar.

Om man utför grundsnitt med utåtlutande brukssträng och vattenutledande membran är det tveksamt om det egentligen erfordras öppna stötfogar. Eventuellt inträngande vatten torde ta sig ut genom murens undre del ändå, det kan inte byggas upp ett vattentryck innanför fasadmuren. Framförallt bör man kunna utföra anläggningsskiftet med alla stötfogar fyllda om man slammar eller tunnputsar fasadmurens sida in mot isoleringsskiktet. Genom slamningen täpps eventuella ofyllda stötfogar till, så att det inte kommer att rinna fritt vatten på fasadmurens insida. Skulle det trots allt förekomma att vatten rinner på insidan, t.ex. på grund av att det uppstått någon spricka i murverket högre upp, kommer den lutande brukssträngen och det vattenutledande membranet att se till att vattnet avvisas utåt i sockeln. Denna byggnadsteknik är framförallt aktuell för kanalmurar av tegel, eftersom det idag inte finns kramlingssystem som medger att man murar fasadmuren innan man murar en bakmur av block, om man ska sätta ett isoleringsskikt emellan. Men även för det fall fasadmuren muras utan att dess sida mot isoleringen slammas bör man kunna undvika öppna stötfogar om man avslutar isoleringsskiktet med brukssträng i lutning och vattenutledande membran. I typdetaljer från danska Teknologisk Institut anges t.ex. att öppna stötfogar inte erfordras i ytterväggar med motsvarande uppbyggnad som behandlas här.¹¹

Den praktiska nyttan av öppna stötfogar torde således vara ringa, om det rinner vatten genom dessa är det större sannolikhet för att det rinner inåt i väggen än utåt. Men nackdelarna med ofyllda stötfogar är mest gestaltningsmässiga, öppningarna i murverket ger ett konstigt och ofärdigt utseende. Helt fyllda fogar innebär att murverket får ett mer gediget utseende.

Ofta utförs socklar i fasadtegelväggar så att sockelputsens utsida ligger ca 20 mm indragen i förhållandet till teglets utsida. Orsaken till att vi här istället visat detaljer med rak sockel är

gestaltningsmässig, en indragen sockel ser inte lika gedigen och genomtänkt ut som när sockelputsen livar med teglets yttersida. Det finns inte några byggnadsfysikaliska fördelar med indragen sockel, den understa fogen i murverket är inte mer utsatt än de högre belägna fogarna i tegelmurverket. Det finns inte heller några konstruktionstekniska argument för att utföra sockeln med indraget liv.

Man kan också låta sockelns utsida skjuta ut utanför tegellivet, enligt figur 7.2. Därigenom åstadkoms ett ännu mer rustikt och gediget utseende än vid rak sockel. Utförandet innebär också att man ger en referens bakåt i tiden, till äldre byggnadsteknik. Det var vanligt att grundmurar utfördes med större väggdjup än ytterväggarna, bl.a. för att man skulle kunna ta upp jordtrycket. Samma skäl finns normalt inte idag, ytterväggar byggs ofta med större djup idag än grundmurar p.g.a. de krav på värmeisolering som vi idag har. Om man då låter sockellivet skjuta fram utanför tegellivet är det väsentligt att det material som man murar upp sockeln med har god frostbeständighet. Lämpligen föreskrivs murning av sockeln med 3 MPa lättklinkerblock och B-bruk. En teknisk fördel med utskjutande sockel är att man kan öka isolertjockleken vid golvetns anslutning mot väggen för att minska värmeläcket i vägg-golvanslutningen, vilket är väsentligt inte minst när man har golvvärme.

Figur 7.2 Kombinationsmur tegel/lättklinker, utskjutande sockel

8. Fönsterdetaljer

De konstruktionstekniska kraven på anslutningen mellan fönster och yttervägg är:

- att de vindlaster som träffar fönsterytorna ska föras på murverket, som sedan för lasterna vidare till närliggande bjälklag och/eller tvärgående väggar
- att egentygden från fönster och fönsterpartier kan tas upp av murverket

De byggnadsfysikaliska kraven på anslutningen är främst:

- att regngenomslag i fasadmuren ovanför fönstret inte ska kunna tränga vidare in i väggen
- att regnvatten som träffar fönsterytor leds ut utanför murens ytterliv i underkanten av fönstret
- att regnvatten som träffar fönstret inte kan tränga in i väggen vid fönstrets sidoanslutningar
- att anslutningen mellan karm och vägg är lufttät
- att man undviker onödiga köldbryggor i smygarna

Indraget fönster eller placering långt ut i väggvärsnittet?

Placeringen av fönster i väggvärsnitt diskuteras ofta i projekteringsammanhang. Många gånger strävar arkitekter efter att ha fönstren långt ut, medan man från ingenjörshåll vill dra in dem. De argument som ofta används för indragen placering är:

- att fönstren blir mindre utsatta för väder och vind
- att effekten av köldbryggan i smygen minskar
- att det finns risk för kondens om fönster placeras långt ut i väggvärsnittet.

Diskussionen om att fönstren ska skyddas för klimatiska påfrestningar genom att de dras in långt från yttervägglivet torde ha påverkats en del av att det under många år tillverkats träfönster av alltför dålig kvalitet. Det är klart att det fortfarande tillverkas enheter av både bättre och sämre standard, men det är ändå rimligt att anta att den omfattande kritiken lett till förbättringar i fönsterproduktionen. Erfarenhetsmässigt kan man också tillägga att det idag finns träfönster av bra kvalitet att tillgå, och det är därför viktigt att välja leverantörer som borgar för god kvalitet.

Frågan är också hur stor skillnad en indragning egentligen gör ur underhållsynpunkt. Även en relativt stor indragning torde främst ha betydelse för hur mycket vatten som träffar fönstrets övre del, medan de kritiska delarna med tanke på hållbarheten är bågens undre del och bottenkarmstycket. I de utsatta riktningarna, d.v.s. mot väster och söder, faller ju också regnet

i stor omfattning samtidigt som det blåser an mot fasaderna. Med tanke på utsattheten för väder och vind torde det därför vara viktigare att välja fönster som tillverkas med riktigt lämpligt virke eller att sätta en aluminiumlist i de mest utsatta delarna, än att placera fönstren långt in i väggvärsnittet.

För fallen med aluminiumfönster, eller träfönster med yttre beklädnad av aluminium, har argumentet om behovet att skydda fönstret för väderpåverkan föga eller ingen relevans. Aluminium väljs med tanke på att det klarar utsatt klimat och därför ska det i normalfallet gå att placera denna typ av fönster långt ut i vägg med tanke på underhållsaspekter.

För att undersöka hur placeringen i väggvärsnittet i de väggtyper vi behandlar här inverkar på köldbryggorna har vi gjort ett antal beräkningar med energiberäkningsprogrammet VIP+.¹² Beräkningarna utfördes för kanalmur tegel, träkarm (125 mm djup och 35 mm bred) samt med drevning av mineralull (10 mm) mellan karm och mur. I beräkningarna satte vi en 30 mm djup isolering av cellplast mellan fasadmuren och den utmurade bakmuren, enligt figur 8.1.

Figur 8.1 Principmodell för beräkning av köldbrygga vid smyg för kanalmur.

VIP+ beräknar den specifika värmeledningen (W/m,K) genom fönsteranslutningen. Resultaten redovisas i tabell 8.1.

Insättning (mm)	Specifik värmeledning (W/m, K)
150	0.251
130	0.198
110	0.181
90	0.177
80	0.175
70	0.175
60	0.176
50	0.177
40	0.179
30	0.182
20	0.186
10	0.192
0	0.200

Tabell 8.1 Resultat från beräkning av specifik värmeledning genom köldbrygga enligt figur 8.1.

Beräkningarna visar att lägsta inverkan av köldbryggan i detta exempel fås vid insättning av karmen ca 70-80 mm. I detta läge sitter karmen så att den överlappar såväl fasad- som bakmur 40-50 mm, d.v.s. cellplasten sitter ungefär centriskt bakom karmen. Om cellplasten placeras längre in eller ut i förhållande till denna ökar värmeflödet. Men beräkningarna visar också att ökningen av energiflödet är relativt liten om man minskar insättningen till storleksordningen 20 mm. Samma sak gäller om man ökar insättningen (utan att flytta cellplasten) tills karmen hamnar helt innanför denna. I sistnämnda läge ökar värmeflödet drastiskt.

Om man väljer att öka karmdjupet utåt men bibehålla karmens insida i samma läge påverkas inte värmeflödet genom smygen nämnvärt. Beräkning med en 165 karm med insättningen 0 mm ger t.ex. också specifika värmeledningen 0.175 W/m, K, liksom det lägsta värdet i beräkningen enligt tabell 8.1.

Vi beräknade också inverkan av köldbryggan för ett fall där man placerat cellplastisoleringen mellan 108 och 138 mm från insida vägg. I detta alternativ muras fasadmuren inåt i smygarna, istället för att bakmuren muras ut som i figur 8.1. Också för detta fall blev inverkan av köldbryggan minst om cellplastskiktet placerades i stort sett centriskt bakom karmen. Det lägsta beräknade specifika värmeledningen var av samma belopp som beräkningen enligt figur 8.1, d.v.s. 0.175 W/m,K.

