

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Hållbar energieffektivisering av historiska trä- och stenbyggnader med hampakalk	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Sustainable insulation of historical wooden and stone buildings with lime-hemp	
Energimyndighetens titel på projektet – svenska Att förebygga saltutfällning genom hampakalkputs i äldre tegelbyggnader	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Preventing salt crystallization using hemp-lime plaster in historical brick buildings	
Universitet/högskola/företag Lunds tekniska Högskola	Avdelning/institution Avd. för Byggnadsmaterial
Adress Box 117, 221 00 LUND	
Namn på projektledare Paulien Strandberg	
Namn på ev övriga projektdeltagare Kristin Balksten, Anna Donarelli, Sanne Johansson	
Nyckelord: 5-7 st Hampakalk, tilläggsisolering, energieffektivisering, reveterade trähus, saltskador, tegelmurverk	

Förord

De båda projekten som redovisas i denna slutrapport är finansierade av Energimyndigheten genom Forskningsprogrammet spara och bevara, www.sparaochbevara.se. Projektet har genomförts som ett samarbete mellan Avdelningen för Byggnadsmaterial vid LTH och Kulturvård, Campus Gotland, Uppsala universitet samt Gotlands Museum. Många personer har bidragit till projektet, vilket har genererat mycket resultat och ett genomgående tvärvetenskapligt förhållningssätt. Gruppen har bestått av forskare inom byggnadsmaterial, kulturvård och mikrobiologi, byggnadsantikvarier, labtekniker och murare samt många studenter inom såväl Kulturvård som Brandteknik. Även fastighetsägare i Visby och Svenska kyrkan har bidragit genom att upplåta sina fastigheter som fallstudier. En referensgrupp för bulhusbebyggelsen i Visby innerstad har deltagit i en workshop i Visby för saltproblematik har deltagit i två saltworkshops i Skåne, en referensgrupp. Vi vill härigenom tacka alla som på olika sätt bidragit med finansiering, kunskap, tid och engagemang i de båda projekten.

Paulien Strandberg & Kristin Balksten

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
Summary.....	4
Inledning/Bakgrund.....	5
Genomförande.....	6
Resultat	8
Diskussion	11
Publicationslista.....	12
Populärvetenskapliga artiklar	12
Konferensbidrag	12
Vetenskapliga paper	12
Referenser, källor	13
Bilagor	14

Sammanfattning

Historiska byggnaders energiprestanda behöver hållbart förbättras samtidigt som kulturhistoriska värden bevaras. Ett byggnadsmaterial som hampakalk skulle kunna uppfylla en ny funktion i renovering av historiska byggnader. Syftet var att finna en effektiv och resurssnål metod för tilläggsisolering av reveterade och putsade historiska trä- och tegelhus som är kompatibel med stommen, ökar energieffektiviteten, skapar en hälsosam och god inomhusmiljö samt bidrar till att bevarade kulturhistoriska värden.

Målet med projektet var att utreda lämplighet och användbarhet av hampakalk som tilläggsisoleringsmaterial i ett kallt svenskt klimat med svåra fuktförhållanden. Det var väsentligt att klargöra förutsättningarna för eventuell mikrobiell påverkan på materialet. Ett delmål med projektet var därför att utvärdera risken för mikrobiell påväxt på hampakalk och att ta fram nyckeltal för dess kritiska fuktnivåer.

Huruvida hampakalk skulle kunna fungera som tilläggsisolering på saltvittrande tegelmurverk har också undersökts. Här har det dels handlat om att förstå salternas beteende och skadeverkan samt vad som kan bidra till ett minimerande av skador. Där har hampakalk som invändigt tilläggsisoleringsmaterial provats och utvärderats för att se om det kan bidra med ändrat mikroklimat och ändrad salttransport och därigenom minskade saltskador på putsytan.

Det finns ett stort bestånd av hållbara byggnader, företrädesvis från perioden 1700-tal till 1930-tal, som uppförts dels med trästomme som putsats, dels av tegel. Framförallt blev båda dessa byggtekniker allt vanligare under 1800-talet då städerna började byggas med ett utökat krav på brandskydd och termisk komfort. Idag är dessa byggnader ofta i behov av underhåll eller renovering och i samband med detta behöver de kunna anpassas efter moderna krav på termisk komfort och energieffektivisering. Samtidigt besitter de höga kulturhistoriska värden och skall därmed förändras/underhållas/renoveras med stor varsamhet, med traditionella material och metoder och med kompatibla lösningar.

