

En undersökning av obränd lera som byggnadsmaterial i den svenska byggsektorn

Emma Gemrud & Josefine Lojander | Byggnadsmaterial |
LTH | Lunds universitet



En undersökning av obränd lera som byggnadsmaterial i den svenska byggsektorn

Emma Gemrud och Josefine Lojander



LUND
UNIVERSITY

Bachelor Thesis, Report 5136, Division of Building Materials, Faculty of Engineering,
Lund University, Lund, 2024
Examensarbete, Rapport 5136, Avdelningen Byggnadsmaterial, Lunds tekniska
högskola, Lunds universitet, Lund, 2024

En undersökning av obränd lera som byggnadsmaterial i den svenska byggsektorn
A survey of unfired clay as a building material in the Swedish construction sector

Emma Gemrud & Josefine Lojander

Report 5136
ISRN LUTVDG/TVBM-24/5136-SE

Antal sidor/Number of pages: 97

Illustrationer/Illustrations: 28

Sökord

Obränd lera, lera, Boverket, SIS, byggnadsmaterial, regelverk, standarder, lerbyggnadstekniker.

Keywords

Unfired clay, clay, Boverket, SIS, building materials, regulations, standards, earth building techniques.

© Copyright: Division of Building Materials, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2024

Avdelningen Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2024.

Byggnadsmaterial
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

www.byggnadsmaterial.lth.se

Division of Building Materials
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden
www.byggnadsmaterial.lth.se/english

Sammanfattning

Obränd lera är ett mycket gammalt byggnadsmaterial som använts i flera hundra år, faktum är att en tredjedel av världens befolkning bor i ett lerhus idag. Lera som byggnadsmaterial föll i glömska under den industriella revolutionen i Sverige, vilket medförde att utvecklade standarder och regelverk inte existerar för materialet idag. Saknaden av standarder och regelverk kan medföra problem i bygglovsprocessen och utgör inte en stabil grund för företag att förlita sig på vid projekteringen.

Den svenska byggsektorn letar idag efter nya byggnadsmaterial med låg klimatpåverkan. Lera har en låg klimatpåverkan vilket kan anses fördelaktigt för att hjälpa industrin uppnå klimatmålen. Det finns en rad olika byggtekniker som kan tillämpas på många olika sätt. Leran kan användas som exempelvis bärande konstruktioner, lerputs och mellanväggar.

Studien innehåller en omfattande teoretisk del där bland annat Boverkets byggregler granskas för att analyseras vilka föreskrifterna appliceras på byggnadsmaterial, men även vilken roll standarder spelar vid implementering av nya byggnadsmaterial. Teorin fördjupar sig i lerans egenskaper, byggteknikerna samt svenska pilotprojekt. Arbetet genomförde en intervjustudie för att fylla kunskapsluckor genom att ta del av intervjupersonernas privata och yrkesmässiga erfarenheter.

Kan obränd lera bli ett alternativt byggnadsmaterial i den svenska byggsektorn med hjälp av införandet av regelverk och standarder? Ja, obränd lera har potentialen att bli ett aktuellt byggnadsmaterial i Sverige och standarder kan ha ett stort inflytande för användningen av byggnadsmaterialet.

Abstract

Unfired clay is an ancient building material that has been used for centuries, as a result a third of the human population lives in earth houses today. Earth as a building material was neglected during the industrial revolution in Sweden, which means that well developed standards and regulations for earthen material do not exist today. The lack of standards and regulations can cause problems and further delays during the building permit process and does not constitute a stable basis for companies to rely on when designing houses.

The Swedish construction sector is currently looking for new building materials with low carbon footprint. Unfired clay has a low climate impact, which can be considered beneficial in helping the building industry achieve today's climate goals. There are numerous building techniques that can be used in many various ways. Unfired clay can be used as a load-bearing structure, clay plaster and partition walls.

This study contains extensive theoretical research where Boverket's building regulations are reviewed to analyze which regulations are applied to building materials, but also what role standards play in the implementation of new building materials. The study further examines the properties of clay, construction techniques, and some Swedish pilot projects. Due to lack of extensive research, an interview study was used to obtain the interviewee's personal and professional experiences of building with earth.

Can unfired clay become an alternative material in the Swedish building sector with the help of implementation standards and regulations? Yes, unfired clay has the potential to become a building material in Sweden and standards can have a significant influence on the use of the building material.

Förord

Detta examensarbete är den slutliga examinationen på programmet byggteknik med inriktning arkitektur på Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet består av 22,5 högskolepoäng och är skrivet under våren 2024 på avdelningen Byggnadsmaterial på Lunds tekniska högskola. Arbetet har bidragit med information och insikter som förhoppningsvis kan vara till nytta för både akademiker och den svenska byggbranschen.

Det finns ett flertal personer vi vill tacka som har varit till stor hjälp under detta arbete. Vi vill starta med att tacka vår handledare Paulien Strandberg-de Bruijn, vår biträdande handledare Marwa Dabaieh och vår examinator Magnus Åhs för värdefull vägledning under arbetets gång. Vi vill också rikta ett stort tack till alla personer som ställt upp på intervjuer, utan er hade inte arbetet varit möjligt. Ett stort tack till de personer som på ett eller annat sätt har bidragit med sin kunskap och erfarenhet till arbetet.

Lund, Maj 2024

Emma Gemrud och Josefine Lojander

Innehållsförteckning

1 Begreppsdefinitioner.....	1
2 Inledning	3
2.1 Bakgrund	3
2.2 Syfte och målsättning.....	5
2.3 Problemformulering.....	5
2.4 Frågeställningar	6
2.5 Avgränsningar	6
3 Metod	7
3.1 Litteraturstudie.....	7
3.2 Kvalitativ intervjustudie	7
3.3 Valda metoders validitet och reliabilitet	8
4 Teori.....	9
4.1 Historia	9
4.2 Lerans beståndsdelar.....	11
4.3 Lerbyggnadstekniker	12
4.3.1 Adobemetoden.....	12
4.3.2 Stampad lera – Pisé de Terre	13
4.3.3 Lerputs	14
4.3.4 Mackelering	15
4.3.5 Lerskivor	17
4.4 Lera som byggnadsmaterial – egenskaper och förutsättningar	17
4.4.1 Värmeegenskaper.....	18
4.4.2 Värmelagringsförmåga	21
4.4.3 Tryckhållfasthet	22
4.5 Lerans förutsättningar som byggnadsmaterial	23
4.5.1 Fukt.....	23
4.5.2 Brandbeständighet.....	24
4.5.3 Akustik	24
4.5.4 Krympning	25
4.5.5 Väderbeständighet.....	26
4.5.6 U-värde.....	26
4.6 Beständighet och underhåll av lerkonstruktioner	28
4.6.1 Puts	28
4.6.2 Mackelering	28
4.6.3 Adobe.....	29
4.6.4 Stampad lera.....	29
4.7 Lerans acceptans som byggnadsmaterial	29
4.8 Exempel på lerbyggen i Sverige	30
4.8.1 Steninge kyrkby	30
4.8.2 Glimmebodagården	32

4.8.3 Sanitetshuset på kulturgården Bråtadal- Björkekullen	33
4.8.4 Växthusköket på Gotland	34
4.8.5 Förskolan Hoppet i Göteborg.....	35
4.8.6 Bävernäs och Kegels lerhus i Alingsås.....	36
4.9 Lerans klimatavtryck	37
4.9.1 Klimatmål	37
4.9.2 Lerans klimatpåverkan.....	38
4.10 Ekonomi.....	41
4.11 Standardiseringsprocessen	43
4.12 Standardernas utveckling.....	44
4.12.1 Internationellt	44
4.12.2 Sverige.....	45
4.13 Lagkrav gällande byggnader	46
4.13.1 Boverket	47
4.13.1.1 Möjligheternas byggregler.....	47
4.13.2 Byggnadsnämnden	48
4.13.3 Bygglovsprocessen.....	49
4.14 Boverket krav på byggnader.....	49
4.14.1 Energiprestanda och energideklaration.....	50
4.14.2 Klimatdeklaration.....	53
4.14.3 Fukt.....	53
4.14.4 Konstruktion.....	54
4.14.5 Brandbeständighet.....	56
4.14.6 Ljudkrav	56
5 Resultat av intervjustudie	58
5.1 Utmaningar med obränd lera som byggnadsmaterial i Sverige	59
5.2 Positiva aspekter med obränd lera som byggnadsmaterial.....	61
5.3 Anledningen till att Sverige inte kommit lika långt i standardiseringsprocessen av lera	63
5.4 Standarder och regelverkens roll i företagens materialval	64
5.5 Aktuell lerbyggnadsteknik i Sverige	65
5.6 Bygglovsansökan hos myndigheten	65
5.7 Anledningen till att svenska pilotprojekt inte vidareutvecklats	67
5.8 Vad som krävs för att Sverige ska bygga mer storskaligt	68
5.9 Regelverk och standarders bidrag till projekt	68
5.10 Utmaningar med införandet av regelverk och standarder	69
6 Analys.....	70
7 Slutsats.....	73
7.1 Standarder och regelverk.....	73
7.2 Lerans potential.....	74
7.3 Anledningen till att lera inte används i större utsträckning	74

8 Vidareutveckling och möjligheter	75
Referenser	77
Bilagor.....	92
Bilaga 1 - Referenslista figurer:	92
Bilaga 2 - Referenslista tabeller	95
Bilaga 3 - Intervjufrågor	96

1 Begreppsdefinitioner

Agronom - Examen inom lantbruksvetenskap.

Erosion - Vind, vågor samt rinnande vatten orsakar en nednötning och transport av jord och berg.

Jordarter – ett begrepp som används för att förklara jordens innehåll av sönderdelat berg, exempelvis lera och morän.

Konventionella material – Material som dominerar i byggbranschen idag och som har etablerats som standardval under lång tid.

Metylcellulosa – används som ett bindemedel och förbättrar arbetsbarheten samt vattenhållningsförmågan.

Perlit - Vulkansten som expanderar kraftigt under uppvärmning.

Specifik värmekapacitet [J/(kg·K)] – Ett mått på den värmemängd som krävs för att höja temperaturen 1°C/K hos 1 kg av ett material.

Termisk komfortzon – Det temperaturområde som upplevs behagligt för människan.

Troglodythus – En typ av bostad som är byggd i eller utnyttjar naturliga grottor eller bergsutrymmen.

Tunga byggnader – Byggnader som kan lagra mycket värmeenergi.

Volymetrisk värmekapacitet [J/(m³·K)] – Värmekapacitet per volymenhet.

Värmeledningsförmåga/Värmekonduktivitet [W/(m·K)] – Den värmemängd som per sekund passerar genom en m² av ett material med en meters tjocklek då temperaturdifferensen är en grad.

Årlig värmelast [kWh] - Den totala mängden värmeenergi som behövs för att värma upp en byggnad under ett års tid.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Jordarterna i Sverige började ta sin form för 115 000 år sedan vilket betyder att de formades både under och efter den senaste istiden (Naturskyddsföreningen 2021). När isen smälte utsattes bergarterna för en stor tyngd vilket ledde till att stenar i olika storlekar bildades. Stenarna kallas för markpartiklar och är idag det som våra jordar är uppbyggda av. När benämningen på en jordart sker är det partikelstorlekarna som är avgörande, detta med anledning av att egenskaperna varierar beroende på partikelstorlek. De vanligaste jordarterna i Sverige är ler/lera, silt, sand och morän (ibid 2021). Jorden är oftast uppbyggd av olika lager som illustreras i figur 1. Översta lagret är matjord och har en ökad benägenhet till krympning och är därav inte lämplig att använda som byggnadsmaterial. Lagret som heter undermark/alv i figur 1 är det lager som lämpar sig bäst som byggnadsmaterial (Morel et al. 2021).

Lera är en finkornig jordart som består av ler och silt. Benämningen lera bygger på att minst 15% av vikten i jordarten består av ler, vilket också präglar jordartens egenskaper (Svensson 2012).



Figur 1: Illustrerar olika jordlager. Översatt till svenska (Brgfx u.å)

För att skilja på byggnadsmaterial som är gjorda av bränd lera som exempelvis tegel, används termen obränd lera vilket innebär att leran är i sin naturliga form. Leran har således inte genomgått någon omfattande bearbetning eller upphettning därav termen *obränd lera* (Bennewitz 2023). Obränd lera besitter flera egenskaper såsom dess förmåga att reglera luftfuktigheten inomhus när det används som ytskikt eller i en konstruktion. Andra egenskaper hos leran är dess brandbeständighet, värmeledningsförmåga samt att lera är ett cirkulärt material (Minke 2006).

