

# Innehåll

Förord .....	5
1. Inledning .....	7
1.1 Bakgrund .....	7
1.2 Korrosionsskador i murade fasader .....	10
1.3 Skademekanismer .....	14
1.4 Korrosionshastighet.....	15
1.5 Korrosionsskadornas omfattning .....	18
1.6 Klassificering av skador.....	19
1.6.1 Fasadpartier utan muröppningar.....	20
1.6.2 Armering över, under och mellan öppningar .....	22
1.6.3 Bristande horisontalförankring .....	23
1.7 Praxis vid reparation av 1/2-stens tegelfasader .....	24
1.7.1 Fasadpartier utan öppningar .....	25
1.7.2 Över öppningar.....	26
1.7.3 Murpartier mellan öppningar .....	27
1.7.4 Kramling .....	27
1.8 Praxis vid reparation av fullmurar .....	27
2. Projektering .....	29
2.1 Behöver man ersätta befintlig armering med ny?.....	31
2.2 Tilläggskramling.....	33
2.3 Kontroll av tilläggskramling före renovering av korrosions- skador.....	35
2.4 När är det dags att sätta in åtgärder? .....	36
2.5 Rensning av långa etapper i vägg respektive borttagning av undre skift i öppning .....	38
2.6 Armeringens roll i vindbelastade murar .....	40
2.7 Uppskattning av framtida korrosionsskador .....	43
2.7.1 Bakgrund.....	43
2.7.2 Skalmurar .....	44
2.7.3 Fullmurar.....	44
2.8 Förfrågningsunderlag.....	46
2.9 Gestaltningmässiga krav.....	48

3.	Beställarens krav – teknisk funktion och gestaltningsaspekter.....	49
3.1	Tekniska krav .....	49
3.2	Gestaltningmässiga krav – vägar till det goda hantverket.....	49
3.2.1	Reparation på grund av korrosionsskador i armering .....	49
3.2.2	Tilläggskramling.....	60
4.	Reparationsmetoder .....	61
4.1	Korrosionsskadad armering i fasadpartier utan mur- öppningar .....	61
4.2	Korrosionsskadad armering i fasadpartier över öppningar .....	68
4.3	Korrosionsskadad armering i murpelare mellan mur- öppningar .....	72
4.4	Förstärkning av förankringen av fasadmuren genom tilläggs- kramling .....	76
4.5	Bristfälliga ingrepp vid reparation av skalmurar .....	79
5.	Skadefall .....	81
5.1	Nedrasad skalmur, flerbostadshus i Tenhult.....	81
5.2	Skadad akalmur, Högevallsbadet, Lund.....	82
	Litteratur .....	87

# Förord

Handbokens andra utgåva utgör en sammanfattning av resultaten från tre forsknings- och utvecklingsprojekt som har bedrivits vid Lunds tekniska högskola mellan 2004 och 2016: Restaurering av murade fasader med korrosionsskador, Modell för kravdriven renowering av flerbostadshus byggda 1950–1975 samt Uppgradering av den befintliga bebyggelsens energiprestanda – med inriktning på klimatskalet i rekordårens flerbostadshus.

Den övergripande målsättningen avseende fasadproblematiken i projekten har varit att dokumentera, utveckla och sprida nödvändig kunskap för reparation av fasader med tegelmurverk som skadats av korrosion på armering och kramlor.

Handboken riktar sig till fastighetsägare, projektörer, entreprenörer och materialleverantörer som arbetar med frågor om korrosionsskador i murade fasader byggda i huvudsak under perioden 1950–1975. Under den aktuella perioden var det vanligt att man försåg murade fasader med icke korrosionsskyddad armering och förankring, vilket har lett till att det idag finns ett stort antal fasader med den här typen av skador.

Reparationsåtgärderna kan med fördel kombineras med andra åtgärder som syftar till att uppgradera byggnadens energiprestanda, såsom byte till fönster med lägre transmissionsförluster. Beroende på skadornas omfattning kan mer eller mindre genomgripande reparationsåtgärder behöva sättas in. I ytterlighetsfall är lösningen rivning och återuppmurning av den skadade fasaden. Stora ekonomiska och inte sällan även kulturhistoriska värden står därvid på spel.

Handboken ger inblick i orsaker och bakomliggande fenomen till armeringskorrosion i murade fasader. Fastighetsägare, projektörer och entreprenörer hittar praktisk hjälp för att på ett tekniskt och gestaltningmässigt hållbart sätt angripa problemet. Den avslutas med ett antal praktikfall och förslag till ytterligare informationskällor.