Ökat karmdjup kan användas för att öka cellplastisoleringen bakom karmen, varvid värmeledningen genom smyganslutningen minskar, samtidigt som dock fönsterbänken blir smalare och man därför förlorar en del ur funktionssynpunkt. Om man ökar cellplasten till 60 mm minskar t.ex. specifika värmeledningen till 0.137 W/m, K. Men det är viktigt att se till att man får minst 70 mm, och gärna 80, överlappning mellan karm och fasadmur, så att man på ett bra sätt kan fästa in karmen i teglet, och att man får ett överlapp av minst 25 mm i bakmuren, så att man kan lufttäta ordentligt mot karmens insida.

En annan metod för att minska energiflödet genom anslutningen i en kanalmur är att mura ut den invändiga smygen med lättegél, d.v.s. tegel med densitet runt 1000-1200 kg/m³. I kombination med 30 mm cellplastisolering i stort sett centriskt placerad bakom karmen erhöles därigenom en minskning av det specifika värmeledningen till 0.163 W/m, K.

De här refererade beräkningarna har gjorts på den vertikala delen av fönsteranslutningarna. I fönstrens ovan- respektive underkant blir inverkan av köldbryggan mindre, eftersom dess bredd kommer att motsvara teglets höjd, inte dess bredd. Samma begränsning av värmeledningen kan erhållas i de vertikala delarna som i de horisontella om man väljer att mura ut bakmuren med kvartsformat (s.k. pettringformat), vilket illustreras i figur 8.2. Vid murning med pettring av lättegél blir specifika värmeledningen i vårt exempel med 30 mm cellplast 0.142 W/m, K.

Beräkningarna av det specifika värmeledningen ger således vid handen att frågan om var fönstret placeras in i väggtvärsnittet är av underordnad betydelse för inverkan av köldbryggan. Det är däremot viktigt att föra in ett isoleringsskikt mellan fasad- och bakmur, och tjockleken av detta har signifikant betydelse för energiflödet. Vidare är det väsentligt att man har minst 70 mm överlapp mellan karm och den murdel man fäster in i, och minst 25 mm överlapp mellan karm och mur för lufttätningen. Vidare kan man påverka värmeledningen i smygen genom att minska bredden på inmurade konstruktioner, och genom val av material med låg värmeledningsförmåga.

Figur 8.2 Horisontaldetalj, kanalmur, fönsterkarm långt ut, pettring av lättegel i smyg.

Den här inlagda cellplastisoleringen mellan fasad- och bakmur ger också den fördelen i kanalmurar att sprickrisken i anslutningen p.g.a. olika fukt- och temperaturrelser i de båda murdelarna minskar.

I ytterväggar med betongstomme, isolering och fasadtegel sätts ofta en träregel i det isolerande skiktet enligt figur 8.3. Med denna typ av lösningar kan i och för sig inverkan av köldbryggor minskas. Men skillnaden är ganska begränsad och träreglar i det aktuella läget bör undvikas, eftersom de sitter i byggnadsfysikaliskt sett olämplig miljö med tanke på fukt- och mögelaspekter. För väggar med den inre väggdelen av gjuten betong och fasadmur är det lämpligare att gjuta ut en betongkonstruktion som karmen kan anslutas mot, motsvarande den lösning som visas med tegel i bakmuren i figur 8.1. Nackdelen med att gjuta ut betong i detta läge är dock att formningsarbetet blir relativt komplicerat.

Figur 8.3 Vanlig lösning med olämpligt placerad träregel i isolerskiktet.

Det är också viktigt att bedöma hur köldbryggorna inverkar på energiförbrukningen i det enskilda fallet. För att skapa en bild av det räknade vi på energiförbrukningen i ett en-plans bostadshus, med ytterväggar av 108 mm tegel, 150 mm mineralull och 108 mm tegel. Golvet förutsätts vara platta på mark med 300 mm isolering av cellplast, medan taket består av en träkonstruktion med 400 mm isolering av mineralull. För fönstren förutsätts U-värdet 1.3, och 35x125 träkarm. Dess invändigt beräknade golvarea är 113.5 m². Huset har totalt 21.5 m² fönster, varav 14.8 mot söder, 2.1 mot öster, 2.5 mot norr och 2.1 mot väster. Plan och sektion genom huset visas med huvudmått i figur 8.4.

Figur 8.4 Plan och sektion på hus som underlag för energihushållningsberäkning. Övre långsida i figuren utgör fasad mot söder.

Beräkningar har utfördes för tre fall:

1. 70 mm insättning av 125 mm karm och 30 mm cellplast
2. 0 mm insättning av 125 mm karm och 30 mm cellplast
3. 0 mm insättning av 165 mm karm och 30 mm cellplast

Cellplasten placerades med sin utsida 108 mm innanför fasadteglets ytterkant. Beräkningen gav följande värden av transmissionsförlusterna i huset:

1. 9183 kWh
2. 9340 kWh
3. 9193 kWh

Beräkningen indikerar att skillnaden mellan exemplen med utsida karm i liv med teglets utsida respektive 70 mm insättning av karm är i storleksordningen 160 kWh. Genom att öka karmdjupet till 165 mm får man i praktiken samma inverkan av köldbryggan som vid 70 mm insättning och 125 mm karmdjup. Skillnaden i fall är således relativt liten.

Det tredje argumentet som emellanåt används för att dra in fönster långt i väggvärsnittet är att man anser att långt utdragen placering medför kondensrisk. En tumregel som är användbar är att temperaturerna på de invändiga ytorna inte bör sjunka mer än 25% av temperaturdifferensen mellan inne och ute. Förhållandena i detta avseende bör analyseras specifikt för de förutsättningar som råder i aktuella projekt, vilket man exempelvis kan göra med VIP+. I beräkningarna som refereras här har de invändiga yttemperaturerna gett värden på säkra sidan enligt programmet. Detta stämmer också väl med de praktiska erfarenheter vi gjort i en rad projekt med fönster placerade långt ut i väggvärsnittet.

Emellanåt förs också diskussioner om risk för kondens bakom karmen, men det är en diskussion som egentligen bör handla om kondens i samband med fuktkonvektion. Det är klart att om varm, fuktig luft passerar ut genom otätheter p.g.a. invändigt övertryck kan man få problem med att vatten faller ut vid nedkylningen. Risken för detta är dock inte mer akut när

man placerar fönster långt ut i väggvärsnitt än om man drar in det. Fenomenet medför krav på en fullgod lufttätning vid karmens insida, en diskussion som vi snart ska återkomma till.

Utsatthet för väder och vind, köldbryggefrågan och kondensrisker torde alltså gå att hantera på godtagbara sätt även om fönstren placeras långt ut i väggvärsnittet. Men den slutliga placeringen bör dock avgöras av en rad olika aspekter. Fönsterplacering i väggvärsnittet har stor betydelse gestaltningsmässigt och för hur byggnaden ska användas av brukarna. I vissa fall vill man ha fönster i liv med fasad, i andra något indraget och i åter andra vill man ha rejäl indragning. De alternativa valen får olika gestaltningsmässiga följder och den tekniska detaljutformningen måste anpassas till den aktuella inplaceringen. Och valet av hur fönstret sätts i väggvärsnitt bör avgöras av den arkitektoniska kontext som är vid handen i det aktuella projektet.

Utformning vid fönster långt ut i väggvärsnittet

Det är vanligt att man med tanke på gestaltningsaspekter vill ha fönstret nära väggens utsida. Därigenom upplevs fönstret som en förlängning av murytan, en slags hinna i muröppningen - ytterväggen och fönstret bildar tillsammans en helhet, där det släta, blanka glaset spelar mot och framhäver murytans textur och materialitet. Störst blir effekten vid utåtgående fönster där bågen ligger i liv med teglets utsida. Här blir fönstrets hela yta belyst; fasaden som helhet upplevs som ljusare och livet bakom muren kommer ut och möter oss som finns utanför; våra revir skiljs bara åt av den tunna glashinnan.

Det är viktigt att insida mur innanför karmen upplevs som en fortsättning av den yttre delen av muren. Om väggdelen i smygen innanför fönstret visar sig inte alls vara muryta, som när man har fasadtegel utanpå träregelstommar, kommer helhetsintrycket av gediget stenhusbyggande med rätta att utebli. I väggar med fasadtegel och bakmur av stenmaterial kan man däremot få fram logiska och naturliga materialmöten på både in- och utsida, om man murar ut bakmuren eller väljer att mura in fasadteglet mot bakmuren. Samtidigt innebär utformningen med fönster långt ut i smygen att man från utsidan inte uppfattar murens djup. Om man även klart vill redovisa väggens djup, som ju är ett viktigt karakteristika för murat byggande, kan man välja att sätta vissa fönster eller dörrar djupare in i väggen, som man exempelvis gjort i ett flerbostadshus på Måsvägen i Lund.

Också ur funktionssynpunkt, med tanke på möjligheterna att kunna använda fönsterbänken till bl.a. krukväxter och som uppställningsyta, är det fördelaktigt om fönstret sitter långt ut i väggvärsnittet.

I detaljerna som visas med fönsterplacering långt ut i väggvärsnittet, figur 8.5-7, sätts en rostfri plåt i första liggfogen ovanför fönstret. Plåtens uppgift är att avvisa eventuellt inläckande vatten vid regngenomslag till ömse sida om fönsteröppningen. Därifrån kan man räkna med att vattnet rinner ned till sockeln, där det avvisas utåt om man utformar sockeldetaljen på något av de sätt som visas i föregående kapitel.