Användningen av lera som byggnadsmaterial inom byggbranschen är inget nytt utan har använts sedan urminnes tider (Minke 2006). Som en följd av den industriella revolutionen skedde en stor omställning i byggbranschen (Volhard 2016). Målet med omställningen var utveckla ny produktionsteknik och nya innovativa materiallösningar för att spara tid och

resurser (Boverket 2023c). Fokus låg på storskaliga projekt som ställde andra krav på de material som användes. Som ett resultat av flera samtida faktorer fasades lerbyggtekniken ut mer och mer (Volhard 2016). Byggbranschen frångick då mer energisnåla byggnadsmaterial och använde sig alltmer av material som är mer energikrävande i tillverkningsprocessen. Energiträvande material som i de flesta fall genererar högre halter av koldioxidutsläpp som har en negativ klimatpåverkan (Strand Nyhlin 2022). Under 1900-talet uppstod ett stort behov av nya bostäder och staten behövde därmed organisera upp tätorterna. Lösningen på bostadsbehovet resulterade i att många av de äldre stadsdelarna revs utan hänsyn till kulturmiljö eller cirkuläritet. De nya materiallösningarna och produktionsteknikerna blev en del av en utveckling som varken visade sig vara hållbar eller långsiktig. Stora protester startades som en motreaktion vilket ledde till att lagarna reviderades och skärptes (Boverket 2023c). Planeringen och genomförandet av ett byggprojekt i Sverige är idag betydligt mer komplext än för några decennier sedan då regelverken i byggbranschen inte var fullt utvecklade (Schroeder 2018). Allt material som används till ett byggprojekt och dess konstruktion ska följa de befintliga byggnadsstandarder och föreskrifter som gäller. Materialen måste även vara reproducerbara med identisk sammansättning (Schroeder 2018).

En stor del av världens befolkning, närmare bestämt en tredjedel bor i ett lerhus idag (Minke 2006). Majoriteten av dem är bosatta i utvecklingsländer där lera är ett av deras främsta byggnadsmaterial. Många länder runt om i världen undersöker samt testar materialets olika egenskaper och bygger därför mycket med lera idag (ibid 2006).

Byggindustrin behöver ta sitt ansvar för att bidra till att Sverige når klimatmålet för 2045 genom att sänka utsläppen av växthusgaserna ytterligare. Vilket kan göras genom att exempelvis hitta kompletterande styrmedel som leder till att industrin hittar en teknik som möjliggör nollutsläpp. Målet är att Sveriges utsläpp av växthusgaser till atmosfären ska vara noll (Sveriges miljömål 2023b). Det är en av anledningarna varför författarna bakom detta examensarbete vill belysa vikten av att fler material med låg klimatpåverkan behöver implementeras.

I doktorsavhandlingen "Gjort av jord" av Eva-Rut Lindberg belyser författaren lera som byggnadsmaterial och dess historia i Sverige (Lindberg 2002). I E-tidningen Byggindustrin skriver E. Bennowitz att obränd lera varit mer anpassad för kulturvården samt självbyggare men har inte haft en betydande roll för byggbranschen (Bennowitz 2023). I boken *Billiga*

bostäder av pressad jord: (pisé de terre) av Karl J. Ellington (1920) skriver författaren följande ”Att pisé-metoden har framtid för sig även här i vårt land har jag all anledning att redan anse för avgjort”. Lera är ett nygammalt material där intresset har växt på senare år på grund av sökandet efter klimatsmartare byggnadsmaterial.

I Sverige saknas det fortfarande utvecklade standarder och regelverk för materialet, vilket är en av anledningarna till att skribenterna vill belysa ämnet. Förhoppningsvis kan arbetet bidra med en inblick i om standarder och regelverk kan vara avgörande för byggsektorns implementering av nya material.

2.2 Syfte och målsättning

Syftet med studien var att undersöka obränd lera som ett alternativt material till de konventionella byggnadsmaterialen i Sverige. Arbetet beskriver möjligheter och hinder för användning av obränd lera som byggnadsmaterial i Sverige. En översiktlig analys har genomförts av standarder och regelverkens utveckling internationellt, framför allt fokuserat på Tyskland som idag bygger storskaligt med obränd lera. Arbetet undersöker vilka byggtekniker som kan bli relevanta att använda idag i den svenska byggbranschen. En analys har också utförts för att ta reda på vilka regler och standarder som appliceras för obränd lera i Sverige idag. Målet var att fastställa obränd leras potential som ett alternativt byggnadsmaterial gentemot de konventionella byggnadsmaterialen och vilket inflytande standarder och regelverk har på användningen av materialet.

2.3 Problemformulering

Ett lerhus räknas idag som en ovanlig konstruktion vilket ofta leder till problematik vid bygglovsansökan. Det saknas standarder och regelverk som gäller för de svenska förhållanden som hade kunnat underlätta beslutsfattandet för tjänstemännen. Därmed finns risken att bygglovsärenden behandlas på olika sätt i olika delar av Sverige (Lindberg 2002).

Byggbranschen står idag för 21% av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser (Boverket 2023m). För att uppnå Sveriges miljömål för år 2045 ska Sverige ha noll nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären (Sveriges miljömål 2023b), detta innebär att byggsektorn

drastiskt behöver ställa om. Här kan obränd lera som byggnadsmaterial vara ett alternativ för att uppnå klimatmålen.

I byggnadsmaterialsammanhang har obränd lera i många länder idag generellt låg acceptans och har inte samma status som de sedvanliga byggnadsmaterialen (Adam & Agib 2001). Som ett resultat av detta har dessa länder inte utvecklat standarder och regelverk för materialet fullt ut.

2.4 Frågeställningar

I studien har följande frågeställningar undersökts:

- Hur betydande är standarder och regelverk för byggbranschens användning av obränd lera som byggnadsmaterial?
- Vilken potential har obränd lera till att bli ett byggnadsmaterial i den svenska byggbranschen?
- Varför används inte obränd lera i större utsträckning i Sverige idag?
- Vilka krav ställer Boverket på byggnader idag och hur väl uppfyller obränd lera dessa krav?

2.5 Avgränsningar

Studien fokuserar på föreskrifter och allmänna råd som står i Boverkets byggregler (BBR). Arbetet fokuserar inte på plan- och bygglagen eller plan- och byggförordningen, men en översikt av lagstiftningens utformning ges. Arbetet tar enbart upp föreskrifter gällande konstruktion, fuktsäkerhet, akustik, brandbeständighet och energideklaration. Studien går inte in på övriga föreskrifter som finns i BBR. Arbetet avsägar sig en djupare analys av olika sammansättningar av obränd lera och hur de påverkar byggtekniska egenskaperna. Studien tar inte upp alla befintliga lertekniker utan har begränsats till de tekniker som är eller har varit aktuella i Sverige. Arbetet ger en övergripande inblick i ekonomiska- samt miljöaspekter men avsägar sig egna beräkningar av kostnader och klimatavtryck.

3 Metod

3.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie har utförts där tidigare forskning har sammanställts och analyserats. Informationen baserades på vetenskapliga artiklar, relevanta publikationer och andra trovärdiga källor som framför allt hittades i databaser och bibliotek. Detta gjordes för att ge läsaren en djupare förståelse av ämnet, men samtidigt ge en inblick i hur långt forskningen kommit. Sökmotorer som "Google Scholar" och "LUBsearch" har använts för att hitta artiklar där sökord som bland annat *unfired clay*, *building with earth*, *obränd lera*, *earth construction*, *adobe*, *rammed earth* och *clay plaster* har använts. Genom noggrant analyserade källor inför och under arbetet säkerställdes det att den teoretiska bakgrunden som ligger till grund för arbetet har baserats på trovärdiga källor. För att ge en inblick i hur lagkraven spelar roll i dagens praxis har en överblick på plan- och bygglagen (PBL) och plan- och byggförordningen (PBF) uppförts och Boverkets byggregler (BBR) har analyserats. Arbetet ger en beskrivning på hur Svenska Institutet för Standarder (SIS) bedriver sin verksamhet samt vad standarder bidrar med i den svenska byggsektorn.

3.2 Kvalitativ intervjustudie

En semistrukturerad intervjustudie har genomförts parallellt med litteraturstudien. En semistrukturerad intervju innebär att intervjuaren ställer en rad allmänt formulerade frågor där möjligheten för följdfrågor finns för intervjuaren (Byrman 2018). Intervjuaren har ställt öppna frågor vilket innebär att respondenten svarade med egna ord, och intervjuaren har formulerat frågorna på ett sätt så att de inte ska upplevas som ledande (Byrman 2018). Intervjuerna genomfördes för att få en djupare förståelse kring deltagarnas tankar och upplevelser relaterade till ämnet. Arbetet har utforskat anledningen till att det inte finns välutvecklade regelverk och standarder i branschen idag. Genom intervjuer fylldes en informationslucka som inte är möjlig genom kvantitativ metod. Undersökningen skapade möjligheten att identifiera utmaningar och problem som förekommit innan och under byggprocessen, samt om utvecklade regelverk och standarder skulle underlättat processen.

Sex olika intervjuer har genomförts där respondenterna är anonyma för läsaren. Respondenterna har olika utbildningar samt olika bakgrunder till obränd lera som

byggnadsmaterial. En sammanställning av respondenternas utbildnings och bakgrund redovisas i Tabell 1.

Tabell 1: Intervjupersonernas utbildning och kunskap inom ämnet.

Intervjuperson 1	Utbildad hållbarhetsspecialist och är en av personerna som jobbar med framtagande av standarder för obränd lera.
Intervjuperson 2	Utbildad inredningsarkitekt och har en bakgrund inom byggnadsvård. Har även byggt med biobaserat material i egen regi.
Intervjuperson 3	Utbildad civilingenjör inom samhällsbyggnad. Driver idag ett projekt på ett stort företag i Sverige där respondenten är projektledare. Fokuset för projektet är att utvärdera obränd lera som stommaterial.
Intervjuperson 4	Utbildad civilingenjör inom samhällsbyggnad. Utbildat sig till lerbyggare i Tyskland och driver nu ett eget företag.
Intervjuperson 5	Utbildad arkitekt och har byggt med lera i egen regi.
Intervjuperson 6	Utbildad agronom. Har i egen regi uppfört småhus med stampad lera som stomme men även utfört renoveringar med lera.

3.3 Valda metoders validitet och reliabilitet

Reliabilitet och validitet är främst användbara för kvantitativa metoder, termerna för kvalitativa studier kan uttryckas på olika sätt när det gäller reliabilitet och validitet (Trost 2010). Reliabiliteten för en kvantitativ studie blir noggrannare eftersom antal och siffror är exakta nummer i jämförelse med intervjuer. Den kvalitativa studien skall oavsett genomföras på ett sådant sätt att intervjuerna eller annan data är trovärdig, betydelsefull och passande.

Information som har framkommit under intervjustudien stämmer överens med den information som litteraturstudien tagit fram, vilket stärker arbetets validitet och tillförlitlighet. Intervjufrågorna formulerades för att ge respondenten möjligheten att svara fritt utifrån personliga egenskaper samt yrkeskompetens. Patel & Davidsson (2019) skriver att om en fråga ställs till en och samma individ flertalet gånger och utfallet inte blir samma behöver inte det innebära låg reliabilitet vid en kvalitativ studie, eftersom människan utvecklas och kan erhållit ny kunskap inom ämnet. Det är därav omöjligt att intervjustudien genererar samma utfall om studien upprepas. Arbetets teoristudie i sammanställning med respondenternas upplevelse och yrkeskompetens har bidragit till god reliabilitet i arbetet.

4 Teori

4.1 Historia

I följande kapitel behandlas lerans förekomst och betydelse genom historien fram till idag. Lerbyggandets användande i Sverige och internationellt tas upp samt orsakerna till att lerbyggnadsteknikerna fasades ut och nästintill glömdes bort.

Lerbyggnadstekniken är en mycket gammal teknik som användes för redan 9000 år sedan för att bygga bostadshus men även religiösa byggnader. Ett känt byggnadsverk är den kinesiska muren men det som är okänt för många är att en stor del av muren är uppbyggd av stampad lera (Minke 2006). Utöver stampade lerväggar är muren uppför med trä och tegel. Muren byggdes på och blev längre och längre med syftet att hålla de nordliga inkräktarna borta. Muren är ca 21 kilometer lång (Bakshi & Purkayestha 2024). Under senare år har muren täckts med sten och tegel för att ge intrycket av en stenmur (Minke 2006).



Figur 2: Den kinesiska muren uppförd med stampad lera (Anysz & Narloch 2019).

I boken *Underrättelse för Allmogen att bygga hus af Lerbruk* från 1817 (Em. Bruzelius, 1817) skriver författaren att det råder stor brist på timmer och det virke som finns att tillgå var i stort sett oanvändbart. Användningen av timmer skulle resultera i att husen redan vid uppförandet var i dåligt skick. Av ovanstående anledning inklusive strävan att möjliggöra husbyggande för

alla samhällsklasser föreslogs att husen nu skulle byggas med lera som redan då var en beprövad metod enligt författaren. Lerhusen var billigare, liknade stenhus och var lika varma och varaktiga som befintliga hus (Em. Bruzelius, 1817). Tillgången till trävirke var begränsad vilket resulterade i att andra material behövde identifieras till byggandet (Eklom 1986). Användningen av lera var något som upptäcktes tidigt, länder i Europa såsom Frankrike, Danmark och Norge började använda lera som byggnadsmaterial redan i början av 1800-talet. I Danmark gjordes det översättningar från franska böcker redan år 1796 där konsten att bygga hus av stampad lera beskrevs. De främsta anledningarna varför valet gick från trävirke till lera var på grund av tillgången till trävirke blev sämre samt att kostnaderna blev lägre jämfört med trävirke. Metoden användes under hela 1800-talet runt om i Europa. I Norge byggdes hela kvarter med lerhus i slutet av 1800-talet, detta skedde i industriella områden men även i finansiella områden. Detta tyder på att användningen av lera var utbredd i samhället i de olika samhällsklasserna (ibid 1986).