Det finns idag behov av en metodisk genomgång av de murade fasaderna från den aktuella perioden, framförallt med avseende på bristande horisontalförankring. Det skulle göra det möjligt

att sätta in lämpliga åtgärder i god tid och därmed begränsa risken för framtida skadeverkningar, inte minst med tanke på att människor kan komma till skada vid eventuella ras. Ett problem i sammanhanget är att det saknas systematisk informationsinsamling av uppgifter om skadefall. Inrättande av ett nationellt bygghets- och haveriregister i Sverige efter BYG-ERFA-modellen i Danmark skulle också kunna bidra till att minska olycksriskerna samt rädda stora ekonomiska och kulturhistoriska värden.

Sedan utgåva 1 av denna handbok kom ut har ett relativt stort antal renoveringsprojekt avseende murade fasader från efterkrigstiden utförts. Praktiska erfarenheter från dessa och, inte minst, en omfattande utbildningsverksamhet som bedrivits i ämnesområdet av bland annat Sveriges Murnings- och Putsentreprenörförening (SPEF) har sannolikt haft stor betydelse för kompetensen att göra tekniskt och ur gestaltningssynpunkt bra lagningar. Det är vår förhoppning att utgåva 2 kommer att bidra till att ytterligare förbättra kunskapsstandarden om underhåll av murade fasader.

Projekten som ligger till grund för handboken *Reparation av murade fasader med korrosionsskador* har finansierats av Formas/BIC, Energimyndigheten, SBUF/FoU Syd, Byggrådet i Malmö-Lund, Föreningen tungt, murat och putsat byggande, AF Bostäder, Akademiska Hus, Lundafastigheter, Lunds Kommuns Fastighets AB, Malmö Stadsfastigheter, MKB Fastighets AB, Örebrobostäder AB, Joma AB, Tegelmäster AB, Wienerberger AB, Weber St. Gobain Byggprodukter AB, Karling Fasad AB, Paras Bygg AB, Thage. Författarna tackar finansierarna för deras stöd. Författarna vill tacka medlemmarna i projektens referens- och arbetsgrupper för deras aktiva medverkan och många värdefulla råd.

Speciellt tack riktas till personer och organisationer som har varit behjälpliga med utgåva 2 – Kristina Bondesson, AF Bostäder; Torbjörn Fischbeck, Akademiska Hus; Corfitz Nelsson, FoU Syd; Gunnar Fremo och Henrik Johansson, Joma; Mikael Karling, Karling Fasad; Oskar Larsson Ivanov, Oskar Ranefjärd och Per-Olof Rosenkvist, Lunds tekniska högskola; Roland Larsson Edberg och Frej Josefsson, Morneon Fasad; Åsa Henriksson och Tomasz Lendzion, Paras Bygg; Alf Nordkvist, Thage; Ulrika Nelfelt, tidigare Weber St. Gobain; Lars-Göran Andersson, Örebrobostäder.

Lund, oktober 2017

*Tomas Gustavsson   Johan Jönsson   Miklós Molnár*

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Tegelbyggnader från perioden före andra världskriget uppfördes normalt med massiva väggar, så kallade fullmurar, som murades med kalkbruk. Ytterväggar utfördes med 1 ½-stens djup, det vill säga cirka 380 mm eller mer, puts oräknad. Bärande innerväggar, och lägenhetsskiljande väggar, gjordes i regel med 1-stens djup, det vill säga cirka 250 mm. Fullmurstekniken innebar att såväl vertikal som horisontal bärförmåga var rejält stor och armering användes normalt inte i denna traditionella byggnadsteknik. I fullmurar som utfördes från 1940-talet och senare kan dock armering förekomma över muröppningar som är två meter eller längre. Vindlaster togs upp av väggarna och fördes vidare till bjälklagen, som genom skivverkan förde dessa till tvärgående massivväggar, vilka stabiliserade byggnaderna horisontellt. De homogena tegelväggarna utgjorde såväl bärande konstruktion som klimatskal.

Under 1930-talet introducerades det då nya konstruktionsmaterialet lättbetong, vilket efter hand kom till flitig användning som bärande bakmur i kombination med ½-stens (120 mm) skalmurar av tegel i fasaderna. ½-stens skalmurar förekommer från samma decennium också utanför bakmurar av 1-stens eller ½-stens tegel. Så småningom blev det vanligt med tegelskalmurar i kombination med betongstommar. Under framförallt 1960-talet ökade användningen av skalmurar utanpå utfackningsväggar av träreglar, i byggnader med primärt bärande stomsystem av betong, Tägil med flera (2011).