När man placerar fönstren långt ut i väggvärsnittet fästs karmarna normalt i skalmuren, som då ska ta upp horisontallasten när det blåser mot fönstret. Infästningarna måste förstås också klara de temperaturrörelser som kommer att ske i fasadmuren. Man brukar räkna med att årsrörelsen i en fasadmur av halvstens tegel utanför ett isolerskikt p.g.a. fukt- och

temperaturvariationer är ca 0.25 mm/m fasad. Detta leder i normalfallet till att de rörelser som mekaniska infästningar för fönster och dörrar måste klara är relativt små och inte vållar några problem.

Figur 8.5 Vertikaldetalj, kanalmur, fönsterkarm långt ut i tvärsnittet.

Figur 8.6 Vertikaldetalj, kanalmur, fönsterkarm långt ut i tvärsnittet.

Figur 8.7 Horisontaldetalj, kanalmur, fönsterkarm långt ut i tvärsnittet.

Vid S:t Petrikyrkan i Klippan gick Sigurd Lewerenz ännu längre än till att sätta fönstren i ytterliv, han valde att sätta dem utanpå fasadmuren. Glasen är större än öppningarna i murverket och mellan glaset och teglet har man tätat med fogmassa. Kyrkans fönster är infästa i korta, Z-formade järnprofiler på utsidan av muren, några stycken per sida. Från insidan innebär lösningen att man inte ser något annat än glaset. Följden blir att man från detta håll uppfattar det som att det inte finns något fönster alls i muröppningen, vars djup

däriigenom betonas maximalt. Glasets transparens och frånvaro av karmar ger också en kontakt inifrån med utemiljön som gör att den upplevda gränsen mellan utomhus och inomhus praktiskt taget helt försvinner.

Utformning vid indraget fönster

Men det är inte alltid man vill sätta fönster långt ut i väggvärsnittet. Djupt indragna fönster betonar murens tjocklek och tyngd och fönstren framträder dagtid som hål i muren. Intrycket kan bli tillbakadraget, defensivt, ibland till den grad att tanken går till medeltida försvarsverk. I vilken mån detta är ett relevant arkitektoniskt uttryck beror naturligtvis av sammanhanget.

Om man drar in fönstret så att det ligger en bit innanför skalmurens innerliv, se figur 8.8-10, bör man se till att vatten från regngenslag i fasadmuren leds ut med en rostfri plåt i ovkant fönster.

Figur 8.8 Vertikaldetalj, kombinationsmur tegel/tegelmurblock, indragen fönsterkarm.

Figur 8.9 Vertikaldetalj, kombinationsmur tegel/tegelmurblock, indragen fönsterkarm.

Figur 8.10 Horisontaldetalj, kombinationsmur tegel/tegelmurblock, indragen fönsterkarm.

Fönsterkarmarna fästs vid indragen placering i bakmuren. För att få tillräckliga kantavstånd för infästningen i bakmur och i karm bör karm och bakmur överlappa varandra minst 70 mm, men gärna 80 mm. Om man t.ex. vill fästa in karmen i fönsterfals fordras större överlapp.

Lufttätning i smyg

Lufttätning i smygen är viktig ur energi- och komfortsynpunkt. Kalldrag i allmänhet och vid fönstersmygar i synnerhet innebär direkt komfortförsämring, och effekten av att vi bygger med hög värmeisoleringsstandard försvinner snabbt om det drar kallluft rakt igenom klimatskalet.

För att man ska få ett komfortabelt inomhusklimat och undvika onödiga energiförluster är det alltså viktigt att se till att anslutningen mellan karm och mur blir lufttät. Normalt sker tätningen mellan bakmur och karm. Man bör jämna av murytan man ska lufttäta mot, varefter man drevar med mineralull och tätar med bruk mot insida karm. Murade konstruktioner har i detta avseende en fördel, en murverksyta som jämnas av med bruk ger ett bra underlag för tätningen. Förmodligen har man bättre förutsättningar att få riktigt lufttätt än i väggar med ett flertal material och skikt, som t.ex. träreglar, isolering, plastfolie och gipsskivor, som ska anslutas runt fönsteröppningarna. I de här redovisade detaljsnitten har valts att göra den invändiga lufttätningen med bruk, istället för fogmassor, som vanligen används idag. Tätning med bruk är en traditionell metod som visat sig ha god funktion. I traditionell byggnadsteknik brukar man även täta utvändigt med bruk. På utsidan kan det vara en fördel med tanke på träkarmars hållbarhet att sätta en list och att ha en luftspalt mellan denna och drevningen. Ofta används plåtvinklar i detta läge, ett materialval som är fel ur materialitetssynpunkt. Då är det bättre med tanke på denna aspekt att använda trälist när man har träfönster, särskilt om listen utformas så att den uppfattas som en del av, eller förlängning, av själva karmen. Allra bäst materialverkan fås emellertid om man låter puts och karm mötas, genom att man tätar med puts mellan karm och muryta även på utsidan. Med tanke på murverks materialitet är det viktigt att undvika kletiga fogmassor, som inte passar ihop med murat byggande och vars åldrande ger ett sjaskigt utseende, samt avtäckande plåtar, som punkterar möjligheterna att få fram naturliga materialmöten.

Skråad fönstersmyg

Fönsteröppningar som breddas inåt i väggen leder in mer ljus i rummet än smyggar som är vinkelräta mot fasaden, se figur 8.11. Med skråade smyggar kan man således hushålla bättre med öppningarna, och kanske nöja sig med mindre fönsterarea. Detta ger dels ekonomiska fördelar, fönster är dyrare än mur, och dels energimässiga, fönsterarean är en viktig parameter för energiförbrukningen. Och så ger de vackert ljusinfall.

Figur 8.11 Horisontaldetalj, kombinationsmur tegel/lättbetong, utförande med skråad fönstersmyg.

Utförande med solbänk

I Danmark används i stor omfattning solbänkar av tegel, skiffer eller andra stenmaterial istället för fönsterbleck av plåt, som är det normala i Sverige. Kombinationen med tegel, putsade stenytor och solbänkar av stenmaterial är intressant ur materialitetssynpunkt, materialen är närbesläktade och fungerar bra tekniskt tillsammans. Lösningar med plåt kan naturligtvis också vara ändamålsenliga och se prydliga ut, men ofta utgör idag brister i hantverksutförandet problem. I ett väl utfört plåthantverk fälls fönsterblecken in i murfogarna i smygarna på ömse sida om fönstret. Men idag görs praktiskt taget aldrig denna infällning, bleckets gavel trycks bara löst mot murytan, vilket ger ett ofärdigt och slarvigt uttryck jämfört med traditionella lösningar. Och det är inte bara utseendet som det brister i, om inte blecket fälls in i fog kommer vatten att kunna tränga in bakom plåtblecket, och man riskerar att få läckage in i väggen.

Figur 8.12 Vertikaldetalj, kombinationsmur tegel/lättklinker, utförande med solbänk.

Kanalmur med oputsat tegel invändigt

Om man i en kanalmur vill ha oputsat tegel invändigt kan man välja att använda tunnputsning eller slamning av fasadmurens insida för såväl att säkra mot regngenomslag som för

lufttätning, se figur 8.12. Man kan också välja att tunnputsa eller slamma bakmurens insida, fönsterkarmen måste för detta fall gå in en bit i bakmuren, så att man får plats att sätta bottningslist och täta med bruk mot bakmuren.

Figur 8.13 Vertikaldetalj, kanalmur med oputsat tegel invändigt, fönster långt ut i tvärsnittet.

9. Bjälklagsanslutningar

De konstruktionstekniska kraven på anslutningen mellan yttervägg och bjälklag är främst:

- att överföra vertikallaster från den ovanliggande väggen till väggen i det undre planet
- att vertikallasten från bjälklaget förs på väggen i det undre planet, om denna ska vara bärande i detta avseende
- att vindlaster som träffar vägg i övre och undre plan förs över till bjälklaget, som sedan via skivverkan för lasterna vidare till stabiliserande tvärgående väggar eller andra stomstabiliserande byggnadsdelar
- att stabiliseringskrafter kan föras från bjälklaget till väggen, om väggen ska utnyttjas som stomstabiliserande

De byggnadsfysikaliska kraven på anslutningen är främst:

- att lufttätningen i ovanliggande och underliggande vägg ansluts så att inga läckage uppstår
- att bjälklagskanten värmeisolerar så att inte onödigt stora värmeförluster sker och så att yttemperaturen i bjälklaget blir acceptabel
- att man tätar så att den akustiska standarden blir acceptabel

För tunga bjälklag, av t.ex. betong, lättbetong eller lättklinker, är normalt friktionen tillräcklig för att föra över aktuella vindlaster, medan det för lätta bjälklag med t.ex. trästomme kan krävas att bjälklagen fixeras i läge av någon mekanisk infästning. Fixeringen i knutpunkten mellan väggar och bjälklag är också viktig för att väggarnas knäcklängd ska hållas nere, vilket ökar deras lastkapacitet.

Figur 9.1 Kombinationsmur tegel/tegelmurblock, betongbjälklag.

I regel måste även väggar som inte är bärande för vertikallast förankras, bl.a. för att kunna medverka vid den horisontella stabiliseringen.