Innan industrialiseringen kom till Sverige i början av 1900-talet var cirkulärt byggande en del av vardagen eftersom transport av material var energikrävande och kostsamt (Boverket 2023k). Husens utformning präglades av geografiska förutsättningar då bostadens placering bestämde vilket byggnadsmaterial som användes. Lokalproducerad lera till tegeltillverkningen eller timmer från närliggande skogsbruk var två av alternativen. Vid brist på material återanvändes det. Detta förändrades på mitten av 1900-talet när järnvägen introducerades vilket öppnade upp möjligheten för transport av byggnadsmaterial (ibid 2023b). I början av 1900-talet skrev ingenjören Karl Ellington en bok om stampad lera, Ellington reste runt i Europa för att samla kunskap kring användningen av leran (Eklom 1986). I Sverige började lera som material användas mer frekvent i början av 1900-talet och framåt, men det går även att identifiera lerhus i Sverige ända tillbaka till början 1800-talet. Det byggdes allt från stora villor till lägenheter av varierande storlek, lera som byggnadsmaterial var både ljudisolerat samt brandsäkert vilket var positiva faktorer (ibid 1986).

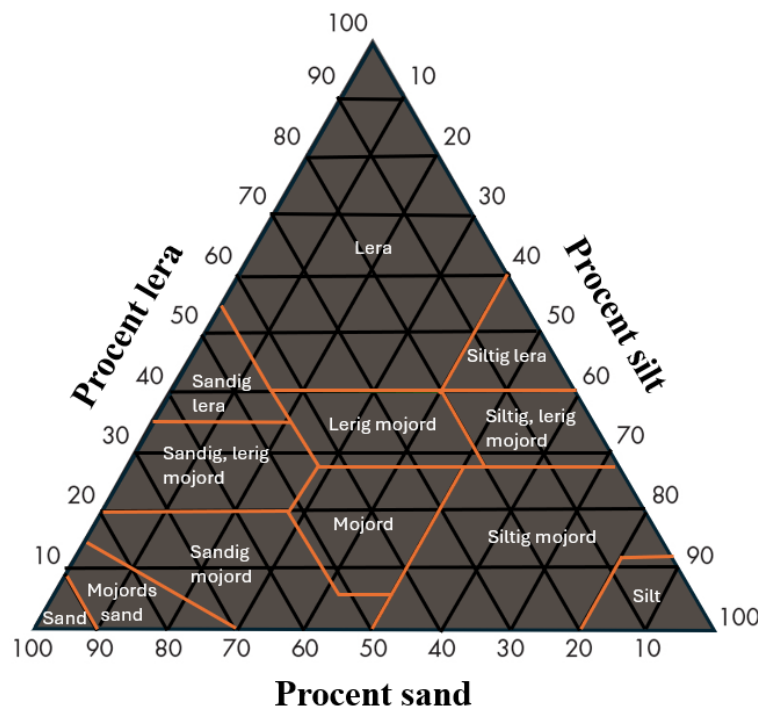
I mitten av 1950-talet uppmärksammades nya byggnadsmässiga tillvägagångssätt som krävde längre spännvidder och kapacitet för flervåningshus (Volhard 2016). Samtidigt rådde det brist på virke och flera städer brandhärjades vilket ledde till att tegel och sten blev allt mer populärt. Leran ansågs som ett svagare material trots flertalet identifierade positiva aspekter, med lerbyggen kunde metoden inte längre leva upp till de krav som byggbranschen ställde. Banker och försäkringsbolag ville inte längre stötta lerbyggen i samma utsträckning som de

nya industrialiserade byggteknikerna. Nya storskaliga byggprojekt skulle uppföras vilket krävde nya industrialiserade metoder. I takt med industrialiseringen av byggbranschen föll lerbyggandet i glömska och förblev en hantverksteknik (Volhard 2016). Dagens konventionella byggnadsmaterial blev alltmer efterfrågade och började användas i en betydande utsträckning då massproduktion av bostäder krävdes på grund av att fler flyttade till storstäderna (Lindberg 2002).

4.2 Lerans beståndsdelar

I detta avsnitt behandlas lerans olika beståndsdelar och hur det kan påverka lera som byggnadsmaterial.

Lera består av ler, sand och silt och uppstår som ett resultat av berg som eroderar under marken (Minke 2006). Ler är bindemedlet i sammansättningen och har samma funktion som cement i betong. Beroende på vilket fyllnadsämne som är dominant för den aktuella lerblandningen benämns den på olika sätt. Benämningarna är lerig, sandig och siltig lera (Minke 2006). Figur 3 ger en övergripande bild över hur olika lerblandningar klassificeras.



Figur 3: Illustration över klassificeringar av olika sammansättningar av lera, silt och sand, översatt till svenska (Hambidge 2022).

Sammanställningen av lerblandningen är avgörande för materialets byggtekniska förutsättningar (Burström 2021). Utöver klassificeringarna lerig, sandig och siltig delas lera upp i två huvudgrupper, mager och fet lera. En lera som klassas som fet har ett överskott av fina kornfraktioner. Feta leror har mycket bra plastiska egenskaper vilket gör de lättare att forma. Även om den feta lera är enklast att forma har den samtidigt större krympning vid torkning. En stor krympning kan orsaka sprickor och ger generellt sämre måttnoggrannhet (ibid 2021). Därmed kan det bli svårt att förutse konstruktionens slutgiltiga mått.

4.3 Lerbyggnadstekniker

Aktuellt kapitel kommer behandla lerbyggnadstekniker som har använts i Sverige. De lerbyggnadstekniker som anses aktuella är adobe, stampad lera, lerputs, mackelering och lerskivor. Avgränsningen baseras på mängden uppförda projekt i Sverige, men även tekniker som inom snar framtid kan komma att vara aktuella utifrån intervjustudiens resultat.

Byggnadsmaterialet obränd lera finns i en rad olika sammansättningar och kan bearbetas på olika vis. Lera har därför fått olika benämningar beroende på vilken form den givits (Minke 2006). I Sverige finns idag inga standarder för obränd lera som byggnadsmaterial (Kalodimos 2023). Lerjorden har olika sammansättning beroende på var den grävs upp och därför kan det vara svårt att veta vilka tillsatser som kan behöva appliceras för att få rätt sammansättning till planerat ändamål (Minke 2006).

4.3.1 Adobemetoden

Adobe [Figur 4] är även känt som soltorkat tegel eller lertegel. Tekniken går ut på att ett bruk av ler, sand och vatten pressas samman till önskvärd storlek i en form (Ekblom 1986). För att stabilisera bruket tillsätts korta halmstrån eller sågspån som fungerar som organisk armering (Clayexpert 2024). I många länder utförs härdningsprocessen naturligt i solen under bar himmel. Det är viktigt att skydda lerteglet mot regn, markfukt och yttre mekanisk påverkan under torkningsprocessen (Ekblom 1986). I Sverige var det vanligare att torka lerteglet i välventilerade torkklador där de skyddades från väderpåverkan (Wassberg 2010). Lerstenarna torkas i 3–4 dagar och ställs därefter på högkant på långsidan, för att torkas ytterligare 10 - 14 dagar. När lerstenen är torr skrapas den ren från restprodukt på ytan, hörn och kanter (Cornerstones Community Partnerships 2006).



Figur 4: Soltorkat tegel gjort av lera och palmkärnor (Hive Earth Studio 2024).

4.3.2 Stampad lera – Pisé de Terre

Stampad lera är även känt som Pisé de Terre (Cornerstones Community Partnerships 2006).

Tekniken går ut på att en tillfällig formsättning fylls med en lerblandning som sedan komprimeras lager för lager med en tjocklek på ungefär 15cm (Harje & Wernersson 2022).

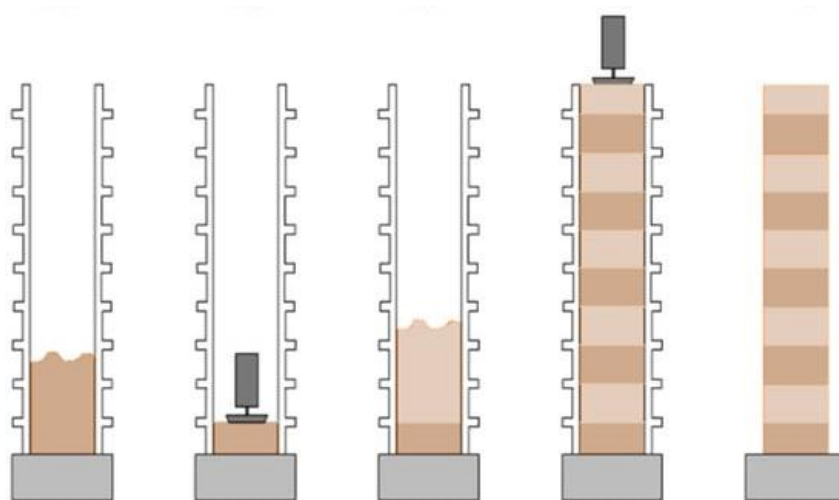
Som en effekt av presstekniken med lager på lager kännetecknas en stampad lervägg [5a] ofta av ett mönster av horisontella ränder. Genom att använda lera i olika kulörer kan de stampade väggarna få unika och varierade uttryck [Figur 5b] (Vyncke, Kuper & Denies 2018).



Figur 5a: Ett hus uppfört med stampade lerväggar (Hive Earth Studio 2018).

Figur 5b: Lera i olika kulörer skapar färgglada mönster av horisontella ränder (Hive Earth Studio 2022).

Presstekniken [Figur 6] kan utföras på två olika sätt, mekaniskt och manuellt. Förr i tiden utfördes presstekniken manuellt med tunga trästampar som sedan moderniserades till stampar av stål (Easton & Easton 2012). Under 1900-talet utvecklades tekniken ytterligare och användning av elektriska kolvar och tryckluftspressar infördes (Vyncke, Kuper & Denies 2018). Idag används pneumatiskt drivna lerpressar som ger ett snabbt och effektivt resultat. Trots den moderna tekniken finns det fall då de automatiserade pressarna inte kommer åt överallt och den traditionella handpressen får ta över (Easton & Easton 2012).



Figur 6: Illustration som beskriver hur stampetekniken går till (Anysz & Narloch 2019).

4.3.3 Lerputs

Obränd lera finns även i form av puts [Figur 7]. Lerputsen består av en sammansättning av 5–12% lera och resten sand och silt (Minke 2006). För att uppnå optimala vidhäftnings- och bindningsegenskaper hos en lerputs krävs det ofta några försök innan en bra sammansättning uppnås. För att kontrollera att leran har uppnått rätt konsistens görs ett test som innebär att leran ska fastna på en murslev som hålls vertikalt, men den ska ändå lätt kunna snärtas bort. Det är inte bara proportionerna i blandningen som spelar in utan det finns andra faktorer som påverkar utfallet av putsen. Dessa faktorer är kornstorleksfördelning, lerarten, tillsatser, andelen vatten samt hur beredningen av materialet går till. Lerputsen fäster bra på ytor av lera men även på tegel, betong och sten om ytan är tillräckligt grov (ibid 2006). Applicering av lerputs kan göras för hand men kan även sprayas med en putsspruta med fördelen att den inte innehåller några farliga ämnen (WAGNER 2024).

Lerputs kan användas till både utomhus- och inomhusbruk (Minke 2006). Sammansättningen av lerputsen varierar beroende på användningsområde. Lerputs för utvändigt bruk behöver antingen tåla väderpåverkan eller behandlas med ett vädertåligt ytskikt. Användning av lerputs i ett kallt klimat är i allmänhet inte att rekommendera om byggnaden inte utförs med lämpligt takutsprång, tillräcklig sockelhöjd och väderbeständigt ytskikt. Lerputs för inomhusbruk är mindre utsatt och behöver inte skyddas i samma grad (Minke 2006). Däremot behöver andra faktorer tas i beaktning när det gäller den invändiga putsen så som termisk och akustisk komfort (Morel, Bui & Hamard 2012). Lerputsen har även förmågan att reglera inomhusklimatet genom att absorbera luftburen fukt i rummet för att sedan avge fukt när inomhusklimatet blir torrare (Schroeder 2012).



Figur 7: Villa Saltsjöbaden i Stockholm med lerputs på både väggar och golv (Creative Coatings 2022b).

4.3.4 Mackelering

Byggtekniken har den engelska benämningen cob och kallas på tyska för Wellerbau och innebär att bärande konstruktion uppförs utan formar [Figur 8] (Lindberg 2002).

Sammansättningen består av en lerblandning som ofta blandas med halm och sand (Vyncke,

Kupers, & Denies 2018). Det finns flera sätt att utföra mackeleringstekniken. Den mest utbredda tekniken går ut på att stapla lerklumpar på varandra, för hand eller med lämpligt verktyg. Arbetaren som staplar lerklumparna komprimerar samtidigt väggen som denne uppfört med sin kroppsvikt genom att gå på den. För att packa väggens yta slås väggens sidor upprepade gånger med en pinne eller annat lämpligt verktyg under processens gång (Hamard, Cazacliu, Razakamanantsoa & Morel 2016).