Övergången till ½-stens skalmurar skedde parallellt med att man mer allmänt gick över till att använda murbruk med cementinslag, kalkcementbruk, och att man började förse tegelmurverket med armering i liggfogarna. Armeringen utfördes normalt av icke rostfria armeringskvaliteter och utan speciellt konstruktivt rostskydd. Man antog, felaktigt, att det kalk- eller cementbaserade bindemedlet i murbruket fungerade som kemiskt korrosionskydd under konstruktionens hela livslängd.

Under årtiondenas lopp ökade efterhand mängden normalt inlagd armering. En bit in på 1970-talet, sedan insikten om behovet av bättre rostskydd efterhand ökat, gick man alltmer över till rostfri armering i utvändiga skalmurar. Användningen av icke rostfri armering i utvändiga skalmurar har emellertid aldrig i klartext stoppats i aktuella byggnormer, som Svensk byggnorm, Boverkets nybyggnadsregler, Boverkets konstruktionsregler respektive Eurokod 6. I detta avseende skiljer sig bestämmelserna i Sverige från motsvarande i flera av våra grannländer. Bland annat av denna anledning förekommer det att skalmurar i vårt land försetts med bristfälligt rostskyddad armering även en bit in på 1990-talet. På senare tid har dock armering av skalmurar i Sverige nästan uteslutande skett med rostfri armering.

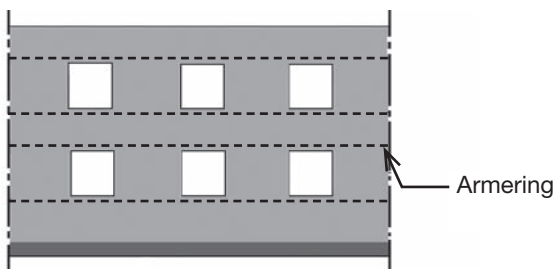
Under perioden mellan 1940 och 1975 byggdes ett stort bestånd av byggnader med ½-stens tegelfasader. Enligt en översiktlig uppskattning uppgår den aktuella fasadarean till cirka 80 miljoner kvadratmeter, se avsnitt 1.5. Det faktum att man efterhand normalt armerade allt tätare i fasaderna och att man inte försåg armeringen med konstruktivt rostskydd innebär idag att fasader från den inledande delen av perioden paradoxalt nog ofta är i bättre skick än fasader från den senare delen.

Under tidsperioden 1940–70 försågs murverk ofta med armering i liggfogar, möjligen enligt principen ”vid tveksamhet, lägg in armeringsjärn”. Avsikten med armeringen har troligtvis varit att:

- ta upp dragkrafter i murverk ovanför fönster och dörrar i murverket
- ta upp böjdragspänningar orsakade av vindlaster
- begränsa sprickor på grund av temperatur- och fuktrörelser.

För att motverka sprickbildning på grund av temperatur- och fuktrörelser utfördes emellanåt första liggfog under och över fönsteröppningar armerade längs hela fasader, se princip i figur 1.1. I lägen över muröppningar avsågs armeringen också medverka till att ta upp böjdragspänningar. Vid större öppningar förekommer det att man armerat fler fogar över öppningarna.

Armering över och under fönsteröppningar längs hela fasader torde ha förekommit framförallt under 1960-talet. I lägen där det finns stora murpartier mellan öppningarna kan armeringen vara avslutad, men ofta ligger det i praktiken armering längs hela fasaderna även i detta fall.



**Figur 1.1.** Exempel på armering i skalmur från perioden 1940–1970. Armering har placerats i liggfogar både över och under fönsteröppningar, och dragits längs hela fasaden.

I och med att man gick över från fullmursteknik till  $\frac{1}{2}$ -stens skalmurar och separat byggnadsstomme uppstod ett behov av att förankra skalmurarna till den bakomliggande byggnadsstommen för vindlast. Det kan finnas exempel på, från framförallt 1930- och 1940-talen, att man i detta syfte murat ihop skalmurar med bakmurar av  $\frac{1}{2}$ -stens tegel med bindare i förband. Men denna möjlighet fanns endast om bakmuren också utgjordes av tegel. Det normala, såväl för fallet bakmur av tegel som lättbetong, betong i bakomliggande byggnadsstomme eller betong i kombination med utfackningsväggar med träreglar, var istället att skalmurarna förankrades med kramlor av armeringsjärn eller stål. Kramlorna murades in i liggfogar i skalmurarna och gjöts in, murades fast eller fästes mekaniskt till byggnadsstommen.