Resultatet av projektet har visat att hampakalk fungerar utmärkt för att tilläggsisolera historiska trä eller tegelbyggnader. Uppmätt minskning av energianvändning för uppvärmning var 33-53 % i fallstudierna jämfört med originalkonstruktionen. Tilläggsisolering av hampakalk gav en bra fuktbalans i såväl murverket som trästommen, förutsatt att det kombineras med en för konstruktionen anpassad kalkputs. Som invändig putsbärare på saltskadat tegelmurverk gav hampakalken ett stabilt mikroklimat med minskat antal saltkristallisationscykler och därmed ett fördröjt skadeförlopp. Hampakalk kan bidra till god ljudmiljö och ett bibehållet brandskydd. Hampakalk kan användas där kulturhistoriska värden skall bevaras. Det gäller framförallt byggnader som står inför renovering eller omrenovering, där ett material behövs som är kompatibelt med såväl trä- och tegelstommar som traditionell kalkputs vilka skall fortsätta utgöra kulturhistoriska värdebärande element för byggnaden.

Summary

The energy performance of historic buildings needs to be improved in a sustainable way while preserving cultural-historical values. A building material such as hemp-lime could fulfill a new function in the renovation of historic buildings. The objective of this project was to find an appropriate and resource-efficient method for additionally insulating plastered historic buildings that is compatible with the timber or brick structure, increases energy efficiency, creates a healthy indoor environment and contributes to preserving cultural-historical values.

The aim of the project was also to investigate hemp-lime as an additional insulation material in a cold Swedish climate with tough moisture conditions. It was essential to clarify the conditions for microbial growth on the material. An additional aim of the project was therefore to evaluate the risk of microbial growth on hemp-lime and to find key values for its critical moisture levels.

Use of hemp-lime as additional internal insulation on salt-withering brick masonry has also been investigated. Here the project has also focussed on understanding the behaviour of salts in masonry, their harmful effects and measures that can contribute to minimizing damage. Therefore, hemp-lime was tested and evaluated as internal additional insulation material to see if it could contribute to an altered microclimate with altered salt transport and thereby reducing salt damage to the plaster surface.

There is a large stock of durable historic buildings, built between the 1700s and the 1930s, that were built with lime-rendered timber or brick structures. Both of these building techniques became more common during the 19th century when cities were built with increased demands on fire protection and thermal comfort. Today, these buildings are often in need of maintenance or renovation, and in connection to this they need to be adapted to modern requirements on thermal comfort and energy efficiency. At the same time they possess high cultural-historical values and they must therefore be adapted/maintained/renovated with great care, with traditional materials and methods and with compatible solutions.

The result of this project has shown that hemp-lime works very well for additional insulation of historic timber or brick buildings. Measured reduction of energy use for heating was 33-53% in the case studies compared to the original design. Additional insulation of hemp-lime gave a good moisture balance in both the masonry and the wooden structure, provided that it is combined with an appropriate lime render that is customized for the construction. As an internal insulation on salt-damaged brickwork, the hemp-lime gave a more stable microclimate with reduced number of salt crystallization cycles and therefore delayed damage mechanisms. Hemp-lime can contribute to a good acoustic environment and maintained fire protection. Hemp-lime can be used where cultural historical values should be preserved. This applies primarily to buildings that are facing renovation needs where a material is required that is compatible with both timber and brick walls as well as the traditional lime render, all of which will continue to constitute cultural-historical value-bearing elements in the building.

Bakgrund

Huvudprojektet *"Hållbar energieffektivisering av historiska trä- och stenbyggnader med hampakalk"* samt tilläggprojektet *"Att förebygga saltutfällning genom hampakalkputs i äldre tegelbyggnader"* vilka rapporteras i denna gemensamma slutrapport, har båda finansierats genom *Spara och Bevara*¹, Energimyndighetens forskningsprogram för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Programmet syftar till att öka kunskapen kring energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader utan att kulturhistoriska värden går förlorade.

Många historiska trä- och tegelbyggnader i Sverige har de senaste decennierna renoverats och isolerats med moderna isoleringsmaterial såsom cellplast och mineralull. Skador på historiska byggnader som orsakas av fukt och mögel har ökat under de senaste decennierna, bland annat till följd av ökad användning av värmeisolering vilket gör väggarna mer sårbara för kondensproblem.

Hampakalk är ett hållbart byggnadsmaterial som består av hampans vedämnen och byggkalk. I början av 1990-talet började hampans vedämnen användas i kombination med kalk som byggnadsmaterial i Frankrike. Hampakalk fungerar annorlunda än konventionella isoleringsmaterial då det utöver bra värmeisoleringsförmåga är diffusionsöppet och har bra termisk massa samt fuktbuffringsförmåga. Dessutom är materialet formbart, har bra vidhäftningsförmåga och är lätt att applicera vilket gör att byggnadens estetiska och kulturhistoriska värden kan bibehållas.