Ett annat sätt att utföra mackeleringstekniken är att skära ut rektangulära block ur en lerblandning som spridits ut på marken i ett 10cm tjockt lager. Blocken placeras ut i horisontella lager eller i en typ av fiskbensmönster (opus spicatum) (Hamard, Cazacliu, Razakamanantsoa & Morel 2016).

Ett tredje sätt att utöva byggtekniken är att forma lerblandningen för hand till den form som önskas. Exempel på vanliga former var boll, triangel, cylinder och cigarr. Väggen uppfördes sedan genom att dessa staplades sedan på varandra (Hamard, Cazacliu, Razakamanantsoa & Morel 2016).



Figur 8: Gobcobatron, ett hus uppfört i macklerlera av Ziggy Liloia och April Morales (The Year of Mud 2024).

4.3.5 Lerskivor

Byggskivor och paneler utgör vanligtvis plana byggnadselement som belastas i en huvudriktning. Obränd lera finns även i form av lerskivor [Figur 9] och kan även benämnas som lerpaneler (Schroeder 2014). En lerskiva är ett panelformat byggnadsmaterial som kan liknas vid en konventionell gipsskiva till storleken (Schroeder 2012, 2014). Lerskivorna kan kapas precis som andra byggskivor med hjälp av en cirkelsåg eller en sticksåg. Vid montering rekommenderas det att använda specifika lerskiveskruv som är framtagna för en optimal fästning av lerskivan (Sunda byggvaror u.å.).



Figur 9: Lerskiva av lera, lerjord, perlite, vassmatta, hampa och juteväv från tyska företaget Claytec (Ekologiska Byggvaruhuset u.å.).

4.4 Lera som byggnadsmaterial – egenskaper och förutsättningar

I följande kapitel presenteras lerans materialegenskaper och dess förutsättningar som byggnadsmaterial. En jämförelse av egenskaper hos några sedvanliga byggnadsmaterial och utvalda lermaterial kommer presenteras.

4.4.1 Värmeegenskaper

För att ge en bättre överblick på hur olika lerprodukters egenskaper presterar jämfört med andra konventionella material har data från tidigare litteratur analyserats och sammanställts i Tabell 2.

Tabell 2: Värmeegenskaper och densitet hos lerbaserade material, trä, stål, betong, tegel samt hampakalk. (1): (Malakou et al. 2018), (2): (Reilly et al. 2019), (3): (Johanna et al. 2021), (4): (Volhar 2016), (5): (Sandin 2010), (6): (Florentin et al 2017).

Material	Densitet (ρ) [kg/m³]	Värmeledning (λ) [(W/(m·K)]	Specifik värmekapacitet, (c) [kJ/(kg·K)]	Volymetrisk Värmekapacitet (C) [kJ/(m³·K)]
Mackelerlera (4)	1400– 1600	0.59-0.73	1.0	1400–1600
Adobe (1)	1400– 2200	0.50-1.70	0.6–1.1	960–2200
Stampad lera (4)	1800– 2000	0,91–1,13	1.0	1800 - 2000
Trä (5)	500	0.14	1.5	750
Stål (5)	7800	50	0.5	3900
Betong (5)	2300	1.7	0.9	2070
Tegel (5)	1500	0.6	0.8	1200
Hampakalk (2)	340-415	0.094-0.23	0.3-1.63	300-1400 (6)

Tabell 2 ger en överblick av den obrända lerans egenskaper i jämförelse med några konventionella material samt hampakalk. Tabellen visar att obränd lera i de flesta fall har sämre värmeledning än materialen trä, tegel och hampakalk. Ett lågt värde tyder på bra isoleringsförmåga. Detta innebär att lera isolerar sämre än trä, tegel och hampakalk, men lermaterialen har bevisligen bättre isoleringsförmåga än både stål och betong. Beroende på sammansättning och densitet av den aktuella leran varierar resultaten och leran kan uppnå både högre och lägre värden (Volhard 2016).

Resultatet från tabellen visar att den volymetriska värmekapaciteten för obrända lermaterial är övervägande högre än både trä och tegel och till viss del även hampakalk. Det går även att utläsa att adobe block kan nå upp till $2200 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ när materialet är i torrt tillstånd, vilket är ett högre värde än betongens $2070 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$. I praktiken innebär det att lera reglerar plötsliga temperaturvariationer bättre än dessa sistnämnda material vilket bidrar till ett behagligt inomhusklimat (Sandin 2010). Tunga material som lera och betong har en stor värmelagringsförmåga och kan under tillfälliga avbrott i uppvärmningssystemet agera värmekälla. Inomhustemperaturen hindras därmed från att sjunka lika drastiskt som den hade gjort för lätta material som trä och mineralull (ibid 2010).

Två andra värmeegenskaper är värmeeffusivitet och värmediffusivitet. Värmeeffusivitet kallas även termisk tröghet och betecknas b [$\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}^{1/2})$]. Uttrycket beskriver värmebehagligheten hos ett material där ett lägre värde speglar en bättre värmebehaglighet (Burström 2021). Värmediffusivitet är ett mått på hur bra ett material leder värmeenergi i förhållande till hur bra det är på att lagra värmeenergin och betecknas a [m^2/s]. Desto snabbare ett material överför värme, desto högre värmediffusivitetstal har materialet (Zhang 2016).

Lera räknas inte som ett isolerande material men har flera termiska egenskaper som är värda att belysa, där den termiska trögheten är en av de viktigaste (Gaillard 2021). Byggnader med hög termisk tröghet har generellt lägre behov av energi för uppvärmning, visar den svenska standarden SS 24300-1 (Isover 2024b). En byggnads värmetröghet är avgörande vid tillfällen då utomhustemperaturen faller drastiskt. Till skillnad från en byggnad med låg termisk tröghet behöver inte en byggnad med hög värmeeffusivitet lika mycket effekt för att värmas upp. Det är en viktig egenskap att ta hänsyn till då BBR ställer krav på den installerade effekten på elvärmda byggnaders uppvärmning (ibid 2024b).

Det är vanligt att lufttemperaturen misstas för att vara den avgörande faktorn för den termiska komforten (Gaillard 2021). Människokroppen påverkas inte bara av luftens temperatur utan även av temperaturen på ytor i vår omgivning. Den termiska energin kan påverka oss på olika sätt beroende på om ytan är varm eller kall. Om ytan är svalare än vår hud absorberar ytan kroppens värmeenergi och vi upplever rummet som kallare. Orsaken till detta är att vår kropp

inte kan mäta temperaturer utan endast vilken hastighet kroppen får eller tappar värmeenergi (Gaillard 2021).

Gaillard (2021) berättar om de två ingenjörerna Mackey och Wright, som var verksamma i USA under första hälften av 1900-talet. De bevisade att tunga material som lera har förmågan att fördröja värmeflödet men även förmågan att minska materialets påverkan av solens värmeenergi. De menar att en ökning i tjocklek hos massiva material bidrar till en högre termisk tröghet. Lera är en mycket billig råvara till skillnad från andra massiva material som sten och betong, därmed blir det inte lika ekonomiskt påfrestande att uppföra en tjock vägg i lera. Följande resulterar i en stabilare inomhusmiljö med minskade temperaturfluktuationer och en jämnare termisk komfort. Författaren berättar om troglodythus som har byggts i Shaanxi-provinsen i Kina där utomhustemperaturen dagligen kan variera i ett intervall från 0°C till 20°C. Dessa grotliknande hus har minst tre meter tjocka tak och i många fall ännu tjockare väggar. Utförda mätningar visade att temperaturen fixerades till en samma temperatur under ett helt år. Temperaturen kan även höjas med hjälp av en liten kamin.

Värmediffusivitet beräknas enligt Ekvation 2 och är förhållandet mellan materialets värmeledningsförmåga och materialets volymetriska värmekapacitet (Petcu et al. 2023). När värmediffusivitet diskuteras i byggnadsmaterialssammanhang är ett lägre värmediffusivitetstal att föredra, då temperaturändringen inte sker lika snabbt i materialets massa (Tinsley & Pavía 2019). Värmediffusiviteten hos obränd lera påverkas av samma faktorer som påverkar värmeledningsförmåga och värmekapacitet, dessa är bland annat fukttinnehåll, temperatur, sammansättning och porositet (Petcu et al. 2023).

$$b = \sqrt{c \cdot \rho \cdot \lambda} \text{ (Ekvation 1)}$$

c = specifik värmekapacitet [J/(kg·K)]

ρ = densitet [kg/m³]

λ = värmekonduktivitet [W/(m·K)]

(Burström 2021)

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \text{ (Ekvation 2)}$$

λ = värmekonduktivitet [W/(m·K)]

ρ = densitet [kg/m³]

c = specifik värmekapaciteten [J/(kg·K)]

(Nationalencyklopedin 2023)

Tabell 3: I tabellen presenteras beräknade värden på olika materials värmeeffusivitet och värmediffusivitet. Uträkningarna har genomförts med hjälp av (Ekvation 1) och (Ekvation 2) och värden från Tabell 2.

Material	Värmeeffusivitet (<i>b</i>) [J/(m ² · K · s ^{1/2})] medelvärde	Värmediffusivitet (<i>a</i>) [m ² /s] x 10 ⁻⁸
Mackelerlera	1000	40
Adobe	1300	70
Stampad lera	1400	50
Trä	300	20
Stål	14 000	1300
Betong	1900	80
Tegel	800	50
Hampakalk	200	40

Jämförelsen i Tabell 3 visar att alla lermaterial som presenteras har lägre värmediffusivitet än betong och stål. Det innebär att dessa lermaterial har större potential att minska värmeflödet i en konstruktion än både exempelvis betong. Macklerlerans värden kan likställas med hampakalkens värden och den stampade leran kan likställas med teglets värde. I en undersökning utförd av Tinsley & Pavia (2019) som jämför värmediffusiviteten hos stampade lerväggar med traditionella hålväggar i betong blir resultatet likvärt. Slutsatsen som kan dras av deras undersökning är att trots att båda materialen har liknande värmekonduktivitet och U-värde reglerar leran de externa temperaturväxlingarna bättre än betongen. Vilket i sin tur leder kan leda till en minskning i den årliga värmelasten och en ökning av den termiska stabiliteten.

4.4.2 Värmelagringsförmåga

Lera innehar, liksom andra tunga material, en god värmelagringsförmåga (Minke 2006). En byggnad uppförd i värmelagrande material kan minska dess energiförbrukning genom att passivt ta vara på överskottsvärme från solen, belysning, maskiner och mänsklig aktivitet (Lindberg 2002). En god värmelagringsförmåga hjälper till att hålla en stabil och behaglig inomhustemperatur vid snabba temperaturväxlingar utomhus. Lera är ett tungt och tätt material som förutom god värmelagringsförmåga även har lätt att överföra värme, vilket innebär att materialet har mindre bra isoleringsförmåga. Därmed ska inte

värmelagringsförmåga förväxlas med isoleringsförmåga, då en god värmelagringsförmåga inte kan kompensera för otillräcklig isolering (Volhard 2016).

4.4.3 Tryckhållfasthet

Tryckhållfastheten hos obrända lermaterial varierar beroende på kvantitet och kvalitet av den aktuella leran (Minke 2006). Fler faktorer som är avgörande för den obrända lerans tryckhållfasthet är lerart, beredning, packning och kornstorleksfördelning. Generellt kan tryckhållfastheten hos ett obränt lermaterial variera mellan 0,5 och 5 MPa (ibid 2006). Fabbri et al. (2022) belyser att den obrända lerans tryckhållfasthet är direkt proportionell med dess torrdensitet. Fabbri et al. (2022) menar även att det är nästintill omöjligt att fastställa en generell tryckhållfasthet för obrända lermaterial. Då lerans kvalitet och sammansättning varierar avsevärt beroende på den region eller område där den utvinns (ibid 2022).

Tabell 4: I tabellen presenteras sammanställd data som utgör en jämförelse i tryckhållfasthet mellan obrända lermaterial, trä, stål, betong, tegel, lecablock, lättbetong.

(1): (Burström 2021), (2): (Boverket 2019), (3): (Miccoli et al. 2014), (4): (Schroeder 2018), (5): (Weber 2020).

Material	Tryckhållfasthet [MPa]
Macklerlera (3)	0.45–1.40
Adobe (4)	2.5–7.5
Stampad lera (3)	0.60–3.88
Trä - parallellt fibrerna (1)	48–64
Trä - vertikalt fibrerna (1)	7–11
Stål (2)	$f_y = 315–420$
Betong (1)	20-65
Tegel (1)	11-72
Lecablock (5)	2
Lättbetong (1)	2-5

Ur tabellen utläses det att den lerprodukt som har högst tryckhållfasthet är adobe, som kan likställas med det konventionella materialet lättbetong ur tryckhållfasthetsperspektiv. Både stampad lera och adobe har högre tryckhållfasthet än lecablock. Lermaterialen har en lägre tryckhållfasthet än trä, stål, betong och tegel. Av de lerprodukterna som presenteras har

macklerlera lägst hållfasthet följt av stampad lera som har ett bredare spann beroende på sammansättning och teknik.

4.5 Lerans förutsättningar som byggnadsmaterial

I detta kapitel belyser studien de förutsättningar som finns med materialet. Kapitlet tar upp förutsättningar gällande fukt, brandbeständighet, akustik, krympning, väderbeständighet och U-värde.