För korsarmerade betongplattor bör man se till att man kan ta hand om hörnlyft, d.v.s. lyftkrafter som uppträder i plattornas hörn. Dessa krafter kan balanseras av egentyngd i ovanliggande murverk eller förankras i underliggande väggdel. Alternativt kan man tillåta att plattan i hörnen lyfter något. Metoder för att beräkna hur stora lyften blir finns i t.ex. Betonghandboken¹³ och handboken Bygg.¹⁴

I äldre, traditionell byggnadsteknik finns ofta synliga förankringsjärn, s.k. ankarslut, av smide i fasaderna. Skalmurar förankras normalt med kramlor och det finns inget behov då av synliga förankringar. Om man idag vill utforma fasadmuren så att murningen på något sätt antyder att innanför vissa skift finns ett anslutande bjälklag kan man t.ex använda förbands- och mönstermurning eller utmurning av gesims.

Figur 9.2 Kombinationsmur tegel/lättbetong, träbjälklag alternativt elementbjälklag av betong, lättklinker eller lättbetong

10. Anslutningar mellan yttervägg och tak

De konstruktionstekniska kraven på anslutningen mellan yttervägg och tak är främst:

- att överföra vertikalbelastning från takkonstruktionen till väggen, om denna är bärande
- att vindlaster som träffar väggen förs över till taket, som sedan normalt via skivverkan för lasten vidare till stabiliserande byggnadsdelar, t.ex. tvärgående väggar
- att horisontalkrafter kan föras över från taket till väggen, om denna avses vara horisontalstabiliserande
- att taket förankras i väggen för lyftkrafter

De byggnadsfysikaliska kraven på anslutningen är främst:

- att regn som träffar taket på ett betryggande sätt leds ned i häng- eller fotrännor och vidare till stuprör, om taket ska avvattnas i det aktuella läget
- att takets invändiga lufttätning ansluts till murkrönet så att det inte uppstår luftläckage
- att lufttätningen i bakmuren dras fram och avslutas i murkrönet mot takets lufttätning så att det inte blir dragproblem i anslutningspunkten
- att man undviker onödiga köldbryggor
- att regnvatten inte kan driva in i konstruktionen vid stark blåst
- att luftspalt för ventilation av takkonstruktionen avslutas så att erforderlig luftväxling i spalten erhålls, om taket avses bli ventilerat i det aktuella läget
- att fuktkänsliga material inte sätts dikt mot murverkskonstruktioner som utsätts för utemiljö

Takutsprång kan ge ett visst skydd åt fasadteglet med tanke på regnbelastning. Men effekten av utkragning är starkt begränsad, om inte rejält stora taksprång väljs, man måste ändå räkna med att teglet i stora delar av fasaderna kommer att vara vattenmättade under betydande del av året. Därför är det viktigt att teglet har god frostbeständighet, framförallt i geografiska lägen som man vet erfarenhetsmässigt kan drabbas av frostsador. Men också lokala förhållanden, t.ex. hur skyddade konstruktionerna är av intilliggande bebyggelse och växtlighet, kan vara av betydelse.

Figur 10.1 Kombinationsmur tegel/lättklinker, långsida, utkragande takfot.

Figur 10.2 Kombinationsmur tegel/lättbetong, gavelsida, utkragande takfot.

Hur väggen möter taket och ansluter mot detta är förstås av största vikt ur gestaltningssynpunkt. Ett skarpt skuret möte mellan tak och vägg med minimal artikulation kan sägas vara en ytterlighet, medan en långt utkragande takfot utgör dess motpol. Det skarpt skurna mötet ger ett intryck av homogenitet, medan det utkragande taket indikerar en takkonstruktion som är en egen, självständig enhet. Graden av artikulation i mötet kan också varieras genom val av utmurning av gesimser och listverk i väggens avslutning. Denna typ av murningsdetaljer kan vara funktionellt viktiga också ur byggnadsfysikalisk synvinkel. Utformning av avvattningsdetaljer är naturligtvis också väsentliga i detta sammanhang, val av detaljer blir viktiga för det uttryck som huset ges. Dessa val bör göras med tanke på ett helhetsperspektiv, där den arkitektoniska kontexten är utgångspunkten.

Figur 10.3 Kombinationsvägg tegel/betong, långsida, ej utkragning.

Figur 10.4 Kombinationsmur tegel/tegelmurblock, gavelsida, pannor satta i bruk, ej utkragning
Ibland sätts avtäckande plåtbeslag, hängskivor, över anslutningen mellan tak och gavelvägg. Om plåtarna utformas med omsorg och finstämdhet kan detaljerna bli fina ur gestaltningssynpunkt. Ofta görs anslutningen idag dock på ett okänsligt sätt och då blir resultatet därefter. Inte minst är det problematiskt att man vid takreoveringar ofta sätter avtäckande plåtbeslag när man byter takpannor i hus som från början haft tegelpannor satta i bruk, utan utkragande takfot. Man tror sig skydda teglet, men i själva verket blir vattenbelastningen på teglet förmodligen ännu större, det vatten som träffar plåten rinner ju nedåt och de skift som ligger nedanför plåtens underkant blir ännu mer utsatta än murverkets översta del i originalutförandet. Ur gestaltningssynpunkt blir resultatet ofta förödande förvanskningar.

Figur 10.5 Kanalmur utan utkragning, anslutning vid gavelsida. Ihopmurning mellan fasad- och bakmur bör undvikas i högre murar, se figur 10.6.

I figur 10.5 har fasadmuren murats ihop med bakmuren. Denna ihopmurning bör inte göras på högre byggnader eftersom fasadmurens temperatur- och fuktrörelser kan vålla problem i anslutningen mot bakmuren. Vid byggnader som är högre än två normala plan bör fasad- och bakmur dilateras, t.ex. enligt figur 10.6.

Vid anslutning mellan tak och gavelsida kan det vid långa obrutna takskivor uppstå problem p.g.a. att taket längförändras. Framförallt beror detta på temperatur- och fuktrörelser i råsponten. I ritningsdetaljerna har här valts att förankra den sista takåsen mot bakmuren. Därigenom kan man se till att gavelspetsen får ordentligt upplag, samtidigt som gavelväggen kan medverka i horisontalstabiliseringen. En ytterligare fördel är att man samtidigt kan lösa lufttätningen på ett bra sätt. Lösningar med att förankra takkonstruktionen i bakmuren har valts här eftersom man i väggar med fasadtegel erfarenhetsmässigt klarar de aktuella temperatur- och fuktrörelser i takskivan vid normala taklängder, utan att man får sprickbildningar i fasadmuren. Vid exceptionellt långa tak kan det vara erforderligt att ta hänsyn till temperatur- och fuktrörelserna i taket och kanske lösa förankringen annorlunda, alternativt dela upp takskivan i flera, sinsemellan dilaterade enheter. Vid putsade fasader bör man också hantera denna aspekt med större försiktighet, och kanske dela upp takskivan i fler enheter även vid relativt måttliga taklängder.

Figur 10.6 Kanalmur utan utkragning, anslutning vid gavelsida, fasad- och bakmur dilaterad i anslutningen.

Kanalmur med oputsat tegel invändigt

Om man vill utföra kanalmur med exponerat tegel invändigt kan man använda tunnputsning eller slamning av fasadmurens insida för såväl säkring mot regngenomslag som för lufttätning. Också tunnputsning eller slamning av bakmurens utsida kan användas för lufttätningen.

11. Anslutning mellan tak och vägg som fortsätter upp över taket

De konstruktionstekniska kraven på anslutningen mellan tak och vägg som fortsätter uppöver taket är främst:

- att överföra vertikalbelastning från takkonstruktionen till väggen, om väggen är bärande
- horisontalkrafter från taket kan föras över till väggen respektive från väggen till takskivan, beroende på aktuellt lastfall och hur horisontalstabiliseringen förutsätts ske
- att taket förankras i väggen för lyftkrafter

De byggnadsfysikaliska kraven på anslutningen är främst:

- om takkonstruktionen innehåller organiskt material, bör den luftas och takets luftspalt därför mynna i en ventilationsöppning vid anslutningen mot väggen. Om takfallet är parallellt med den anslutande väggens riktning sker dock normalt inte luftning i anslutningen
- på undersidan av takkonstruktionen ska lufttätningen anslutas mot muren
- nederbörd som träffar väggen ska ledas ut ovan takets tätskikt
- regngenoslag mot skalmuren ovan taket ska ledas ut. Alternativt kan man utföra skalmuren med slamning av dess sida mot isoleringen, för att eliminera risken för regngenoslag
- vid regn och samtidig blåst måste vatten förhindras från att driva uppåt på taket så att det kan bli läckage i anslutningen mellan vägg och tak

Ofta utförs plåtanslutningar mellan lägre liggande tak och vägg omotiverat höga och klumpiga. Det torde framförallt vara risken för att vatten vid samtidigt verkande regn och blåst ska driva uppåt mot anslutningen och orsaka läckage som medfört att man gör höga plåtavtäckningar, en risk som dock ofta är kraftigt överdriven. För takbeläggning av slät plåt eller papp kan man t.ex. räkna med att vinden i extremt ogynnsamma fall skulle kunna trycka upp en vattenpelare mot vägganslutningen maximalt ca 100 mm, vid en dimensionerande vindlast av runt 1.0 kPa¹⁶, vilket är ett vanligt värde för den dimensionerande vindlasten för många byggnader. I vindbyar kan förstås högre vindlast förekomma och ett lämpligt värde att dimensionera för vad det gäller vattendrivning skulle kunna vara 1.5 kPa, vilket alltså motsvarar en vattenpelare av 150 mm. I tak med beläggning av överläggsplattor (t.ex. tegel eller betongpannor) kan inte vatten driva på detta sätt överhuvudtaget och uppdragningen av plåtbleck på anslutande vägg kan därför väljas med hänsyn till gestaltningsaspekter. Man bör för tak med överläggsplattor vara observant på att dessa inte utgör något helt vattentätt skikt, Man måste således räkna med att en del vatten tar sig in under pannorna och detta vatten måste förhindras att ta sig vidare in i vägg och takkonstruktionerna. Därför är det viktigt att

det finns ett underbeslag under ståndsdivan som avslutas en bit in över underlagspappen, så att eventuellt inträngande vatten leds ut ovan underlagspappen.