Projektmål

Syftet med huvudprojektet är att hållbart förbättra historiska byggnaders energiprestanda samtidigt som kulturhistoriska värden bevaras. Ett byggnadsmaterial som hampakalk skulle kunna uppfylla en ny funktion i renovering av historiska byggnader. Värmeisolering av historiska trä- och tegelväggar med hampakalk skulle kunna förbättra fuktförhållanden i väggen. Det skulle också förbättra byggnadens energiprestanda utan att göra byggnaden mer benägen till fuktproblem.

Målet var att finna en effektiv och resurssnål metod för tilläggsisolering av reveterade och putsade historiska trä- och tegelhus som är kompatibel med stommen, ökar energieffektiviteten, skapar en hälsosam och god inomhusmiljö och som bidrar till att de kulturhistoriska värdena kan bevaras.

Målet med projektet var även att utreda lämplighet och användbarhet av hampakalk som tilläggsisoleringsmaterial i historiska trä- och tegelbyggnader i ett kallt svenskt klimat med svåra fuktförhållanden.

Det nordiska klimatet innebär en stor fuktbelastning på byggnadsmaterial varför projektets resultat är oerhört viktiga att erhålla innan materialet kan börja användas i större skala. Det är väsentligt att frågetecken kring eventuell mikrobiell påverkan på materialet klargörs, och att fuktegenskaper hos materialet studeras om det ska kunna bidra till att ge sunda hus. Ett delmål med projektet var därför att utvärdera risken för mikrobiell påväxt på hampakalk och att ta fram nyckeltal för dess kritiska fuktnivåer.

Syftet med tilläggprojektet var att fastställa huruvida hampakalk skulle kunna fungera som tilläggsisolering på saltvittrande tegelmurverk. Här har det dels handlat om att förstå salternas beteende och skadeverkan samt förstå vad som kan bidra till ett minimerande av skador. Där har hampakalk som invändigt tilläggsisoleringsmaterial provats och utvärde-

¹ www.sparaochbevara.se

rats för att se om det kan bidra med ändrat mikroklimat och därigenom minskad salttillförsel till den invändigt putsade murytan.

Projektopplägg

Projektet genomfördes i ett tvärvetenskapligt samarbete mellan Lunds Tekniska Högskola och Uppsala Universitet Campus Gotland. Projektet bestod av en kombination av arkiv- och litteraturstudier, materialstudier, fullskaleförsök samt en renovering av en gavelvägg i Visby. Materialprover utsattes för olika fuktbelastningar för att fastställa känslighet för mikrobiell påväxt. Fullskaleförsök i form av ytterväggar innehållandes ett lager med hampakalk genomfördes på Lunds Tekniska Högskola. Sensorer följde fuktbelastning och temperatur i väggarna, inneklimat samt värmeförbrukning.

Projekttiden var september 2016 t.o.m. februari 2019.

Genomförande

Projektets resultat bygger till stor del på laborativa studier med uppbyggnad av väggelement av trä- respektive tegelväggar som har tilläggsisolerats med hampakalk. I dessa väggar har energi- och värmemätningar samt fuktmätningar genomförts för att studera hur och i vilken omfattning som hampakalk kan bidra till energiförbättring av kulturhistoriskt värdefulla byggnader uppförda såsom reveterade trähus eller tegelmurverk. Laborativa studier har även genomförts av mikrobiologiskt påväxt. Därtill har ett antal fallstudier genomförts på verkliga objekt; ett bulhus i Visby har utvändigt putsats med hampakalk och kalkputs och en tegelkyrka har invändigt putsats med hampakalk och kalkputs. Här har bland annat arbetsmetoder och användbarhet studerats utifrån ett hantverkarperspektiv. Litteraturstudier har genomfört gällande hampakalk som material men även traditionella byggtekniker har studerats utifrån att sätta in hampakalken som ett material användbart vid restaurering av byggnader uppförda i traditionella byggtekniker. Här har tre examensarbetare bidragit med såväl inventering av det befintliga byggnadsbeståndet som med genomgripande genomgång av litteratur. Detta har utförts för respektive:

- revetering av trähus
- lera som material inklusive gjuthustekniker
- tegelbyggnadstekniker.

Ytterligare två examensarbeten har genomförts där de har studerat hampakalk som material med utgångspunkt i:

- dess brandtekniska egenskaper
- dess akustiska egenskaper.

Båda dessa examensarbeten har genomförts med laboratoriestudier och litteraturstudier i kombination.

Även huruvida hampakalk kan användas där det finns saltproblem i tegelmurverk har studerats genom dels en provvägg på laboratorium och dels genom provtytor i ett par nygotiska kyrkor. Här har saltprofilen studerats i provväggen, medan provtytorna endast utvärderats okulärt. Även en genomgripande litteraturstudie samt studier av salters beteende både i teori och praktik har genomförts inom ramen för projektet.