4.5.1 Fukt

Leran har en fuktbuffrande förmåga som är snabbare och mer omfattande än något annat byggnadsmaterial (Minke 2006). Det gör att materialet besitter förmågan att balansera luftfuktigheten och därmed reglera inomhusklimatet i en byggnad. I Tyskland där ett nyproducerat hus byggts av lerväggar, gjordes mätningar på luftfuktigheten. Mätningarna visade att luftfuktigheten hölls konstant på 50% dygnet runt under en 8 års period. Detta bevisar leras förmåga att absorbera fukt på sommarhalvåret och desorbera fukt under vinterhalvåret vilket har en del hälsofördelar för oss människor. En högre luftfuktighet som inte överstiger 70% minskar mängden fina dammpartiklar i luften, dålig lukt och statisk laddning på objekt. Livslängden hos många bakterier och virus blir även kortare och hudens naturliga skydd mot mikroorganismer aktiveras (Minke 2006). När luftfuktigheten blir för låg eller för hög, de vill säga när värdena inte förhåller sig mellan 40–60%, upplever människan ofta klimatet antingen för torrt eller för fuktigt (Warfinge & Dahlblom 2010). Går luftfuktigheten utanför de rekommenderade värdena kan det medföra en negativ inverkan på immunförsvaret. Torr luft resulterar ofta till torra slemhinnor hos människan vilket kan vara en anledning till fler sjukdomar under vintern eftersom luftfuktigheten kan sjunka till omkring 20% under denna period (Minke 2006).

Lera besitter förmågan att konservera trä och andra organiska material, vilket betyder att leran förhindrar nedbrytning av materialet och agerar som ett skydd för att materialet ska förbli torrt (Minke 2006). Vilket innebär att leran har en låg jämnviktsfukthalt men en hög kapillaritet. Båda egenskaperna är bra för ett material att besitta för att skydda konstruktioner mot fuktskador.

Torktiden kan betraktas som en utmaning då det i många fall krävs lång tid för en konstruktion att härda. Minke (2006) skriver i sin bok om ett test som utfördes av Building Research Laboratory på Kassels universitet i Tyskland, där olika materialprover lades i tre millimeter vatten under ett dygns tid. Testet utfördes i ett rum med stillastående luftförhållanden med en temperatur på 23 °C och en relativ fuktighet på 50%. Försöket resulterade i att alla obrända lerprover hade torkat ut på 20 till 30 dagars tid medan kalksandsten, tegel och betong inte torkade på 100 dagar. I boken tar författaren upp ännu en undersökning på hur lång tid det tog för en sandig lera att torka i en omgivning med olika luftfuktighet. Båda rummen höll temperaturen 20 °C, men ena rummet höll en luftfuktighet på 81% och andra 44%. Torktiden i rummet med högst luftfuktighet tog omkring 30 dagar medan den med lägst luftfuktighet tog 14 dagar (Minke 2006). Torktiden kan vara tidskrävande vid uppförandet av en konstruktion och det krävs därmed en välplanerad byggprocess för att utnyttja tiden på bästa möjliga sätt.

4.5.2 Brandbeständighet

Obränd lera kan klassas som ett obrännbart material då en stampad lervägg på 30cm har en brandbeständighet på 90min (Dabaieh 2014). I Australien har materialet dessutom lagts till i en lista i Australiens regelverk på rekommenderade material i områden med hög brandrisk (Olnee Constructions 2024). Tester utförda på lerputs visade att en 16mm lerputs klarade av att motstå brand i ca 18 minuter (Libulik, Just & Küppers 2020). Detta tyder på att leran besitter mycket goda brandegenskaper. En innervägg med träregelstomme som är uppbyggd på följande sätt *2x12,5 gipsskivor, 120 träregel med 170 ram, 170 isover (isolering) och 2x12,5 gipsskivor* genererar en brandklass på EI 60 (Isover 2024a). En 22mm spånskiva har ett brandmotstånd på 20–25 minuter (Månsson 1987). Vid 300 grader börjar betong att brytas ner vilket innebär att en byggnad med betongstomme inte kollapsar vid en vanlig brand (Svensk Betong u.å.a).

4.5.3 Akustik

Enligt Fabbri et al. (2022) har obränd lera goda akustiska egenskaper, de berättar att materialets densitet är nära kopplat till ljudreduktionsindexet. Även Hopfe och Hall (2012) anser att byggnadsmaterialet besitter goda akustiska förutsättningar. De berättar att forskning visar på att en 300mm stampad lervägg med torrdensiteten 2100kg/m^3 har ett

Ljudreduktionsindex på 58,3 dB. Olnee Constructions 2024 påpekar att materialets termiska massa ger en bullerdämpande effekt (Hopfe & Hall 2012).

Tabell 5: Upplevt ljud vid olika ljudisolering (Boverket, 2008).

R'_{w} / D_{nTw}	Sort	Normalt tal, kontorsmaskiner i lugn miljö	Normalt tal, kontorsmaskiner	Högröstat samtal	Skrik	Högtalarljud, måttlig nivå	Diskodunk
35							
40							
44							
48	Röd – hörs						
52	vit – hörs inte						
60	Grå – kan höras men stör inte under normala omständigheter						

I Tabell 5 visas en översikt på hur tydligt olika ljud uppfattas i förhållande till olika ljudisoleringar. Beroende på vilken lerbyggnadsteknik och sammansättning som används kommer lerans ljudreduktionsindex variera (Niamprira-Daza, Zambrano & Alcides-Ruiz 2019). Samma gäller för olika sammansättningar för betongelement, väggar med träregelstomme samt andra material (Svensk Betong u.å.b).

Reduktionstal berättar hur väl en konstruktion kan reducera ljudnivån (Boverket 2014). En stampad lervägg på 250mm uppnår ett ljudreduktionsindex (R) på 50,3dB och 300mm uppnår ett värde på 58,3dB. (Niamprira-Daza, Zambrano & Alcides-Ruiz 2019) En sandwichvägg bestående av 150+75mm betong med 150mm mineralullsisolering uppnår R=60dB (Svensk Betong u.å.b). En innervägg med träregelstomme som är uppbyggd på följande sätt 2x12,5 gipsskivor, 120 träregel med 170 ram, 170 isover (isolering) och 2x12,5 gipsskivor genererar ett R värde på 55dB och uppfyller ljudklass C (Isover 2024a).

4.5.4 Krympning

En avgörande komponent för att materialet ska bli formbart är vatten (Minke 2006). När vattnet i lerblandningen avdunstar vid torkning finns det risk att det uppstår krympsprickor. Krympningen kan minskas genom reglering av vattenhalten på lerblandningen, att rätt mängd av rätt sorts lermineral används samt att kornstorleksfördelningen är optimal. Det går även att reglera krympningen genom att tillsätta tillsatser som exempelvis fibrer, cement, bitumen och kalk (ibid 2006).

4.5.5 Väderbeständighet

En annan utmaning är att materialet har begränsad tålighet för väderpåverkan. Materialet är känsligt mot regn och frost men fasaden går att skydda genom exempelvis takutsprång alternativt tåliga ytbeläggningar (Minke 2006). Lerputs kan förlora vidhäftningen vid kraftig väderpåverkan och frost men halmlera och fiberlera anses var mer motståndskraftiga mot regn och frost (Volhard 2016).

4.5.6 U-värde

Värmegenomgångskoefficienten hos en byggnadsdel kan även benämnas som byggnadsdelens U-värde. Sandin (2010) förklarar värmegenomgångskoefficienten i boken Praktisk byggnadsfysik som följande: *”den värmemängd som per tidsenhet passerar genom en ytenhet av konstruktionen då skillnaden i lufttemperatur på ömse sidor av konstruktionen är en grad.”*

U-värdet kan beräknas enligt Ekvation 3

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 \dots + R_n + R_{se}} \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)] (Ekvation 3)}$$

R_{si} = Värmegenomgångsmotstånd på insidan [(m²·K) /W]

$R_1 + R_2 \dots + R_n$ = Värmemotstånd för väggskikten [(m²·K) /W]

R_{se} = Värmeövergångsmotstånd på utsidan [(m²·K) /W]

Värmemotståndet baseras på materialets värmeledningsförmåga och tjocklek och ges av (Ekvation 4)

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ (Ekvation 4)}$$

d = Materialtjocklek [m]

λ = Värmekonduktiviteten/värmeledningsförmågan [W/(mK)]

I Tabell 6 visas beräknade U-värden för ett 300 mm homogent skikt av olika byggnadsmaterial, där R_{se} och R_{si} är exkluderat.

Tabell 6: U-värden på ett 300 mm homogent skikt av lermaterial, trä, stål, betong, tegel och hampakalk.

Material	U-värde [W/(m ² ·K)]
Macklerlera	1.97- 2.43
Adobe	1.67–5.67
Stampad lera	3.03-3.77
Trä	0.47
Stål	166.67
Betong	5.67
Tegel	2.00
Hampakalk	0.31- 0.77

Beräkning av U-värdena som presenteras i tabellen har gjorts med Ekvation 3 och med värden från Tabell 2. Tabellen visar enbart U-värden av ett homogent material, och har i syfte att ge en övergripande förståelse för materialens potential att klara Boverkets rekommendationer på U-värde på en byggnads klimatskal. Vid uppförande av en väggkonstruktion byggs en vägg vanligtvis med flera sammansatta skikt, vilket inte har tagits i hänsyn i ovanstående tabell. Samtliga material behöver kompletteras med ytterligare isoleringsskikt för att uppfylla BBR:s rekommendation. Bülow (2009) anser även att lerkonstruktioner som exempelvis stampad lera behöver kompletteras med utvändigt isolering av naturmaterial för att kunna fungera väl som konstruktion i Sveriges kalla klimat. Beroende på densiteten i leran kommer dess värmeledningsförmåga att variera (Volhard 2016)

I tabellen uppnår en stampad lervägg på 30 cm ett U-värde på 3.03-3.77 W/(m²·K), vilket skiljer sig från värden som presenteras i andra vetenskapliga texter. Ett exempel är Minke (2022) som uttrycker att en lika tjock homogen lervägg uppnår ett U-värde på ca 2,0W/m²K. Minke (2022) skriver även att en vägg på 14 cm bestående av lerjord och halmstrån där både utsidan och insidan är täckt av 2 cm kalkputs uppnår ett U-värde på 2,1 W/(m²·K). För att en homogen lervägg ska uppnå ett U-värde på 0,3 behöver väggen vara 1,65 m, därför är värmeisolering att rekommendera vid byggnation i kallare klimat (Minke 2022). I handboken Light earth building (Volhard 2016) presenteras olika sammansättningar av lertekniker som utgör olika väggkonstruktioner. U-värden uppmättes till 0,22–0,36 W/(m²·K). I en annan studie utförd på Belgrads universitet genomfördes mätningar av stampade lerväggar som sedan jämfördes med beräknade värden (Lovec, Zivkovic & Jovanovic-Popovic 2017). Väggen var 60 cm tjock och byggdes 1930. Mätningarna pågick under 17 dagar och resulterade i ett U-värde på 0,65 W/(m²·K) medan det beräknade värdet resulterade i ett U-

värde på 1,40 W/(m²·K). Slutsatsen av deras studie blev att det kan vara en markant skillnad i att beräkna ett U-värde för en lervägg kontra mätningar på en uppförd vägg, men det behövs samtidigt mer forskning (ibid 2017). Ovanstående data visar på att det är svårt att fastställa ett exakt U-värde på homogena lerväggar. Det är svårt att peka ut varför alla mätningar och beräkningar visar olika. Faktorer som kan tänkas påverka resultatet är materialets sammansättning, utförande, eventuellt luftläckage och materialkvalitet.

4.6 Beständighet och underhåll av lerkonstruktioner

Lerkonstruktionens varaktighet kan styrkas med många historiska exempel som den kinesiska muren. Det är ett faktum att byggnader som har uppförts i obränd lera håller i hundratals år. På senare år har det utförts fler tester av materialet som även de kan styrka materialets varaktighet (Pacheco-Torgal & Jalali 2012). Precis som alla byggnader behöver lerkonstruktioner kontinuerligt underhåll för att bevaras och hålla länge (Pritchard 2023b). Följande avsnitt behandlar olika sätt att underhålla en lerbyggnad som är uppförda med olika tekniker.

4.6.1 Puts

Lerputs för inomhusbruk är relativt enkelt att underhålla, för att ta bort damm eller skräp går det lätt att ta bort med en dammsugare eller mjuk borste. Vid uppkomst av sprickor på materialet behöver inte hela väggen putsas om utan en punktreparation är tillräckligt (UKU u.å).

4.6.2 Mackelering

Mackelering är känslig för stora regnfall och därför kan stora överhäng vara till stor hjälp att skydda byggnaden från regnet (Pritchard 2023a). För att bevara väggarna och fortfarande göra det möjligt för fukt att passera från väggen rekommenderas en utvändig puts. Kalk är att rekommendera eftersom det är lätt att underhålla, men samtidigt väderbeständigt. Det är samtidigt viktigt att grundsocklen är tillräcklig hög för att byggnaden inte ska dra åt sig för mycket vatten och orsaka fuktskador. Det är viktigt att kontinuerligt undersöka byggnaden samt reparera en upptäckt skada inom snart framtid för sprickbildningar inte ska uppstå (ibid 2023a).