Figur 11.1 Kombinationsmur tegel/lättbetong, takpannor.

Emellanåt hävdas det att höga avtäckningsplåtar behövs för att snö kan ansamlas och lägga sig uppåt tegelmuren. Men det ska murverket inte ta skada av. Om teglet inte klarar att det lägger sig snö mot muren vintertid ska det aktuella teglet överhuvudtaget inte användas som fasadtegel.

Figur 11.2 Kombinationsmur tegel/lättklinker, takpannor.

12. Behövs dilatationsfogar?

Skalmurar kan sommartid värmas upp av solvärme till bortåt +40 °C. Särskilt tegelfasader i mörka kulörer värms upp till höga temperaturer i syd-, öster- och västerlägen. Vintertid kommer murverkets temperatur att sjunka till samma som de lägsta förekommande lufttemperaturerna. Växlingarna medför temperaturrörelser i murverket - när teglet värms upp utvidgas muren, medan sänkta temperaturer medför att murverket dras ihop. Man brukar kalkylera med att tegelmurverks reversibla rörelse på årsbasis är av storleksordningen 0.25 mm/m fasad.⁷ I detta värde ingår också fuktrörelser, som i praktiken motverkar temperaturrörelserna, men som är av betydligt mindre amplitud. Den övriga byggnadsstommen blir inte utsatt för lika stora temperaturrörelser, konstruktionsdelar innanför isoleringen ligger i tämligen stabilt klimat och dess rörelser under året blir inte alls lika stora.

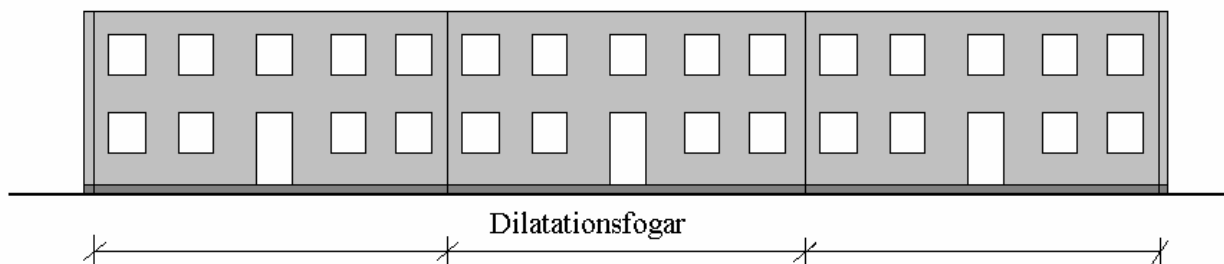
När teglet vill röra sig p.g.a. temperatur- och fuktväxlingar samtidigt som det hålls fast av konstruktionsdelar som inte rör sig på motsvarande sätt, finns det risk för sprickbildning i murverket.

I traditionellt massivmurade ytterväggar sjunker temperaturen i stort sett linjärt mellan in- och utsidorna. Förbandsmurningen, med tegel som sätts tvärs väggens eget plan, ger murverket en sammanhållande förmåga som gör att rörelsen fördelas längs muren. Kalkbruk har också viss positiv inverkan för att öka deformationskapaciteten, jämfört med starkare kalkcementbruk och murcementbruk. Men den viktigaste skillnaden gentemot äldre massivmurars förmåga att klara temperaturrörelserna är att man i dagens ytterväggar med skalmurar har ett isolerande skikt som gör att tegelmuren i stort sett helt följer utetemperaturen. Samtidigt som det inte finns någon förbandsmurning i djupled, som kan hjälpa till att fördela rörelserna längs muren.

Förutom rörelser i tegelmurverket p.g.a. skiftande temperatur- och fuktförhållanden kan skalmurar också påverkas av att det sker en krympning i framförallt betongkonstruktioner i samband med att vatten torkar ut efter gjutningen. Denna krympning är av engångskaraktär, den har ett relativt linjärt förlopp över tiden och kan ta 1-2 år i anspråk. Förutom engångskrympning vid uttorkning, som i BBK¹⁵ uppskattas till ca 0.4 mm/m, sker reversibla årsrörelser i betongen p.g.a. variationer av s.k. relativ fuktighet, men de är av jämförelsevis ringa storlek. Men krympning p.g.a. uttorkning av byggfukt kan ha stor betydelse, den är betydligt större än tegelmurverkets årsvisa, reversibla rörelse. Betongstommens krympning kan exempelvis ge upphov till vertikala sprickor i teglet vid vägghörn, där betongkonstruktionerna på ömse sida rör sig i olika riktningar vid uttorkningen.

Idag gängse teknik för att undvika sprickbildning i skalmurar är att införa s.k. dilatationsfogar, figur 12.2, som ibland också benämns rörelsefogar. Dessa förutsätts ge skalmuren möjlighet att längdändras utan att sprickbildning uppstår. Dilatationsfogen består normalt av en vertikalt genomgående fog, i vilken man ersätter murbruket med cellplast eller mineralullsboard. I yttersta delen sätts botteningslist och utanför den fogar man med elastisk fogmassa. I ”Rätt murat och putsat”⁷ ges rekommendationer för maximala längder på sammanhängande utvändiga skalmurar utan rörelsefogar. Som riktvärde anges 15-20 m. Under gynnsamma förhållanden, t.ex. väggar som saknar starkt försvagade tvärsnitt, jämför

figur 12.3, kan fasader upp till 30 m accepteras, om det finns dilatationsfogar i närheten av hörn, eller andra hinder. I hörn utan rörelsefogar bör man enligt samma källa inte kramla



Figur 12.1 Exempel på indelning av fasad i dilatationsfogar

närmare än 0.5 m från hörnet, medan man om det finns rörelsefog i hörnet bör öka antalet kramlor med 50 % jämfört med normala antalet.

Figur 12.2 Konventionell dilatationsfog i tegelmur

Ur gestaltningssynpunkt är dilatationsfogar förödande. Genomgående vertikala fogar strider mot murverkets grundläggande princip - stötfogar får inte placeras ovanpå varandra. Fogmassans kletiga ytstruktur hör naturligtvis inte heller hemma i tegelmurar. Som ytterligare lök på laxen innebär fogmassans åldrande att skillnaden mellan dilatationsfogen och omgivande murverk i regel med tiden accentueras. Det är således väsentligt att helst undvika dilatationsfogar, eller om detta inte bedöms vara lämpligt – att minimera deras betydelse ur gestaltningssynpunkt.

Teknik för att minska behovet av dilatationsfogar

Men det finns en del faktorer man kan använda sig av för att minska behovet av rörelsefogar:

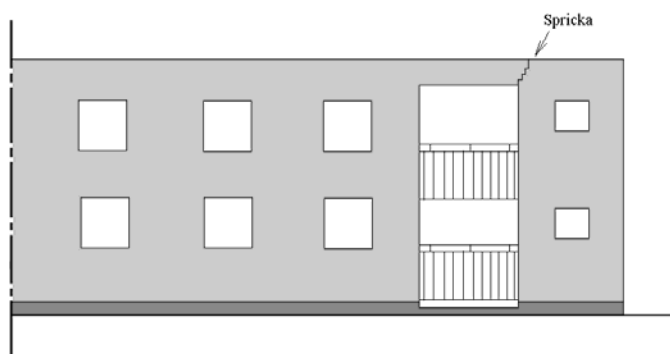
- Om man lägger en rostfri plåt under anläggningsskiftet minskar friktionen mot underlaget jämfört med om man använder butylgummiduk. Minskad friktion ökar

skalmurens möjligheter att utvidga sig respektive krympa, beroende på temperatur- och fuktvariationer

- Kramling nära hörn kan medföra att muren låses och murverkets elasticitet därför minskar. Man bör därför undvika kramling i närheten av hörn och gärna placera den första raden kramlor 1.5 - 2 m från hörnet, givetvis under förutsättning att de konstruktiva kraven på erforderlig kramling kan uppfyllas
- Övergång till C-bruk istället för B-bruk ger viss ökad deformationskapacitet och därmed minskad sprickrisk. Samtidigt ökar sannolikheten för att eventuella sprickor följer murfogarna, och inte går rakt igenom tegelstenar. Praktiska erfarenheter visar att skillnaden i detta fall är stor mellan B-bruk, som idag är standardbruk, och C-bruk. I tegelmurar som murats med B-bruk är fogarna starkare än teglet varför förekommande sprickor ofta går rakt igenom tegelstenar, medan C-bruk är så svagt att eventuella sprickor normalt sker helt längs fogarna
- Murning vid temperaturer som ligger nära årsmedeltemperaturen medför att den maximala temperaturamplituden som murverket blir utsatt för minimeras. Det är därför av betydelse att murning sker under lämplig årstid, d.v.s. att man undviker murning under extremt varmt väder
- Kombinationen av tegel och bruk bör väljas enligt principen stark sten och svagt bruk
- Ökad tjocklek på liggfogarna kan betyda att murverkets kapacitet att ta upp rörelser utan att det spricker ökar

Mycket är också vunnet om man kan undvika s.k. starkt försvagade väggtvärsnitt, t.ex. vid balkonger med fönster/dörrpartier och utkragande betongplattor. Om man ovanför dessa har en tegelmur med ett fåtal skift är det stor risk för att sprickor slår upp, vid långa fasader. Om man istället helt bryter skalmuren i sådana lägen och låter andra fasadmaterial gå ända upp till takfot förbättras situationen för fasadteglet.