Forskargruppen

Inom forskargruppen har ett tvärvetenskapligt samarbete kunnat ske. Gruppen har förutom fyra ansvariga forskare haft många personer knutna till sig.

Forskargruppen har utgjorts av:

Paulien Strandberg, Tekn. Dr

Avd. för Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola

Kristin Balksten, Tekn. Dr

Kulturvård, Campus Gotland, Uppsala universitet

Anna Donarelli, Byggnadsantikvarie

Kulturvård, Campus Gotland, Uppsala universitet (numera vid Riksantikvarieämbetet i Visby)

Sanne Johansson, Tekn. Dr

Avd. för Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola

Övriga medverkande i projektet

I projektet har flera studenter deltagit genom att utföra sina examensarbeten inom ramen för projektets frågeställningar:

Sofie Nygren

Examensarbete för Magisterexamen i Kulturvård, Campus Gotland UU. (se kap. 2 i Antologin)

Ellen Olsson, Frida Johansson och Viktor Källgren

Examensarbete för Kandidatexamen i Kulturvård, Campus Gotland UU. (se kap. 3, 4 och 11 i Antologin)

Josefin Edbladh och Joar Persson

Examensarbete vid Brandingenjörsutbildningen LTH (se kap. 10 i Antologin)

Studenternas arbeten har möjliggjort både en breddning och fördjupning som i denna antologi presenteras genom deras egna artiklar, se nr 2, 3 och 4 samt nr 10 och 11.

Gotlands museum har deltagit med antikvarisk expertis genom **Pär Malmros** (numera vid Visby stift) och **Ulrika Mebus** (numera vid Skansen). De har varit behjälpliga med arbetet kring fallstudien Biskopen 5 i Visby, bidragit till workshops och kunskapsspridning samt bidragit med text till artikeln *Hampakalk för tilläggsisolering*, genom den antikvariska förundersökning som gjordes inför omputsningen. De har även bidragit med handledning för Sofie Nygren som skrev sitt examensarbete med arbetsplats på Gotlands museum.

Murare **Tom Yttergren** och Murarmästare **Henrik Nilsson** samt deras medhjälpare har ansvarat för arbetet med fallstudien i Visby respektive uppbyggandet av provväggar i Lund. Murare **Bertil Larsson** har putsat tegelväggarna i Högsäters kyrka samt bidragit med kunskaper och reflektioner. Murarnas yrkesskicklighet som hantverkare har varit ovärderlig i samband med att metoder och materialsammansättningar har finjusterats. De har förutom de fysiska väggarna bidragit med värdefulla reflektioner kring materialet och dess möjligheter.

Fastighetsägarna till Biskopen 5, **Bjerne** och **Annabritta von Schulman** har upplåtit sitt hus i Visby Innerstad för att möjliggöra ett fullskaleprov med ett reveterat trähus. De har upplåtit huset inte bara för själva arbetet utan också för pågående mätningar av fuktinivåer i väggarna.

Laboratorietekniker **Stefan Backe** och **Bengt Nilsson** (in memoria) vid LTH har hjälpt till med uppbyggnad av testväggar, laboratorieförsök, mätutrustning och tolkning av resultat. Civilingenjör **Magnus Wessberg** vid Kulturvård har hjälp till med att tolka mätresultat och skapa diagram.

Referensgrupper/Workshops

Inom projektet har flera workshops anordnats och ett antal föredrag har hållits på bl.a. Byggnadsvårdens konvent, Kalkforum, Världsarvsseminarium

Referensgruppen för tilläggsisolering på bulhus i Visby träffades vid en workshop på Fornsalen i Visby. Den bestod utav hantverkare, antikvarier, världsarvssamordnare, handläggare, arkitekter och fastighetsägare som är verksamma i Visby med representanter från Alvar Hallgrens Bygg AB, Yttergrens Mureri AB, Region Gotland, Länsstyrelsen på Gotland, Riksantikvarieämbetet, Gotlands Museum, Biskopen 5 och Agraf.

Referensgruppen för salter i murverk bestod av Kristina Nilén, Tyréns, Lars Blasberg och Mattias, båda Blasberg Andreasson Arkitekter samt Fredrik Larsson, Stefan Larsson och Karl-Johan Neldeborn från Statens fastighetsverk. Det har hållits två workshops i Lund kring saltproblematik inklusive utvärdering av tidigare försök som gjorts på Hovdala slott.

Därtill har en studieresa till England/Wales ägt rum där Paulien, Kristin och Anna har träffat entreprenörer, materialtillverkare och arkitekter med stor vana att använda hampakalk i såväl renoveringar som nyproduktion. Studieresan finansierades med bidrag från Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien (KSLA) samt Maj och Hilding Brosenius forskningsstiftelse.