4.6.3 Adobe

Smuts och annat skärp kan fastna på Adobe stenarna och kan över tid leda till sprickor (Pritchard 2023b). För att förhindra sprickbildningar eller upptäcka dem i tid är regelbunden rengöring att rekommendera då större sprickbildningar inte är bra. Damma av hörn och bruksfogar med en borste, tvätta av byggnaden en gång om året samt rengöra taket med en borste eller vatten är enkla sätt att bevara byggnaden. Uppstår sprickor kan dem täppas till med lera men det går också att byta ut hela stenen (ibid 2023b).

4.6.4 Stampad lera

Stampade lerväggar behöver relativt lite underhåll efter att byggande tas i bruk (Rammed earth construction u.å.). För att skydda lerväggen kan ett överhäng eller puts vara lämpliga lösningar. I vissa fall kan en vattenavvisande beläggning vara nödvändig för att skydda väggarna. Det tar flera år innan den vattenavvisande beläggningen behöver förnyas (ibid u.å.).

4.7 Lerans acceptans som byggnadsmaterial

I följande kapitel belyser studien hur leran som byggnadsmaterial har accepteras i Sverige men också internationellt.

År 2005 hölls den internationella konferensen Modern Earth Building i Berlin (Williams et al. 2010). På konferensen uttryckte många av de deltagande länderna att de stöter på svårigheter när de försöker främja lerbygge i det aktuella landet. En av svårigheterna som belystes var den offentliga attityden till obränd lera som byggnadsmaterial. Adam & Agib (2001) instämmer med att många länder idag har låg acceptans för lera som byggnadsmaterial och att lera inte har samma status som andra stål, trä och betong. Även om obränd lera har beprövats som byggnadsmaterial sedan långt tillbaka i tiden blir materialet ofta beaktat med misstro och skepticism. I många industrialiserade länder betraktas inte lera som ett accepterat och tillräckligt hållbart material av myndigheterna. Många av de industrialiserade länderna har utvecklat byggstandarder som utesluter lera som ett alternativt material. Adam & Agib (2001) menar att myndigheterna i många av dessa länder först behöver övertalas om den obrända lerans potential som byggnadsmaterial. För att vänja befolkningen vid det nygamla materialet föreslår Adam & Agib (2001) att branschen först bygger samhällsbyggnader i obränd lera. Det ger lokalbefolkningen möjligheten att göra en egen bedömning av vad som kan

åstadkommas av materialet. Trots att materialet i många fall betraktas med tvivel menar de att det finns tecken på en förändrad syn i samhället på obränd lera som byggnadsmaterial. Genom en effektiv marknadsföring av obränd lera som byggnadsmaterial kan intresset för materialet öka. Adam & Agib (2001) menar att staten hade kunnat marknadsföra lera genom att låta bostadsmyndigheterna finansiera projekt av bostäder uppförda i obränd lera, som sedan hyrs ut till statliga tjänstemän. Det hade gett en inblick på lerkonstruktionens mångsidighet, kvalitet och hållbarhet.

Bennewitz, E skriver i e-tidningen Byggindustri (2023) att intresset för obränd lera har ökat i den svenska byggsektorn och beskriver ett pågående projekt mellan två aktörer som utforskar tillverkningsprocessen av fasadelement med lera. Utöver är SIS standardiseringsarbete ytterligare ett tecken på att ett intresse väcks inom branschen.

4.8 Exempel på lerbyggen i Sverige

Följande kapitel presenterar några befintliga lerbyggnader som har uppförts i Sverige fram till idag. Lerbyggnadstekniker som lerputs, stampad lera och adobe är några av de tekniker som har använts i projekten.

Lera har det senaste året uppmärksammats mer och mer. Många företag och tillverkare vill vara med på tåget mot ett mer hållbart samhälle (HSB Living Lab 2023). Många av de hus som har uppförts i Sverige har uppförts i egen regi (Lindberg 2002). De som bygger med lertekniker tar sällan hjälp av företag utan uppför konstruktionerna på eget bevåg eller med hjälp av frivilliga (ibid 2002).

4.8.1 Steninge kyrkby

På 1920-talet i Skintaby som är beläget 4 km från Steninge uppförde Lars Petter Norrgren ett hus i stampad lera (Lindberg 2002). Han hade inspirerats av boken *Billiga bostäder av pressad jord: (pisé de terre)* av Karl Ellington (1920), men även en del franska tidningar. Huset uppfördes med en taktäckning av halm, stampade lerväggar och skorstenar av tegel. Endast fem år efter husets färdigställande träffades det av blixten och fattade eld. Taket brann upp och skorstenarna tog stor skada, det enda som förblev intakt var de stampade lerväggarna. På grund av detta kunde huset återställas med samma stampade lerväggar men med ett nytt tak som bekläddes med tegelpannor i stället för halm (ibid 2002).

Omkring tjugo år senare byggde två av Lars Petter Norrgrens söner varsitt eget hus i Steninge (Byggnadsvårdsföreningen 2014). Sönerna vid namn Georg och Folke uppförde dessa hus med samma teknik som deras far använde sig av, stampjordsteknik. Materialvalet var ett resultat av andra världskrigets påverkan på byggbranschen. Genom strikta restriktioner för allt byggande och stor materialbrist kvarstod endast alternativet att bygga med obränd lera (ibid 2014).

Flemming, son till Folke valde sedan år 2005 att föra familjetraditionen vidare (Byggnadsvårdsföreningen 2014). Tre nya stampade lerhus uppfördes i Lidarbacken i Steninge kyrkby precis ovanför de äldre. Flemming var mycket angelägen om att föra den halländska byggtraditionen vidare och såg till att husen var enhetliga i både material och färgsättning. År 2013 fick byggnaderna Hallands byggnadsnämnds arkitekturpris och Flemming prisades i kategorin *Utveckla* med utmärkelsen årets byggnadsvårdare (ibid 2014). Ett av husen ser ni på bilden nedan [Figur 10].



Figur 10: Ett av de stampade lerhusen i Steninge som uppfördes på 90-talet (Bülow 2009).

4.8.2 Glimmebodagården

Gården [Figur 11] är uppförd i backlandskapet i närheten av Brösarp i Skåne på 1790-talet. Gården tillhörde ursprungligen Glimmingehus och uppfördes i syfte att användas som skogvaktartorp (Länsstyrelsen Skåne 2024).

Glimmebodagården består av fyra längor som är uppförda i antingen korsvirke eller murning av natursten som är satt i kalkbruk med ett tak klätt i halm (Wassberg 2010). Större delen av facken har fyllts upp med lersten som har olika form beroende på vart de är placerade, men det förekommer även kalksten och tegel. Förekomsten av de olika materialen härstammar från olika tider troligen som ett resultat av upprepade försök till återuppbyggnad av skadade väggfack. Reparationerna har utförts vid behov och därmed användes det material som fanns tillgängligt vid aktuell tidpunkt (ibid 2010).

Wassberg (2010) beskriver i sin studie att det till synes äldsta väggfacket är fyllt med lersten. Hon beskriver att lerstenarna i facket har vittrat sönder under åren och att stenarna nu mer liknar lerkline. Då det gick att se spår efter gamla fogar kunde lerkline, som är det äldsta fyllnadsmaterialet för korsvirkeshus, uteslutas. Trots att väggfacken har varit i behov av reparation upplevs korsvirkeshuset som i stort sett oförändrad menar Wassberg (2010).



Figur 11: Glimmebodagården i Skåne (Länsstyrelsen Skåne 2024).

4.8.3 Sanitetshuset på kulturgården Bråtadal- Björkekullen

Hans Bulthuis och hans dåvarande fru Eva Rynefors uppförde år 1998 utanför Ullared ett sanitetshus [Figur 12] som komplementbyggnad till sitt vandrarhem Bråtadal- Björkekullen (Lindberg 2002). Hans har en bakgrund inom byggnadsvården och såg det som en självklarhet att uppföra byggnaden på egen hand i ett okonventionellt byggnadsmaterial, stampad lera. Leran hämtades från anläggningsarbetet av den aktuella ombyggnationen av västkustbanan som var hyffsat närbeläget. I närheten av bygget fanns ett grustag som bistod med sand och grus till lerblandningen, det fanns även gott om plats för att bearbeta massan som sedan transporterades till byggarbetsplatsen. Bygget resulterade i en kvadratisk byggnad med yttermålet 10x10m som består av 6 duschar, 5 toaletter, 1 urinoar samt ett rum med ökad tillgänglighet utrustat med både dusch och toalett. Sanitetshuset anslöts med en förbindelsegång i trästomme till huvudbyggnaden. Trästommen isolerades med 250 mm träflislera och väggytorna putsades sedan med lerputs. Putsen var utblandad med cellulosa-fibrer som kom från gammalt tidningspapper. Väggarna mellan duscharna uppfördes i cementbundna block av lättklinker och putsades med kalk och cementputs (ibid 2002).

I den inledande delen av ett reportage för tidningen Kloka hem uttrycker Hans Bulthuis *"[...]det är bättre att välja ett material i en badrumsvägg som klarar av att transportera den fukt som kommer in i konstruktionen, i stället för att med ett tätskikt stänga fukten ute från en konstruktion som inte klarar fukt. I praktiken blir det ofta problem med tätskikten. Med lera kan man låta den fukt som tar sig igenom kakelfogarna vandra ut genom väggen[...]"* (Kloka hem 2021).

Vid ansökan om bygglov uppstod det komplikationer då byggnaden skulle användas för offentligt bruk (Lindberg 2002). Om en byggnad ska brukas av offentligheten ställs det mycket högre krav på utförandet av byggnaden. Ytterväggarnas tjocklek behövde ökas från 400 till 500 mm och taket fick inte vila på väggarna då det ansågs som en stor risk att väggarna skulle rasa. Taket utrustades därför med ytterligare ett bärsystem, för att säkerställa att taket skulle förbli intakt om väggarna skulle rasa. Tanken var att bottenplattan skulle uppföras i natursten men stoppades av byggnadsnämnden som krävde att bottenplattan skulle bestå av en kantförstyvad betongplatta. Motiveringen till detta var att konstruktionen inte ska falla om marken under ett hörn försvagas då huset står på en kulle (ibid 2002).



Figur 12: Sanitetshuset på kulturgården Bråtadal- Björkekullen (Destination Falkenberg u.å.)

4.8.4 Växthusköket på Gotland

Sanitärhuset är inte det enda som Hans Bulthuis har bidragit med i det svenska lerbygget (Gergi 2021). På hans gård på Gotland har han byggt ett växthus [Figur 13b] med en mycket stor stampad lervägg [Figur 13a]. Hans vilje uppföra en naken stampad lervägg utan ytskikt. För att framhäva de horisontella ränderna som skapas av stamp tekniken valde han lera i olika kulörer. Väggen består av två olika sorters lera, grålera från gården och rödlera från Estland. Stampandet utfördes med hjälp av en lufttrycksstamp vilket är effektivare än att stampa manuellt. Den massiva lerväggen skyddas från väder och vind av växthuset och riskerar därmed inte att erodera bort (ibid 2021).



Figur 13a: Närbild på den stampade lerväggen (Kloka hem 2021).

Figur 13b: Hans Bulthuis växthus med stampade lerväggar (Kloka hem 2021).

4.8.5 Förskolan Hoppet i Göteborg

År 2021 färdigställdes förskolan Hoppet på Hisings Backa i Göteborg med Göteborgs Stad som beställare (LINK Arkitektur 2024). LINK Arkitektur beskriver i projektbeskrivningen på deras hemsida anledningen till uppförandet av projektet. ”[...]Syftet är att inspirera branschen till att bli mer hållbar, helst fossilfri”. Klimatpåverkan var den styrande faktorn för gestaltningen vilket resulterade i en reduktion på 70% för förskolans klimatpåverkan. Förskolan har plats för 144 barn och har delats upp i åtta avdelningar på 1800 kvm. Stor vikt har lagts på användningen av klimatsmarta material. Utöver huvudbyggnaden som har uppförts av en stor mängd återvunna byggnadsmaterial har tre komplementbyggnader byggts, varav en i stampad lera [Figur 14a] [Figur 14b]. Leran som har använts har till största del tagits från överblivna schaktmassor från bygget. Enligt lerbyggnadsexpert Mikael Åberg kan oftast 70–75% av leran användas som grävs upp för att därefter tillsätta mer sand eller makadam efter behov. I detta fall användes schaktmassorna som grund i lerblandningen som blandades ut med lerigare lera från en balettföreställning på Göteborgsoperan. Resultatet blev en komplementbyggnad på 5x5 meter med en höjd på 2,8 meter (Hankins 2021). LINK Arkitektur (2024) ser komplementbyggnaderna som en möjlighet att testa innovativa lösningar som förhoppningsvis kan användas i större utsträckning i kommande byggprojekt.



Figur 14a: En stampad lervägg på en av de tre tillbyggnaderna till förskolan Hoppet (Rammed homes 2021).

Figur 14b: Möte mellan trä och lera på den stampade lerväggen (Rammed homes 2021).