Möjligen kan det också vara fördelaktigt att armera i liggfogar vid särskilt långa fasadpartier och vid försvagade väggtvärsnitt. Helt klart är att armering medför att eventuella sprickor inte blir lika breda som om man inte har armering, medan det är oklart huruvida initiering av sprickor påverkas. När man armerar av denna anledning borde man kunna överväga att använda C-bruk. Användning av C-bruk istället för B-bruk ger ju större sannolikhet att eventuella sprickor följer fogar och inte går rakt igenom teglet. Tillsammans med armeringens förmåga att begränsa sprickvidden kan detta ge väsentliga fördelar. I svenska



Figur 12.3 Starkt försvagade tvärsnitt medför risk för sprickbildning i murverket

Byggnormer, BKR¹⁶, föreskrivs dock att armerat murverk ska muras med A- eller B-bruk. Denna bestämmelse motiveras dels av att korrosionsskyddet i C-bruk ansetts för dåligt och dels att förankringen av armeringsjärnen inte blir tillräcklig.

Bestämmelsen om att armerat murverk ska utföras med A- eller B-bruk är idag onödigt kategorisk. Framförallt när man armerar enbart för att minska risk för sprickbildning, och alltså armeringen inte har någon konstruktiv funktion, borde man rimligen tillåta murning med C-bruk om man använder rostfri armering. Bestämmelsen i BKR bygger på föråldrade förutsättningar och verkar idag återhållande på möjligheterna att mura med C-bruk. Murning med sistnämnda brukskvalitet har fördelar ur gestaltningssynpunkt – samtidigt som de konstruktionstekniska förutsättningarna inte behöver vara sämre med svagare bruk. Också för konstruktivt motiverad armering borde C-bruk accepteras, dock med förbehållet att momentkapaciteten reduceras. Vi ska återvända till diskussionen om B- eller C-bruk senare.

Rekommendationerna i ”Rätt murat och putsat” baseras helt på praktisk erfarenhet. Murverksforskning vid Lunds Tekniska Högskola har resulterat i ökade kunskaper om de grundläggande fysikaliska parametrar som avgör risken för sprickbildning.¹⁷ Av resultaten framgår bl.a. att fasaders höjd/längdförhållande är avgörande för sprickriskerna. För två våningar höga skalmurar kan man t.ex. acceptera betydligt längre fasader utan dilatationsfogar än för murar i ett plan. Okritisk tillämpning av rekommendationerna i ”Rätt murat och putsat” kan därför resultera i att man inför dilatationsfogar när fasader överstiger 15 m oberoende av höjd/längdförhållandet. Detta värde, 15 m, torde framförallt ha aktualitet för murar med höjden ca 3 m, medan man för högre murar kan acceptera betydligt längre fasader. För skalmurar med 6 m höjd bör exempelvis 25-30 m långa fasader utan rörelsefogar vara rimligt, med motsvarande säkerhet mot sprickbildning som vid en 15 m lång fasad med 3 m höjd utan dilatationsfog.

Ofta är det väsentligt att vara observant på att ge teglet möjligheter till att röra sig utan låsningar i lägen där det möter betongkonstruktioner. Exempelvis gäller detta vid balkonger där betongplattor kragar igenom ytterväggar. Förutom att teglet rör sig horisontellt och vertikalt tillkommer det faktum att betongstommen rör sig nedåt vid krympningen, framförallt kan sistnämnda rörelse vara väsentlig i höga fasader.

Lösningar för att göra rörelsefogar mindre framträdande

En emellanåt användbar strategi för att minimera inverkan av dilatationsfogar ur gestaltningssynpunkt är att placera dem i lägen som gör att de inte framträder så starkt, t.ex. i inåtgående hörn. Ett annat alternativ är att placera stuprör i indragna nischer, dit man också förlägger rörelsefogar, en metodik som innebär att man förstärker fasadernas vertikalitet. Om man har en effektivt anordnad vattenutledning i sockeln bör man kunna ersätta fogmassan i dilatationsfogarna med vanligt bruk, gärna kalkbruk, när dessa placeras i så skyddade lägen som dessa.

Figur 12.4 Dilatationsfog i inåtgående hörn, kombinationsmur tegel/lättklinker

Figur 12.5 Dilatationsfog i stuprörsnisch

Om man trots allt hamnar i en situation där dilatationsfogar måste bli exponerade kan man lämpligen söka placeringar av dessa som gör att de sammanfaller med någon annan väsentlig indelning av byggnaden, t.ex. rumsligt eller tekniskt. Klassrumsskiljande väggar i skolbyggnader eller lägenhetsskiljande väggar i bostäder kan vara lämpliga lägen att använda sig av.

Synliga dilatationsfogar kan också göras så att man lägger fogmassan 20 mm indraget innanför teglets utsida, och sedan fogar med kalkbruk, figur 12.6. Det finns naturligtvis viss risk för att den synliga fogen kan spricka på endera sidan av fogen, men det kanske kan accepteras. Den tekniska funktionen finns ju där ändå, och man undviker kletig fogmassa exponerat i fasaden, samtidigt som kalkbruket skyddar fogmassan och därmed förlänger dess livslängd.

Figur 12.6 Dilatationsfog med indragen fogmassa, fogad med kalkbruk

Kan risk för sprickor i murverk accepteras?

Ökad kalkhalt medför alltså en viss minskad sprickrisk, om än inte av avgörande betydelse. Men övergång från ett bruk med låg kalkhalt till ett med högre innebär också som nämnts ovan att sannolikheten ökar för att en eventuell spricka följer murfogarna. När man murar med B-bruk, som är standardbruk i dagens byggande, går förekommande sprickor ofta rakt igenom stenarna, eftersom bruket är minst lika starkt som teglet. Detta medför att eventuella sprickor blir iögonfallande och fula. En spricka som följer murfogarna blir inte alls lika framträdande, ofta kommer den inte alls att märkas, och den blir definitivt inte lika ful. Det går inte att säga att alla sprickor kommer att följa murfogarna överallt om man går över till det svagare och kalkrikare C-bruket. Men frekvensen av spricklagen rakt igenom teglet kommer att minska, och praktisk erfarenhet talar för att minskningen är av väsentlig omfattning. Övergång till C-bruk, eller kanske t.o.m. till D-bruk (som är ännu svagare), torde därför i normalfallet vara önskvärt i många fasadmurar.

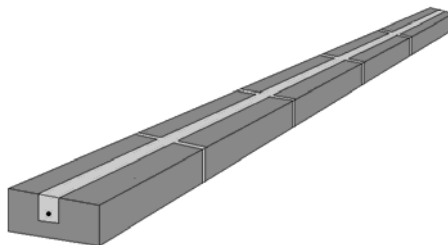
Det finns således en hel del åtgärder som kan vidtas för att minska sprickriskerna, och för att göra sprickor mindre iögonfallande. I slutänden bör man göra en värdering – är en garanterat förfulande dilatationsfog verkligen att föredra framför en eventuell spricka som troligen kommer att följa murfogarna?¹⁸

13. Bärning över muröppningar

Möjligheten att överbygga öppningar genom valvverkan är ett viktigt kännetecken för äldre, traditionella murverkskonstruktioner. I gamla tiders murverk var man helt hänvisad till valvslagningstekniken. Idag har vi fler möjligheter, och hur vi väljer att hantera frågan om bärning över fönster, dörrar och andra muröppningar är naturligtvis väldigt väsentligt för det slutresultat vi kommer att uppnå.

Spännarmerat eller slakarmerat?

I nutida byggande av tegelskalmurar har armerade, förspända murstensskift blivit helt dominerande teknik för att överbygga öppningar. Skiften prefabriceras och tillverkas enligt mått och förband som gäller för det specifika projektet. Vid murningen stämpas man undertill när man lägger på skiftet och murar sedan upp överbyggnaden. Tekniskt sett fungerar det förspända skiftet i färdig konstruktion som dragen del i en samverkansbalk där de påmurade tegelskiften utgör tryckt zon, d.v.s. principiellt på samma sätt som en armerad betongbalk.



Figur 13.1 Prefabricerat murstensskift, vilket är en mer korrekt beteckning än ”tegelbalk”.

Prefabricerade murstensskift kallas ofta för tegelbalkar. Det är en lite olycklig benämning, som ger sken av att skiftet i sig själv skulle utgöra en hel balk. Men för sin funktion är påmurningen avgörande. Det förspända prefab-skiftet kan knappt ens bära sin egentyngd utan påmurning, och ju fler påmurade skift desto större blir bärförmågan. De tekniska möjligheterna med att klara öppningar i skalmurar är sällan begränsande med denna teknik.