Resultat

Varje delstudie som har utförts inom ramen för projektet finns presenterad i Antologin i form av en egen artikel, se respektive kapitel 2-11. Det gäller dels forskargruppens egna resultat och dels de resultat som framkommit i studenternas examensarbeten.

Här ges en sammanfattning av respektive artikel. Fördjupning av resultat finns även presenterat i ett antal vetenskapliga paper, se publikationslista. Referenser finns återgivet i slutet av respektive artikel och respektive paper.

Reveterade bulhus i Visby

Studien omfattar dels en genomgripande inventering av bulhusbeståndet i Visby innerstad, där ca hälften av 500 reveterade bulhus har granskats i detalj. Det har resulterat i ett underlag för att fastställa de kulturhistoriska värdena som finns i detta byggnadsbestånd med fokus på dess stommar och fasader. Det har även inneburit en fördjupad kunskap om vilka material och metoder som har använts för att revetera trähus i allmänhet och i Visby i synnerhet. Bl.a. visade studien att mindre än 10 % av byggnadsbeståndet har ursprunglig fasad bevarad vilket gör dessa få fasader mycket kulturhistoriskt värdefulla. Över 90 % har genomgått fasadrestaureringar sedan 1900-talets mitt med varierande utförande och funktion. Här finns således ett stort bestånd som är i behov av omrenovering, energieffektivisering med kompatibla lösningar och material samt återgång till traditionell kalkputs – allt detta för att bevara stadens karaktär och skydda dess byggnadsbestånd i enlighet med gällande lagstiftning, byggnadsordning och världsarvutnämning.

Lera i svensk byggtradition

Studien fokuserar på lera som byggnadsmaterial och hur det har tillämpats i Sverige på olika sätt och med olika tekniker. Bl.a. har det visat sig att det finns en tradition att bygga gjuthus med olika materialsammansättningar, att det har använts till puttskikt både in- och utvändigt och att det har använts till såväl trähus som korsvirkeshus. Ofta har lera kombinerats med fibrer till olika användningsområden. Den här studien visar bakgrunden till de byggtekniker där även hampakalk numera ingår som byggnadsmaterial dvs. gjuthus, fyll-

nad i korsvirke och som tilläggsisoleringsmaterial och det gör att vi kan få en förståelse för hur hampakalk därigenom kan ha ett användningsområde i Sverige när historiska byggnader skall anpassas efter nyare komfortkrav.

Tegelmurverkens utveckling i Sverige

En genomgång har gjorts av teglets historiska utveckling, från medeltid till 1980-tal. Studien ger en kronologisk sammanställning över tegelstenarnas utseende, murförbandens uppbyggnad och förändring samt om tegelbrukens historia – allt kopplat till olika förändringar i samhället och med en bredd över tid och rum. Sammanställningen ger en förståelse för vilket byggnadsbestånd vi talar om när vi talar om historiska tegelmurverk och kan betraktas som en bakgrund till behovet att finna möjliga sätt att tilläggsisolera befintliga tegelbyggnader.

Saltvittrande tegelmurverk

En genomgripande och pedagogisk genomgång av salter som kan förekomma i tegelmurverk presenteras i denna studie. Här ges en sammanställning av problem kring kristallisation som kan uppkomma i äldre murverk med illustrationer som visar hur de olika salterna kan kännas igen och bete sig. Då nygotiska tegelmurverk är överrepresenterade när man talar om saltskador och tegel ligger fokus på att förstå dess uppbyggnad och verkningssätt. Den här studien bygger på ett flertal fallstudier, företrädesvis kyrkor, som ingående har studerats under 2010-talet och kunskapen ligger till grund för tilläggsprojektet "Att förebygga saltutfällning genom hampakalkputs i äldre tegelbyggnader". Innan man kan vidta åtgärder mot saltproblem måste man börja med att förstå hur saltvittring fungerar.

Hampakalk som byggnadsmaterial

I början på 1990-talet började hampakalk bli ett etablerat byggnadsmaterial i moderna såväl som historiska byggnader i Frankrike. Sedan dess har ett flertal studier utförts på hampakalk som material och byggmetoderna varierar. I Sverige har vi producerat hampa såväl som kalk sedan vikingatid men först på senare år har vi kombinerat just dessa två komponenter för byggnadsändamål, även om metoderna och materialet påminner mycket om liknande material som återfinns i Norden. Här presenteras hampakalk som byggnadsmaterial för första gången på svenska och studien baserar sig på tidigare forskning, handböcker och studerade objekt för att visa hampakalkens många möjligheter vid såväl nyproduktion som reparation av historiska hus.