4.8.6 Bävernäs och Kegels lerhus i Alingsås

I Alingsås har Daniel Bävernäs och sambon Karolina Kegel uppfört ett hus i obränd lera [Figur 15] på en tomt på 6700 kvm (Larsson 2020). Målet var att uppföra en hållbar bostad med lägsta möjliga energi- och vattenförbrukning som möjligt. Projektet uppfördes i samarbete med Chalmers och earthLAB. Huset är byggt av lera och halm med innerväggar av stampad lera och en utsida putsad med kalk. De stampade lerväggarna inomhus kan liknas med tegel som har satts i flera skikt. Leran placeras, i lager om 10 cm, i stabila, tåliga formar och stampas i omgångar för hand med järnskodda stampar. Tekniken är beprövad då stora delar av den kinesiska muren har byggts med samma teknik. Daniel upplever många fördelar med huset. Daniel nämner husets goda akustiska egenskaper och beskriver huset som tyst och välisolerat samt lerans förmåga att lagra både värme och kyla vilket ger ett behagligt inomhusklimat. Daniel nämner även att lermaterialen andas, vilket han tror kan rena inomhusluften. Utöver dessa förmågor berättar Daniel att lerans fuktbuffrande förmåga gör inomhusluften mindre torr (ibid 2020).



Figur 15: Daniel Bävernäs och Karolina Kegels lerhus i Alingsås (Bävernäs u.å.).

4.9 Lerans klimatavtryck

Människan är orsaken till den globala temperaturen stiger genom att släppa ut koldioxid och andra växthusgaser via olika verksamheter. Industriprocesser, transporter, förbränning av fossila bränslen är stora bidragande faktorer till klimatförändringen i Sverige men även i världen (Sveriges miljömål 2023a). För att ge läsaren en uppfattning av leras klimatavtryck behandlar följande avsnitt både leras och andra byggnadsmaterials klimatavtryck, men även en översikt av de klimatmålen som gäller idag.

4.9.1 Klimatmål

Sverige har klimatmål som är mer specifika och riktar sig till utsläpp av växthusgaser och klimatanpassningar (Sveriges miljömål 2023a). Det finns även FN:s hållbarhetsmål, även känt som Agenda 2030. FN:s mål omfattar många andra delar så som ekonomi, sociala frågor, miljö och klimat (Sveriges miljömål 2020).

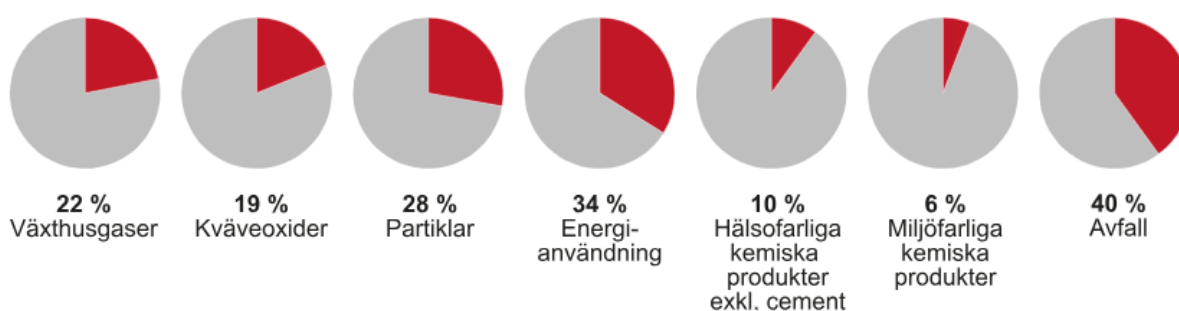
Sverige har 16 miljö kvalitetsmål, ett övergripande generationsmål och flertalet etappmål som är en vägledning för hållbar utveckling i Sverige (Sveriges miljömål 2020). Exempel på miljömål som ingår är begränsad klimatpåverkan, giftfri miljö, god bebyggd miljö och frisk luft.

Klimatmålen finns på global, europeisk och svensk nivå (Naturvårdsverket 2024).

Parisavtalets som är det globala klimatmålet eftersträvar en maximal temperaturökning på 1,5 men en ökning på 2,0 grader inte får överstigas. Sverige ingår sedan 2017 i ett klimatpolitiskt ramverk vilket innebär att Sverige ska uppfylla klimatmålet gällande växthusgaser till atmosfären 2045 (ibid 2024)

Sverige har etappmål för 2030 samt 2040 för att nå det långsiktiga miljömålet för 2045 då Sverige ska ha noll nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för sedan kunna åstadkomma negativa utsläpp. Målet för 2030 innebär att utsläppen från 1990 ska minska med 63 procent och målet för 2040 innebär en minskning med 75 procent. Utsläpp som genereras av handel är exkluderade i etappmålen (Naturvårdsverket 2024).

Boverket skriver på följande sätt ” *Bygg- och fastighetssektorns miljöpåverkan står för en betydande del av samhällets miljöpåverkan. Sammantaget står sektorn för 6 till 40 procent av miljöpåverkan i Sverige inom de områden som följs upp med Boverkets miljöindikatorer. Dessutom bidrar sektorn till ytterligare utsläpp i andra länder genom import av byggprodukter*” (Boverket 2024b). Figur 16 ger en tydlig bild på hur många procent som byggsektorn genererar i varje kategori.



Figur 16: Bygg- och fastighetssektorns miljöpåverkan utifrån de miljöindikatorer som boverket följer upp (Boverket/SCB 2024b).

4.9.2 Lerans klimatpåverkan

Obränd lera är ett cirkulärt material som kan återbrukas ett obestämt antal gånger under en mycket lång period (Minke 2006). Om materialet är utan tillsatser lämnar det inte efter sig något giftigt avfall vid rivning. Materialet kan omformas och användas till nya byggen eller

till och med återlämnas till sitt ursprung som jordbruksmark (Harje & Wernersson 2022). Materialet är nästintill oändligt återbruksbart vilket gör att det kan betraktas som ett av de material som bäst möter utmaningarna med en cirkulär ekonomi (Fabbri et al. 2022).

Till skillnad från många andra material innehåller jordmaterial inga flyktiga organiska föreningar (VOC). VOC kan påverka inomhusluften och kan då innebära en hälsorisk för människan under byggnadens livslängd. I andra material kan organiska föreningar hittas i bland annat tätningsmedel, lim och färg (Morel et al. 2021). ”Partiklar och flyktiga organiska ämnen (VOC) påverkar luftkvaliteten och ekosystemen både på land och i vatten” (Öljemark 2023).

Stampad lera har ett genomsnittligt koldioxidavtryck på 48kg inbyggd kol per m³, detta värde betyder att lerans koldioxidavtryck är bland de lägst rankade materialen när det gäller koldioxidavtryck. Sätts värdet i perspektiv till andra material har KL-trä 219kg inbyggd kol per m³ och betong har 635kg inbyggd kol per m³ (Pliteq 2022).

Global Warming Potential ”GWP är en faktor som talar om hur mycket ett utsläpp av en växthusgas bidrar till den globala uppvärmningen jämfört med samma utsläpp av koldioxid” (Makhantch 2014). Ett lågt värde ska eftersträvas. I Tabell 7 konstateras följande: både stampad lera och lertegel genererar ett lägre värde än tegel och betong. 300 mm lertegel genererar nästan lika högt utsläpp som 100 mm betong.

Tabell 7: GWP faktorn för olika material (Data från Maskell, Walker & Healh, A 2014).

Material	Vägg tjocklek [mm]	GWP [CO ₂ eq/m ²]
Tegel	100	44
Betong	100	20,9
Stampad lera	200	9,2
	400	18,3
Lertegel	100	6,0
	300	18,0

Energiförbrukning avser den totala mängden energi som används vid framställning av ett material, transporten och användningen under en livscykel. Inbäddad energi i exempelvis

lertegel är markant mindre än övriga material. Tillverkningsprocessen kräver inga tillsatser med lera och släpper där av ut minde CO₂ än material som stål, aluminium och betong. Vid användning av lokal lera minskas även mängden fossila bränslen på grund av minskad transport (Littlehemptonbrick 2022). Biobaserade material så som lera och halm avger små mängder CO₂ i atmosfären. Mängderna är minimala, i vissa fall kan räknas som nollutsläppsmaterial enligt Keefe (2005). Den data som framställs i Tabell 8 visar lerans låga energiförbrukning när den ställs i jämförelse med andra material.

Tabell 8: Energiförbrukningen för olika material (Data från Khatib & Egenti 2016).

Byggnadsmaterial	Energiförbrukning [kWh/m³]
Cement	2640
Tegel	1140
Spånskiva	1100
Kalk	900
Gipsskivor	900
Betong block	590
Lera	5-10

Tabell 9 belyser lerans låga klimatavtryck i sin helhet. Tabellen visar tydliga att cob sammansättningen har markant lägre värden i alla kategorier, även om vissa värden för specifika material i cob sammansättningen är högre än för träramen och betongväggarna. Resultatet av studien utförd av Ben-Alon et al. (2019) visar att mackelering behöver 18–38% energi för tillverkningsprocessen vilket reducerar den globala klimatförändringen med 75–82% i jämförelse med konventionella material.

Tabell 9: LCA beräkning för 4 olika material (Data från Ben-Alon et al. 2019).

	Komponenter	Klimatkategorier			
		Energibehov [MJeq]	Global uppvärmning [kg CO ₂ eq]	Svaveldioxid- ekvivalenter [kg SO ₂ eq]	HH partiklar [PM _{2.5} eq]
Cob	Halm	15,6	2,7	0,00367	0,000528
	Sand	28,0	4,40	0,000836	0,000842
	Lerrik jord	30,0	4,68	0,00156	0,000209
	Lerputs	11,7	1,34	0,000410	0,000513
	Vatten	1,08	0,132	0,000319	0,000378
	Total	86,4	13,2	0,00808	0,00834
Träram	Gipsskiva	50,22	6,17	0,00808	0,00834
	Trä	69,37	14,4	0,0347	0,0478
	Glasfiber	60,46	33,0	0,00143	0,000735
	Plywood	43,7	3,14	0,0316	0,000326
	Puts	17,22	5,96	0,00221	0,000136
	Total	241	62,7	0,0781	0,0574
Icke isolerande betong	Gipsskiva	50,2	6,17	0,00808	0,00834
	Betong	158	41,0	0,0504	0,122
	Puts	17,2	5,96	0,00221	0,000136
	Total	226	53,1	0,0607	0,130
Isolerande betong	Gipsskiva	50,2	6,17	0,00808	0,00834
	Isolering	265	21,7	0,0816	0,0125
	Betong	158	41,0	0,0504	0,122
	Puts	17,2	5,96	0,00221	0,000136
	Total	491	74,8	0,142	0,143

4.10 Ekonomi

Zami & Lee (2010) skriver i sin rapport att dokumentationen och forskningen om de ekonomiska aspekterna för byggnationer i obränd lera är mycket begränsad. Enligt Adam & Agib (2001) skiljer sig kostnaderna för lerkonstruktioner beroende på vilka förhållanden som råder på den aktuella platsen. De anser att följande faktorer bör beaktas för att kunna avgöra

kostnaden för uppförandet av en bostad i obränd lera. Dessa faktorer är: aktuella priser på material, eventuella behov av transporter, arbetskostnader och hur effektivt arbetet kan utföras, om projektet uppförs i tätorten eller på landsbygden. Utöver dessa aspekter bör även lerans konsistens beaktas. En bearbetning kan vara aktuellt i vissa fall för att konsistensen ska vara lämplig som byggnadsmaterial. Tillsatser kan behövas adderas och då behöver lerans kvalitet, kvantitet och även lertyp tas i beaktning (ibid 2001).

Adam & Agib (2001) anser att i Afrika behövs inga stora ekonomiska investeringar för tillverkning av obrända lerstenar. Produktionen av obrända lerstenar kräver mycket mindre yta än exempelvis sedvanlig tegelproduktion, vilket gör materialets produktionsprocess billigare. I många fall behövs inte ens någon produktion, utan den aktuella byggarbetsplatsen används som yta för tillverkningen av lerstenarna (ibid 2001).

Teknikerna har på senare år utvecklats vilket även prefabriceringen har gjort i exempelvis Tyskland där efterfrågan ökar (Volhard, 2016). Prefabriceringen av lera och jordmaterial har potential att vara konkurrenskraftiga produkter eftersom det leder till relativt låga energikostnader.

Lera som material är inte kostsamt men det som behöver tas i beaktning är arbetstiden det tar att sätta sig in i arbetsmetoden samt utförandet, speciellt om bygget sker i egen regi. Arbetstiden det tar att uppföra en lerbyggnad kan variera och därför kan kostnaderna dra iväg (Volhard, 2016).

Williams et al. (2010) beskriver att den största ekonomiska utmaningen med införandet av obränd lera i ett höginkomstland är produktions- och byggkostnaderna. I utvecklingsländer är arbetskraften vanligtvis billig medan industrialiserade länder har en mycket högre arbetskostnad. Då lerkonstruktioner är mycket arbetsintensiva kommer slutkostnaden att bli betydligt högre i länder med högre arbetskostnader (ibid 2010).

4.11 Standardiseringsprocessen

Avsnittet beskriver vad syftet med en standard är samt hur en av de 3 olika standardiseringsorganen driver sin verksamhet.