Ett alternativ till prefabricerade, spännarmerade skift är att armera den första liggfogen med slakarmering. På samma sätt som med de prefabricerade tegelskiften fungerar denna del av konstruktionen som dragarmering i en balk med tryckt zon i den påmurade delen. Tekniken med lösarmering användes i stor omfattning under perioden 1940-1970. Under denna tid gjorde man missgreppet att använda icke rostskyddad armering, vilket idag orsakar stora och onödiga underhållsbehov. För om man använder sig av rostfri armering går det utmärkt att använda sig av denna typ av lösningar, även om de idag inte förekommer så ofta. I den mån man armerar på plats med slakarmering sker det ofta i kombination med att man använder en

rostfri plåt som kvarsittande form, en plåt som också fungerar som vattenutledande membran. Möjligheterna att klara stora öppningar, och öppningar med låg påmurning är dock mer begränsade med denna typ av teknik än med spännarmerade skift.

Horisontellt orienterat murverk över öppningar vanligast

Sedan modernismens genombrott, runt 1930, har det varit vanligast att murverk ovan öppningar utförts med horisontell underkant, oftast med ett normalt skift över öppningen, emellanåt murat med rullskift. Rullskift innebär att tegelstenarna ställs på högkant. Möjligheterna att armera är goda i liggfogarna eller som infälld armering i det understa skiftet. Men vid öppningar i skalmurar som endast tar ovanliggande murverks egenvikt kan man emellanåt utföra murverket oarmerat, under vissa förutsättningar, som anges i ”Rätt murat och putsat”.⁷

Hur läser man ett horisontellt armerat murverk?

Utformningen med horisontell underkant över öppningarna, att murverket i denna roll inte alls urskiljer sig från de ”normala”, vertikalt understödda murpartierna, är emellertid inte självklar. Ur materialitetssynpunkt blir det ju lite konstigt och oförklarad - murverkets yttre utseende återspeglar inte den inre, tekniska funktionen. En av traditionellt murverks mest kännetecknande egenskaper är ju dess läsbarhet, betraktaren - även lekmannen - kan få en mer eller mindre intuitiv förståelse för materialet, konstruktionen och det hantverk som frambringat den. Denna läsbarhet visas ju bl.a. med höggradig tektonisk tydlighet i gamla slagna valv. Frågan inställer sig: Kan vi i dagens byggande med tegel få fram motsvarande fördelar ur materialet, eller måste vi acceptera att tiden i detta avseende sprungit förbi detta anrika byggnadsmaterial?

Det är klart att fasadtegel som byggmaterial kan användas när man inte tillmäter strävan att tektoniskt redovisa materialets egenskaper någon betydelse. Men om vi kan hitta enkla medel att skapa motsvarigheter i moderna murverk till den läsbarhet som utgör en stor tillgång i traditionella tegelkonstruktioner har mycket vunnits. Det finns en del möjligheter att arbeta med dessa aspekter i moderna murverk, och vi ska titta närmare på några exempel.

Markeringar i förbandet

I fasaderna på Klas Anshelms Lunds Tekniska Högskola innehåller de understa skiften över öppningarna enbart kopytor. Därigenom ges en liten signal om att dessa delar av murverket skiljer sig från de vanliga väggfälten, vilka murats med vilt förband.

Rullskift över öppningar kan också ge en signal om att dessa stenar fullgör en särskild uppgift i väggen. Valvverkan, d.v.s. att vi förlitar oss på teglets förmåga att överbrygga öppningar utan armering, torde f.ö. emellanåt vara fullt tillräckligt för att inom den höjd som ett enstens rullskift har klara många öppningar i skalmurar. Det faktum att de normalt görs som prefabricerade, förspända skift kanske mest utgör en eftergift för produktionstekniken.

Men spännarmerade, prefabricerade tegelskift är en produkt som är fast etablerad, och som har sina fördelar. Kapaciteten är god att klara stora öppningar, och det kan vara särskilt prydligt att använda prefabricerade rullskift som vad gäller höjdmåttet passar in i murverket, så att de kan gå in en halv stens bredd på ömse sida om muröppningen.

De spännarmerade tegelskiften består av tegelstenar som man slitsat upp ett spår i. Stenarna muras därefter ihop i en rad. I slitsen läggs armering som ges en förspänning, varefter man gjuter i spåret med cementbruk. Det slitsade spåret förläggs till den inmurade sidan och den döljs därför i det färdiga murverket. Om slitsen utförs snyggt och prydligt skulle man däremot kunna tänka sig att exponera den och därigenom återföra modernt tegelmurverk ytterligare ett steg mot traditionellt murverks läsbarhet. Kanske som ett spår i underkant av murverket ovan öppningen, eller rentav som en exponerad sträng i ett enstens rullskift i fasad?

Övergång till balkar av andra material

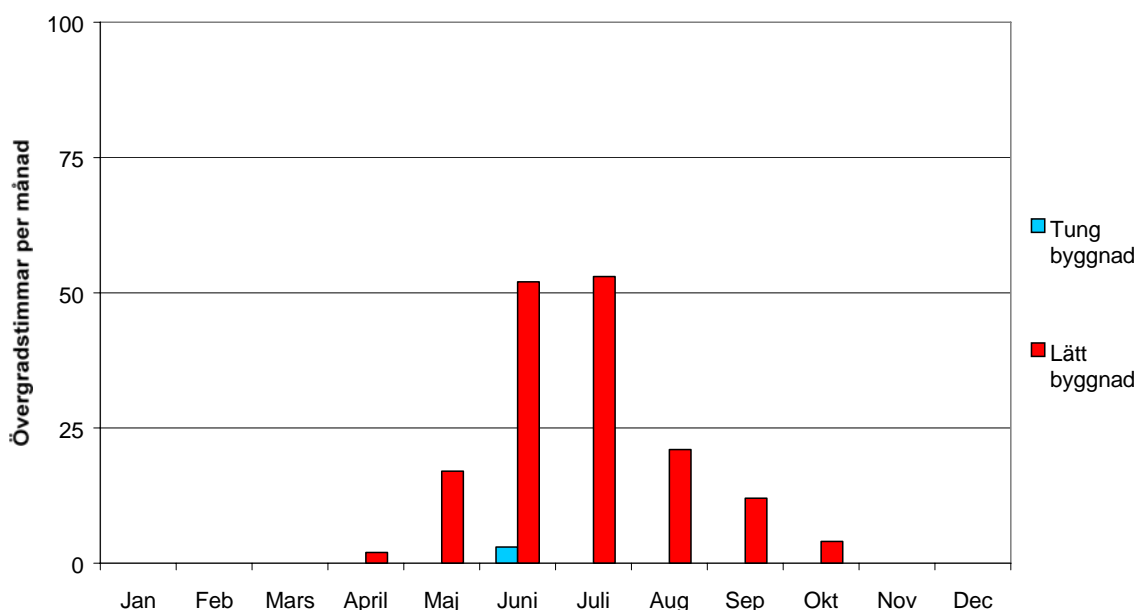
Man kan ju också välja att skapa läsbarhet i murverkskonstruktioner genom att införa balkar av andra material. I industriarkitektur från tiden kring sekelskiftet 1900 användes t.ex. ofta järnbalkar i kombination med tegelmurverk. I exempelvis Danmark och Holland, länder med stark tegeltradition, finns talrika exempel på att järnprofiler använts i fasader också i äldre bostadshus med massiva tegelstommar.

Men det finns modernare, närliggande exempel på att man använt stålbalkar som kompletterande konstruktioner i tegelfasader. Sigurd Lewerenz, Bengt Edman och Bernt Nyberg har t.ex. använt sig av exponerade stålprofiler i kombination med tegel i byggandet. I några projekt under senare år i Skåne har bärning över muröppningar bl.a. utförts med varmförzinkade vinkeljärn och betongbalkar, gjutna med vitcement.

14. Lågt U-värde viktigt även med tung stomme

Det är väsentligt för energiförbrukningen att man har låga U-värden i ytterväggar, framförallt i bostäder. Viss nytta kan man ha av att använda tunga stommars förmåga att lagra värme under de delar av året då man har värmeöverskott under en del av dygnet medan man måste tillföra energi för uppvärmning under resterande del. Det är i lokaler med stora interna värmelaster, t.ex. från lampor, datorer, hushållsmaskiner, människor etc, som tung stomme kan användas till att med sin värmelagringsförmåga hålla nere energiförbrukningen. I kontorslokaler, skolor, förvaltnings- och vårdbyggnader är de interna värmelasterna betydande och därmed finns det möjligheter att nyttiggöra dessa. I bostäder är motsvarande värmelaster normalt inte lika stora. En förutsättning för att man ska kunna dra fördel av tillfälliga värmeöverskott är att man accepterar att innetemperaturen varierar några grader under dygnet, d.v.s. kallare på natten och morgonen, varmare kvälls- och dagtid, vilket förefaller rimligt i många byggnader. Men den energibesparing man kan göra innebär inte att man kan bortse från behovet av lågt U-värde i klimatskalet - för att man ska kunna utnyttja fördelarna med värmelagring är det viktigt att samtidigt ha ett effektivt isolerskikt. Det är den del av stommen som finns innanför värmeisoleringen som främst kan användas till att magasinera värme.