Hampakalk för tilläggsisolering

Själva kärnan i forskningsprojektet har varit att studera huruvida hampakalk kan användas som ett kompatibelt material för att energieffektivisera traditionella byggnader av sten eller trä i Sverige. Ett antal fallstudier dels i laboratorium i Lund och dels på ett reveterat bulhus i Visby och en kyrka i Dalsland har ingått och resultatet av dessa presenteras här. Fokus har varit på tillämparhet och metodutveckling för själva användandet å ena sidan samt energieffektiviseringspotential och kompatibilitet å andra sidan. Slutsatsen som kan dras av de många fallstudierna är att hampakalk har stor potential som tilläggsisolering såväl invändigt som utvändigt i befintliga konstruktioner av såväl reveterade trähus som murade tegelhus, med en uppmätt energibesparing om 30-50 %. Då det i optimalfallet endast ersätter det inre skiktet av en tjock kalkputs kan man även bevara byggnadens stomme, utseende och funktion till fullo utan att dess kulturhistoriska värden äventyras och förloras.

Hampakalk mot saltvittring

En parallell studie till energieffektivisering av tegelmurverk har inneburit att studera huruvida hampakalk kan användas som invändig putsbärare under offerputs där mursalter orsakar stor skada. Här presenteras en utvärdering av både provytor och av en saltmättad tegelmur som byggt upp inom projektet. Då saltvittring ofta är en långsam process behövs här uppföljning under en lång tid framöver men det preliminära resultatet visar att salttransport från tegel genom hampakalk till kalkputs har ett helt annorlunda förlopp än direkt från tegel till kalkputs och att det genom ett förändrat mikroklimat kan ge färre antal kristallisationscykler nära ytan.

Hampakalkens risk för mikrobiell påväxt

Såväl reveterade trähus som murade tegelhus är byggda med en diffusionsöppen konstruktion. Det innebär i princip att fuktbelastningen emellanåt kan vara hög inuti väggens konstruktion. För att studera huruvida detta innebär en risk för hampakalken vad gäller mikrobiell påväxt har ett flertal studier utförts i ett mikrobiologiskt laboratorium för att fastställa kritiska nivåer för exponering av fukt, såväl i tid som RF. Studien har visat att det krävs en såväl lång exponeringstid som ett högt RF innan hampakalken löper risk för påväxt då kalken ger hampaveden visst skydd. Genom att jämföra med fuktmätningar i fallstudierna kan riskkonstruktioner identifieras och undvikas.

Hampakalk för brandskydd på reveterade trähus

Studien innebär en jämförelse mellan olika isoleringsmaterial som används vid tilläggsisolering av reveterade trähus med utgångspunkt i Visby innerstad, såväl av de vanligt använda moderna materialen mineralull och cellplast som av de biobaserade materialen linull och hampakalk. Brandförlopp och brandegenskaper har studerats vid Brandingenjörsutbildningen på LTH. Resultatet visar tydligt hur en putsad träbyggnad kan förlora det brandskydd som kalkputsen från början gav genom att använda sig av isoleringsmaterial som antingen inte skyddar tillräckligt mot brand (linull eller mineralull) eller som rent av bidrar till brand (cellplast). Här har hampakalken visat sig ha mycket goda egenskaper varpå det kan ge ett fortsatt brandskydd vid tilläggsisolering under kalkputs på reveterade trähus.

Hampakalk för god akustik

Undersökningen har fokuserat på hur ljudmiljö värderas i kulturmiljö och huruvida det går att få en förbättrad akustik med kompatibla lösningar och hållbara material utan att förändra utseendet och ytmaterialet i en känslig kulturmiljö. Syftet med undersökningen var att undersöka materialet hampakalkens akustiska absorptions- och reduktionsförmåga för att ta reda på hur valet av hampakalk påverkar akustiska egenskaper i äldre byggnader. Det fanns inget syfte att hävda hampakalk som ett material med kulturhistoriska värden utan fokus har snarare varit på kompatibilitet med traditionella material och tekniker. Materialet hampakalk presterar i akustisk mening bra om man är ute efter ett relativt absorberande material, som utanpåliggande isolering eller som putsbärare och kan med sin breda funktionalitet konkurrera med de redan etablerade materialen, särskilt genom sin kompatibilitet ihop med material i känsliga miljöer samt som god putsbärare av kalkputs.

Diskussion och slutsatser

Det finns ett stort bestånd av byggnader, företrädesvis uppförda under 1700-talet fram till 1930-talet som uppförts dels av trästomme som putsats dels av tegel. Framförallt blev båda dessa byggtekniker allt vanligare under 1800-talet då städerna började byggas med ett utökat krav om såväl brandskydd som komfort. Idag är dessa byggnader ofta i behov av underhåll, renovering eller omrenovering och i samband med detta behöver de kunna anpassas efter moderna krav på komfort och energieffektivisering samtidigt som de besitter höga kulturhistoriska värden och att de därmed skall förändras/underhållas/renoveras med stor varsamhet, med traditionella material och metoder och kompatibla lösningar. Förändringar som skall ske måste uppfylla kraven om;

- ökad komfort vad gäller värme, fukt och akustik
- ett fortsatt fungerande brandskydd
- en fungerande konstruktion med kompatibla material där stomme, isolering och yt-skikt samverkar såväl invändigt som utvändigt
- bibehålllet utseende med autentiska material och ett värnande om kulturhistoriska värden såväl enskilt för varje byggnad som sett ur en helhet i en välbevarad kultur-miljö.