Kramlorna utfördes de första av de aktuella decennierna ofta av vanligt armeringsjärn, utan konstruktivt rostskydd. Senare började man använda speciellt för ändamålet producerade kramlor. På 1950- och 1960-talen användes ofta järn med viss el- eller varmförzinkning. Vid 1960-talets mitt introducerades rostfria kramlor. Användningen av dessa ökade successivt och en bit in på 1970-talet hade dessa helt ersatt de varmförzinkade kramlorna, Bergkvist (2006).

Det kan finnas anledning att påtala att de byggnadstekniska problem på grund av korrosion som idag finns i tegelfasader från den aktuella perioden inte utgör något skäl att undvika användning av skalmurar med tegel i dagens nyproduktion. Men det bör klargöras för alla i byggbranschen att endast rostfritt stål ska användas i utvändiga skalmurar till såväl kramlor som armering.

## 1.2 Korrosionsskador i murade fasader

Det bristande korrosionsskyddet i armeringen har lett till att det idag finns ett stort antal skador på grund av korrosion i fasader som byggdes under den aktuella perioden. Situationen är inte unik i Sverige, i vissa jämförbara länder som till exempel Norge och USA finns liknande problem. Möjligen kan man ha haft för vana att armera mer i skalmurar i Sverige än vad man gjort i andra länder, varför problemen idag kan vara särskilt omfattande här. Det faktum att det byggdes väldigt mycket under den aktuella tidsperioden i Sverige bidrar också till att renoveringsbehoven är särskilt stora för tegelfasader här i landet.

När armering av stål rostar utvidgas dess volym. Volymökningen innebär att ett mekaniskt tryck uppstår, man säger att armeringen rostspränger. Rostsprängningen syns först genom att en hårfin spricka uppstår horisontellt mellan bruksfog och tegelyta. Sprickan växer efterhand till och mer vatten kan på grund av sprickan tränga in och snabba på processen, se bild 1.1. Så småningom kan bruksfogen tryckas ut på grund av volymökningen, exempel på detta visas i bild 1.2 och 1.3. Inträngningen av vatten kan också medföra ökad risk för frostsprängning i teglet samt efterhand fukt- och mögelskador i innanförliggande väggdel, om den är utförd med organiskt innehåll, som till exempel träreglar eller träbaserade skivor.

Skador på grund av rostande horisontalarmering visar sig ofta först i lägen över fönster- och dörröppningar, där rostsprängningen trycker ner det understa skiftet på grund av att mothåll där saknas, enligt exempel i bild 1.1. Rostsprängningen kan så småningom medföra att tegelstenar över fönster och dörrar lossnar och att den yttre delen av fogarna trycks ut.

På motsvarande sätt som över muröppningar kan skador också först visa sig under fönsteröppningar, i lägen där man lagt armering även under dessa, se bild 1.3. Inte heller där finns något mothåll från egentygnd av ovanliggande murverk, varför rostsprängningen ofta resulterar i att fogbruket trycks ut även i dessa lägen när rostsprängningen pågått en tid.

Skador i tegelfasader orsakade av armeringskorrosion är inte begränsade till speciella byggnadstyper, utan förekommer i bland annat bostadshus, förvaltningsbyggnader, sjukhus, skolor och industrier. Det finns en risk att fasader i samband med renovering förvanskas och förändras på ofördelaktiga sätt, genom olämpliga





**Bild 1.1.** Tydlig horisontal spricka på grund av rostsprängning i murverk över fönster, studentbostadsområdet Vildanden i Lund, byggt 1966.



**Bild 1.2.** Fasaderna på Malmö Tekniska Museum, byggt 1972, uppvisar stora korrosionsskador. Fogbruk har här tryckts ut ur murverket.



**Bild 1.3.** Rostsprängning i första skift under fönsteröppning, Vildanden, Lund.

val av ersättningstegel, fogbruk och fogtyper. Detta gäller framförallt enskilda byggnader, men kulturmiljön kan också påverkas i hela områden. Ett exempel på det sistnämnda är bostadsområdet Klostergården i Lund byggt under andra halvan av 1960-talet, där den tidigare enhetlighet som skapades av att man använt samma tegel och bruk i kvartersstora grupper av hus i upptill åtta våningar äventyrats genom en rad av fasadrenoveringar där ersättningsmaterialen valts utan närmare reflektioner, se bild 1.6.