En joker i sammanhanget är att vi inte vet något om hur stora de interna värmelasterna kommer att vara i framtiden. Å ena sidan blir de installationer, datorer och hushållsmaskiner vi använder sannolikt alltmer energisnåla i framtiden. Men å andra sidan är det nog sannolikt att vi kommer att använda allt mer elektrisk utrustning framöver. Inte minst är det vanskligt att bedöma effekten av att det blir vanligare att installera komfortkyla i byggnader. I detta avseende har de tunga byggnadsstommarna viktiga fördelar, antalet timmar med övertemperaturer är väsentligt högre i hus med lätta stommor än med tunga, se beräknat exempel i figur 14.1.



Figur 14.1 Jämförande beräkning av antal timmar med övertemperatur ($>26^{\circ}\text{C}$) i radhus med lätt respektive tung stomme, enligt Hagentoft m.fl.¹⁰

Isolering av glasull och stenull dominerar

De helt dominerande isoleringsmaterialen i kanal- och kombinationsmurar är idag skivor av glasull respektive stenull. De båda kan betraktas som likvärdiga ur isoleringssynpunkt. De består till den helt dominerande delen av oorganiskt material, råmaterialet är sten för båda materialslagen. Det organiska innehåll i ullen utgörs av en del av det bindemedel som håller ihop skivorna, bindemedlet uppgår totalt 1-2 viktsprocent i ullen och det organiska innehållet är således en del av detta. Isolering av glasull och stenull har använts i kanalmurar sedan mer än femtio år och de har erfarenhetsmässigt fungerat utmärkt, innehållet av organiskt material är så lågt att det inte vållar några fukt- eller mögelproblem. Värmeledningsförmågan i denna tillämpning är för dessa isoleringsmaterial ca 0.036 W/m K .

Alternativa isoleringsmaterial

Det har under en del år också funnits visst intresse för alternativa isoleringsmaterial. Bl.a. har lättklinker i lös granulatform kommit till användning i en del projekt med murade stommar. Lättklinkerkulor har för denna användning en värmeledningsförmåga av ca 0.12 W/mK , varför det krävs tämligen djupa väggar för att klara kraven. Lättklinker tillverkas av lerpartiklar som hettas upp, till sintringsgränsen vid ca 1000°C , varvid det ökar i volym, och porositeten ökar.

Ett annat material som använts i några projekt med kanalmurar är perlit. Utgångsmaterialet för denna produkt är en vulkanisk sand, som hettas upp till ca 1000°C . Vid denna temperatur sintrar materialet, det sväller och blir poröst, i princip på samma sätt som när man tillverkar lättklinker. Värmeledningsförmågan för perlit är betydligt lägre, och därmed gynnsammare ur isoleringssynpunkt, än för lättklinker, ca 0.045 .¹⁹ Också i de projekt som man isolerat med perlit har man använt sig av material i lös granulatform.

Såväl perlit som lättklinker är kapillärsugande. För att de inte ska suga till sig fukt i kanalmurar måste därför materialet hydrofoberas, så att granulatens ytor blir vattenavvisande. Detta görs genom tillsättning av ett organiskt material, ofta används silikonharts. Andelen silikonharts ligger runt 0.5 viktsprocent i perlit som använts för isolering av ytterväggar.

Användningen av isolering i granulatform kan vara fördelaktig p.g.a. att isoleringen kan fylla ut kanalen mellan fasad- och bakmur väl, om arbetet utförs omsorgsfullt. En nackdel är att man inte utan vidare kan ta upp nya, större hål i väggarna, utan att se till att isoleringen hålls på plats vid arbetena.

15. Modern förbandsmurning

Murning i förband, d.v.s. med stötfogarna förskjutna i höjddled så att de inte placeras rakt ovanför varandra i två intilliggande skift, är murverkets grundläggande princip. Tegelstenen ska vara stark, fogen svag, och genom förskjutningen av fogarna ökar murverkets förmåga att ta upp laster.

Principen med förskjutning av stötfogar gäller såväl i murens eget plan som i dess djupled för väggar med mer än en halvstens djup. Genom att mura i förband inåt i muren ökar murens styvhet markant, varför större laster kan hanteras och högre murade väggar kan utnyttjas för kraftupptagningen. Detta förhållande motiverar kopypytor i traditionella massivmurar, som murats i en stens djup eller mer. Förbanden i denna typ av murar medför att de olika delarna av muren kommer att bilda ett samverkande tvärsnitt. Men det underlättar också för muraren att hitta en rationell arbetsmetodik. Förbandsmurningen har således tekniskt ursprung. Under århundradenas lopp har förbanden utvecklats som arkitektoniska uttrycksmedel.

I halvstens djupa murar behövs ur teknisk synvinkel bara löpytor. Därför blir det en viktig fråga hur man ska ställa sig till vilken typ av förband man lämpligen använder sig av i dagens skalmurar. Ska vi lägga in kopypytor i murverket enbart för dekorativ funktion eller ska vi ta konsekvensen av att moderna fasadmurar utförs med halv stens djup och därför mura med enbart löpytor?

Först kan vi ju konstatera att skalmurar med enbart löpytor, t.ex. med halvstens förskjutning, kan bli uttryckslösa och tråkiga. Särskilt trista är dom normalt i kombination med riktigt utslätat tegel, med liten variation i form och färg.

En annan reflektion i detta sammanhang är att om vi väljer att mura med kopypytor är vi ju inte alls bundna av de regler som traditionellt gällt för andelen kopypytor i murytan. Dessa har ju konstruktiv bakgrund, de ska garantera att tillräcklig sammanhållande effekt erhålls för att muren ska bindas samman i sitt djup, så att den inte knäcker ut vinkelrätt sitt eget plan vid stor normalkraftsbelastning. De krav som gäller för massivmurar är att minst 20 % av ytan ska utföras med bindare. Detta motsvarar andelen kopypytor i ett normalt munkförband ("2 löp och en kopp"). En modern förbandsmurning med kopypytor kan således skilja sig mot traditionella förband genom att man får lov att ha mindre andel kopypytor än så, det finns ingen undre gräns för andelen kopypytor i en modern skalmur.

Sedan finns det ju också exempel på att skalmurar murade med löpförband i halv stens förskjutning inte nödvändigtvis behöver bli uttryckslösa. Valet av tegelsten, fogmaterial och fogutförande kan t.ex. användas för att trots avsaknaden av kopypytor skapa stark materialverkan.

S:t Petri-kyrkan i Klippan och Landsarkivet i Lund kan tas som exempel. Båda projekten har det gemensamt att de är murade med hårdbränt helsingborgstegel. Möjligheterna att skapa stark materialverkan med detta tegel var naturligtvis särskilt gynnsamma. Det finns knappast någon motsvarighet i det avseendet i dagens tegelproduktion till Helsingborgs Ångtegel, även om man i dagens utbud också kan finna sten med ganska stark materialverkan.

I konventionellt byggande av skalmurar har man ofta valt s.k. vilt förband under de senaste decennierna. Vilt förband innebär att arkitekten bara specificerar ett visst antal kopytor per m², utan att ge anvisningar om något förband i övrigt. Det innebär att det är upp till hantverkaren att avgöra var kopytorna ska placeras.

Klas Anselm använde sig t.ex. av vilt förband i Lunds Tekniska Högskolas massiva tegelväggar. Massiviteten i väggarna redovisas av Anshelm tydligt i muröppningarna, som präglas av naturliga materialmöten mellan tegel, puts, fönsterkarmar och plåtbeslag. Plåthantverket är på LTH utfört med omsorg. Men när vilda förband används i halvtens skalmurar, där materialmötena i muröppningarna döljs av slentrianmässigt utformade och tveksamt utförda plåtbeslag, blir effekten ofta att murverket ger ett slarvigt intryck.

Ett intressant beklädnadsförband, som ofta användes under 1940- och 1950-talen, när man började med oputsade halvtens skalmurar, är blixtmunkförbandet. I detta utförs vartannat skift med enbart löpytor, och vartannat med två löp och en kopp, vilket således ger 10% kopytor. Kanske denna typ av förband skulle kunna vara ändamålsenliga när vi idag använder tegel i skalmurar utanför bakmurar av tegel eller andra stenmaterial?

Men man kan också sträva efter att ta tillvara de möjligheter som trots allt finns att lägga in konstruktivt motiverade kopytor, eller koppar som ändå markerar att det är något speciellt med murverket i just deras läge. Klas Anselms utförande med koppskift över muröppningarna på LTH kan räknas till den senare kategorin. I några kanalmurade tegelhus i Skåne som byggts under senare år har man också valt att utföra första skift över fönster- och dörröppningar med koppskift.

Lägen för kopytor med konstruktiv funktion kan också återfinnas i de vertikala delarna av anslutningar mot fönster och dörrar. Möjligen skulle också pettringar få sin särskilda betydelse för hopmurning vid fönstersmygar med minskad köldbrygga i moderna murverk, som diskuterats i tidigare avsnitt.

Vid diafragmamurade väggdelar och inmurade förstävningar i isolerskiktet får man också konstruktivt motiverade kopytor. Moderna murverkskonstruktioner skiljer sig dock i stor omfattning i detta avseende ifrån traditionella fullmurar. Men det behöver inte nödvändigtvis betyda att förbandsmurning med inslag av kopytor behöver vara enbart av refererande natur.