Studierna som har utförts inom detta forskningsprojekt har visat att hampakalk fungerar utmärkt för att tilläggsisolera historiska trä eller tegelbyggnader:

- Beroende på skiktets tjocklek, sammansättning och placering kan energiförbättring om 33-55 % uppnås jämfört med originalutförandet med massiv kalkputs på trästomme eller tegelmurverk.
- Materialet fungerar kompatibelt med såväl stommens material som med traditionell kalkputs och kan tillredas och appliceras på samma sätt som putsen och därigenom utgöra en del av det nya putsskiktet.
- Det är lätt att applicera och arbeta med, det kan bäras av samma putsbärare som det rena kalk- eller lerbruket tidigare gjort och det kan appliceras i en anpassad tjocklek och form utifrån vad originalkonstruktionen medger.
- Tilläggsisolering av hampakalk ger en bra fuktbalans i såväl murverket som trästommen sedan byggfukten torkat ut, förutsatt att det kombineras med en för konstruktionen anpassad kalkputs.
- Som invändig putsbärare på saltskadat tegelmurverk ger hampakalken ett stabilare mikroklimat med minskade saltkristallisationscykler och ett fördröjt skadeförlopp jämfört med offerputs av kalkputs direkt på murverket.
- Hampakalk kan både synligt och som putsbärare bidra till en god ljudmiljö med sina relativt ljudabsorberande egenskaper.
- Hampakalk kan ge ett fortsatt gott brandskydd till reveterade trähus genom ett förutsägbart och långsamt brandförlopp.
- Hampakalk kan användas där kulturhistoriska värden värdesätts och skall bevaras. Det gäller framförallt byggnader som står inför renovering eller omrenovering, där ett material som är kompatibelt med traditionella stommar och traditionell kalkputs skall fortsätta utgöra värdebärande element för byggnaden.

Hampakalken har oväntat många fördelar och ytterst få nackdelar när det används som tilläggsisolering. Genom att sprida kunskap om hampakalk som material och metod för renovering och tilläggsisolering kan projektet bidra till att fler historiska byggnader energieffektiviseras med ökad komfort och lägre energiförbrukning, med ett kompatibelt ekologiskt hållbart material, samt med ett bibehållande av byggnaders kulturhistoriska värden. Något likvärdigt alternativ som uppfyller alla dessa krav tillsammans har inom denna studie inte kunnat påträffas och samtliga studier har visat att hampakalk kan användas för ett nordiskt klimat med svåra fuktförhållanden och kalla årstider.

Publikationslista

Populärvetenskapliga artiklar

- [1] Strandberg-de Bruijn, P. B., Donarelli, A., Balksten, K. (2017) *Hållbar energieffektivisering av historiska trä- och stenbyggnader med hampakalk*. Sid 26-29. Stockholm: Bygg&Teknik. Tema: Sunda Hus/Energi. ISSN: 0281-658x.

Konferensbidrag

- [2] Strandberg-de Bruijn, P. B., Balksten, K. Donarelli, A. (2017) *Sustainable insulation of historical wooden and stone buildings with lime-hemp in the Hanseatic town of Visby, a project overview*. 2nd International Conference on Bio-based Building Materials ICBBM 2017, Clermont-Ferrand, France
- [3] Johansson, P., Donarelli, A., Strandberg, P. (2018) *Performance of insulation materials for historic buildings: case studies comparing a super insulation material and hemp-lime*. The 3rd International Conference on Energy Efficiency in Historic buildings, EEHB2018, Visby Sweden

Vetenskapliga paper

Nedanstående paper är färdiga manus att sändas till internationella vetenskapliga tidskrifter:

- [4] Strandberg-de Bruijn, P. B., Balksten, K. Donarelli, A.:
Full-scale studies of improving energy performance by renovating historic timber buildings with hemp-lime
- [5] Strandberg-de Bruijn, P. B., Balksten, K.:
Moisture levels in historic timber walls insulated with hemp-lime
- [6] Strandberg-de Bruijn, P. B., Balksten, K.:
Energy and moisture in historic masonry walls retrofitted with hemp-lime
- [7] Johansson, S., Strandberg-de Bruijn P. B.:
Risk for mould growth on hemp-lime at different relative humidities
- [8] Balksten, K., Strandberg-de Bruijn P. B.:
Understanding deterioration due to salt crystallization in massive brick masonry

Ovanstående vetenskapliga paper finns summerade i den efterföljande antologin och presenterade genom ett antal artiklar med olika teman. Paper 4-6 ligger till grund för resultaten som presenteras i *"Hampakalk för tilläggsisolering"*. Paper 7 ligger till grund för resultatet presenterade i *"Hampakalkens risk vid mikrobiell påväxt"*. Paper 8 baseras på studier presenterade i *"Saltvittrande tegelmurverk"* samt *"Hampakalk mot saltvittring"*.

Antologi

[9] Balksten, K., Strandberg-de Bruijn P. B. (red) (2019):

Hampakalk – tilläggsisolering på reveterade trähus och saltskadat tegelmurverk

Nygren, S. & Balksten, K., "Reveterande bulhus i Visby", kapitel 2

Olsson, E., "Lera i svenska byggtradition", kapitel 3

Johansson, F., "Tegelmurverkens utveckling i Sverige", kapitel 4

Balksten, K., "Saltvittrande tegelmurverk", kapitel 5

Strandberg-de Bruijn, P. & Balksten, K., "Hampakalk som byggnadsmaterial", kapitel 6

Strandberg-de Bruijn, P., Balksten, K. & Donarelli, A., "Hampakalk för tilläggsisolering", kapitel 7

Balksten, K. & Strandberg-de Bruijn, P., "Hampakalk mot saltvittring", kapitel 8

Johansson, S., "Hampakalkens risk för mikrobiell påväxt", kapitel 9

Edbladh, J. & Persson, J., "Hampakalk för brandskydd på reveterade trähus", kapitel 10

Källgren, V., "Hampakalk för god akustik", kapitel 11

Examensarbeten

[10] Olsson, E., (2017):

Ler- och långhalm – En studie av lera som byggnadsmaterial i svensk äldre bebyggelse.

Kandidatuppsats i Kulturvård. Visby: Uppsala universitet

[11] Johansson, F., (2017):

Från slott till koja – en studie av det svenska murteglets historia. Kandidatuppsats i

Kulturvård. Visby: Uppsala universitet

[12] Källgren, V., (2017)

Ljudmiljö i Kulturmiljö - Hampakalks akustiska egenskaper och tillämpbarhet

i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Kandidatuppsats i Kulturvård. Visby: Uppsala universitet

[13] Edbladh, J. & Persson, J., (2018):

Hampakalk – en jämförelsestudie med avseende på brandegenskaper, Examensarbete på

Brandingenjörsutbildningen. Lund: LTH

[14] Nygren, S. (2017):

Reveterande bulhus i Visby. Magisteruppsats i Kulturvård, under färdigställande. Visby:

Uppsala universitet

Referenser, källor

Se i slutet på respektive paper, artikel och examensarbete.

Bilagor

1. Administrativ bilaga – "Hållbar energieffektivisering av historiska trä- och stenbyggnader med hampakalk"
2. Administrativ bilaga – "Att förebygga saltutfällning genom hampakalkputs i äldre tegelbyggnader"
3. Konferensbidrag – "Sustainable insulation of historical wooden and stone buildings with lime-hemp in the Hanseatic town of Visby, a project overview"
4. Konferensbidrag – "Performance of insulation materials for historic buildings: case studies comparing a super insulation material and hemp-lime"
5. Vetenskapligt paper – "Full-scale studies of improving energy performance by renovating historic Swedish timber buildings with hemp-lime" (*manus to be submitted* – EJ SPRIDNING)
6. Vetenskapligt paper – "Moisture levels in historic timber walls insulated with hemp-lime" (*manus to be submitted* – EJ SPRIDNING)
7. Vetenskapligt paper – "Energy and moisture in historic masonry walls retrofitted with hemp-lime" (*manus to be submitted* – EJ SPRIDNING)
8. Vetenskapligt paper – "Risk for mould growth on hemp-lime at different relative humidities" (*manus to be submitted* – EJ SPRIDNING)
9. Vetenskapligt paper – "Understanding deterioration due to salt crystallization in massive brick masonry" (*manus to be submitted* – EJ SPRIDNING)
10. Antologi på svenska – "Hampakalk – tilläggsisolering på reveterade trähus och saltskadat tegelmurverk"
11. Examensarbete – "Ler- och långhalm – En studie av lera som byggnadsmaterial i svensk äldre bebyggelse"
12. Examensarbete – "Från slott till koja: En studie av det svenska murteglets historia"
13. Examensarbete – "Ljudmiljö i Kulturmiljö - Hampakalks akustiska egenskaper och tillämpbarhet"
14. Examensarbete – "Hampakalk – en jämförelsestudie med avseende på brandegenskaper"
15. Examensarbete – "Reveterade hus i Visby" (preliminär version, under färdigställande – EJ SPRIDNING)