Standardernas syfte är att skapa gemensamma riktlinjer för olika problem som genererar i att aktörer blir mer enliga och därav förbättras säkerheten och kvaliteten (Svenska institutet för standarder u.å). Standarderna kan således bidra till en sparsammare samt effektivare produktion men även förenkla avtalsprocessen då alla aktörer utgår från samma grund. Standarder bidrar till trovärdighet lokalt men även globalt. Standarderna agerar som en guide för att uppfylla vissa krav i lagstiftningen och EU-direktiv (ibid u.å.). Sverige har tre stora olika standardiseringsorganisationer SIS (Svenska institutet för standarder), SEK (Svensk Elstandard) samt IST (Svenska Informations- och Telekommunikationsstandardiseringen) (Kommerskollegium 2023). SIS är organisationen som driver framtagandet av lerputsstandarden idag, därför valde arbetet att fokusera hur deras verksamhet ser ut.

Svenska institutet för standarder (SIS) är ett nätverk av experter som arbetar på uppdrag av regeringen för framtagningen av internationella standarder (Svenska institutet för standarder 2023a). Standardiseringsarbete som utförs ska ske i enlighet med SIS, NSS (Nämnden för svenska standard), ISO:s (internationella standardiseringsorganisationen) och CEN:s (europeiska standardiseringskommittén) regelverk samt deras uppförandekoder (ibid 2023a). SIS tillsammans med olika organisationer hjälper till med utvecklingen av standarder, dessa standarder är helt frivilliga att följa (SIS 2023b). En standard innebär således inte att det är en lag som måste följas däremot kan standarden bli bindande i form av avtal eller genom lagstiftning men i grunden är den inte bindande.

SIS skapar en möjlighet för organisationer att vara med och påverka hur de svenska och internationella standarderna utformas (SIS 2023a). Alla juridiska personer i Sverige är välkomna att delta vilket uppmuntras då verksamheten berikas med en bredare kompetens som kan bredda innehållet i standardiseringsprodukterna.

Beslutet att påbörja ett standardiseringsarbete baseras på finansieringen från intressenter samt hur många intressenter det finns, då detta är betydande för uppstarten av ett arbete (SIS 2023a). Arbetet som deltagande utför ligger utanför kommitténs finansiering vilket innebär

ideellt arbete för deltagarna om inget annat anges i verksamhetsplanen (ibid 2023a). Standardiseringsprocessen består av 9 steg (SIS 2023b). När SIS tagit fram en standard skickas den ut på publik remiss. Här skapas möjligheten för allmänheten att kommentera och lämna åsikter. Responsen tas sedan i beaktning innan den slutliga publiceringen sker (ibid, 2023b).

4.12 Standardernas utveckling

Avsnittet beskriver standardernas utveckling för obränd lera i främst Tyskland samt när standarder infördes i andra länder i Europa. En beskrivning ges på hur standarden för obränd lera ser ut i Sverige idag.

4.12.1 Internationellt

Lerbyggnadskonstruktioner eller lerbyggande har tidigare inte betraktats som en konstruktion som behövs projekteras av en ingenjör. Byggandet har gjorts i egen regi där lokalbefolkningen lärt upp varandra och därav levde tekniken vidare (Schroeder 2018). Resultatet av följande medförde att standarder för byggnadstekniken inte utvecklades i takt med de konventionella byggnadsmaterialen som används idag (Schroeder 2012). Industrialiseringen visade sig också vara en hämmande anledning till utvecklingen av standarder och regelverk endast utvecklades i ett fåtal länder. Detta eftersom betong, stål och trä hamnade i fokus. Det finns lerbyggnadsstandarder i över 19 länder världen över idag, där varje land befinner sig olika långt fram i processen. Vid utformningen av standarderna som länderna infört utvärderas materialet utifrån 3 olika aspekter, jordklassificering, jordbyggnadsmaterial och jordkonstruktionssystem (ibid 2012).

Den litteratursökning som genomfördes av skribenterna under arbetets gång identifierade det första regelverket i Tyskland på 1300–1400 talet då utvecklingen av städer växte snabbt i centrala Europa (Schroeder 2012). Urbaniseringen ökade i snabb takt vilket resulterade i att städerna fick slut på timmer som i sin tur ledde till framtagandet av första regelverket. Regelverket innefattade att timmer endast fick agera som bärande konstruktion och utfyllnaden skulle bestå av lera, natursten eller andra material (ibid 2012).

Standarder för byggande med jordmaterial har utvecklats under en lång period i Tyskland (Schroeder 2012). Som en konsekvens av andra världskriget var miljoner människor i behov

av nya hem och industrierna var förstörda. Lera var ett lättillgängligt och lokalt material vilket ledde till införandet av Tysklands första riktiga standard på 50-talet. Intresset för lerbyggande avtog dock kort därefter och standarden togs bort. Under 80-talet återupptogs intresset och ”Lehmbau Regeln” infördes på 90-talet. Lehmbau Regeln är den tyska lerbyggspraxisen och har varit betydelsefull för etableringen av lerbygge i Tyskland (ibid 2012).

År 1992 publicerades Spaniens första riktlinjer för byggande med lera. Stampad lera var huvudfokuset men även adobe-tekniken beskrevs kortfattat (Maniatidis & Walker 2003). Samma år släppte även Frankrike sin första standard, där de några år senare släppte ytterligare ett regelverk. Några år senare, 1994, släppte Schweiz en standard (Schroeder 2012). Australien släppte en Handbok för lerbyggen 2002, boken innehöll bland annat riktlinjer för byggande upp till två våningar (Maniatidis & Walker 2003).

Idag finns det välutvecklade standarder i Tyskland, adobe, lerputs och lerblock är exempel på vad som finns i Tysklands DIN (Deutsches Institut für Normung) (Schroeder 2018). Enligt hållbarhetsspecialisten Johan Jönsson kommer en reviderad version av den Tyska DIN-standarderna ut i juni 2024 där en uppdatering av utfördes. Uppdateringen medförde ett godkännande för 4 våningshus med adobe som bärande stomme (Jönsson 2023).

4.12.2 Sverige

År 2011-2012 gjordes ett försök till införandet av utbildningsmaterial för obränd lera i Sverige (Göteborgs universitet 2020). Projektet finansierades av EU med syftet att översätta lerputsutbildningsmaterial till svenska, finska och estniska. Utbildningsmaterialet anpassades utefter aktuellt land och dess traditioner samt har testats i pilotkurser. I materialet ingick lärarhandledning, instuderingsmaterial samt teoretiska och praktiska uppgifter (ibid 2020). Under intervjun med agronomen¹ berättar respondenten att målet var att införa lärande av lerbyggnadstekniker i svenska byggutbildningar och på så sätt öka kunskapen om lera som byggnadsmaterial även i yngre generationer. Lerbyggeföreningen hade som önskemål att alla blivande byggarbetare skulle ha jobbat med lera någon gång under sin utbildning innan de tar steget ut på arbetsmarknaden. Projektet uppmärksammades inte i den utsträckningen som önskades och projektet fick läggas ner.

¹ Utbildad agronom och diplomerad lerbyggare. Telefonsamtal 10 april 2024

I januari 2023 hölls ett intressentmöte arrangerat av SIS (Svenska institutet för standarder) för obränd lera som byggnadsmaterial i Sverige (Svenska institutet för standarder 2023c). Mötet arrangerades för olika aktörer från byggbranschen, myndigheter och akademien, vilket öppnade upp möjligheten att tillsammans inleda arbetet och skapa bra förutsättningar för standardiseringsprocessen av lerputs. Mötet var det första steget mot införandet av en standard för obränd lera i Sverige. Arbetet som pågått sedan januari 2023 är en standard obränd lera som puts, vilket kommer bli den första standarden i Sverige. Planen är att fortsätta utveckla standarder för andra tekniker efter införandet av lerputs (Svenska institutet för standarder 2023c).

Samtidigt som standardiseringsarbetet fortgår driver SIS tillsammans med en arkitektbyrå ett projekt som går ut på att översätta den tyska lerbyggspraxisen, Lehmbau regeln. Avsikten med projektet är att regeln ska stötta byggprojekt där lokala lermassor eller stampad lerteknik används. Det är onödigt att de massorna ska köras fram och tillbaka till en fabrik enbart för lermassorna ska kunna användas som en standardiserad produkt (HSB Living Lab 2023).

4.13 Lagkrav gällande byggnader

Följande kapitel kommer förklara hur lagkraven i Sverige är uppbyggda, vem som skriver reglerna samt huruvida reglerna måste följas eller inte. Avsnittet belyser även bygglovsprocessen och vilka krav som kan vara svåra att bevisa innan startbesked.

Regler är ett samlingsbegrepp för myndigheternas föreskrifter, lagar och förordningar (Boverket 2023 l). När det gäller föreskrifter, lagar och förordningar är de krav och skall följas medan allmänna råd är rekommendationer. Boverket har även allmänna råd vilket agerar som riktlinjer och hjälper användaren uppfylla kraven som föreskrifterna beskriver. Vilket betyder att allmänna råd och riktlinjer inte behöver följas om föreskrifternas krav uppfylls genom en annan lösning (Boverket 2023l).

Reglerna som skall följas beskrivs i plan- och bygglagen (PBL) samt plan- och byggförordningen (PBF) (Boverket 2023l). Lagkraven reglerar bland annat de tekniska egenskaper som måste följas vid uppförandet av en byggnad vilket beskrivs i plan- och bygglagen. Riksdagen beslutar om de lagkrav som finns i PBL. Regeringen utformar plan- och byggförordningen som förtydligar lagkrav i PBL.

4.13.1 Boverket

Boverket är en nationell myndighet som riktar sig mot stadsutveckling, samhällsplanering, boende och byggande (Regeringskansliet). Boverket har befogenheten att formulera föreskrifter och allmänna råd till PBF. Riktlinjerna och föreskrifterna står i Boverkets författningssamlings (BFS) som även publiceras i regelsamlingen ”Boverkets byggregler” (BBR) (Boverket 2023 1). Information gällande allmänna regler för byggnader, tillgänglighet, bostadsutformning, brandskydd, hygien, miljö och hälsa, säkerhet, fukt, beklädnad och ytskikt samt energihushållning är exempel på vad BBR:s allmänna råd och föreskrifter innefattar (Boverket 2011).

Regler gällande bärförmåga, beständighet och stadga är konstruktionsregler (EKS) och följer de Europeiska regelverket Eurocode som gäller för hela EU med vissa anpassningar efter geografisk placering. Reglerna publiceras i Boverkets konstruktionsregler (BKR) och ingår i BFS (Boverket 2019). På Boverkets hemsida står följande *”Boverkets bygg- och konstruktionsregler utgör de krav som samhället kräver att byggnader minst måste uppfylla. Det handlar om bland annat barnsäkerhet, tillgänglighet, brandskydd, bärförmåga och en god inomhusmiljö. Dessa krav ska uppfyllas för alla nya byggnader ”*. Kraven innefattar även att byggnaden ska underhållas på lämpligt sätt och att egenskaperna för byggnaden bevaras (Boverket 2023a).

4.13.1.1 Möjligheternas byggregler

Boverket har ett pågående projekt ”Möjligheternas byggregler” vilket innebär att Boverket reviderar och omformulerar nuvarande byggregler. Arbetet har pågått sedan 2019 (Boverket 2024c). Regelverken kommer numera inte hänvisa till de standarder och riktlinjer som finns idag eftersom de upplevts missvisande för många enligt Boverket. Arbetet beräknas vara klart och reglerna ska träda i kraft den 1 januari 2025. Projektets syfte är att skapa en tydligare ansvarsfördelning där Boverket har fortsatt ansvar att klargöra lag- och förordningskraven. Branschen får därför ett större ansvar där de förväntas ta fram lösningar samt metoder som bevisar att lösningen uppfyller funktionskraven som efterfrågas. Förhoppningen är att projektet leder till utvecklande av tekniker eller metoder som kan vara behjälpliga när det

kommer till att möta allt hårdare krav som ställs på ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet (Boverket 2024b).

I Svensk Byggtidning säger Anders Sjelvgren, Boverkets generaldirektör *”Reglerna ska förenklas. Detta ska bidra till ökad effektivitet i byggandet, mindre miljöpåverkan och göra det möjligt att få fram betydligt flera innovativa lösningar”* (Stordåhd Kommunikation AB 2021).

Branschen verkar ha delade åsikter om Boverkets nya ”byggregler”, Mats Östlund anser det vara på tiden medan Monika Albertsson uttrycker en oro för framtida byggnationer. I Byggkoll skriver Mats Östlund att det är hög tid att regelverken uppdateras, och är övertygad att byggsektorn är kapabel att axla ansvaret. På Sveriges Arkitekters bloggsida kallar Arkitekten Monika Albertsson *Möjligheternas byggregler för ”Omöjligheterna byggregler”* och uttrycker en stark stor oro då föreskrifterna beskriver funktionskrav men inte hur dem ska uppfyllas. Skribenten tvivlar på en säker byggnation utan föreskrifter och allmänna råd (Albertsson 2023b). I ett annat inlägg uttrycker Per Jameson, ordförande på TILRF *”att kravnivån blir otydlig när de allmänna råden försvinner. Det leder till fler och skilda tolkningar i kommunerna, det vill säga motsatsen till vad Boverket vill uppnå”* (Albertsson 2023a). Informationen tyder på oro gällande möjligheternas byggregler och när dem träder i kraft.

4.13.2 Byggnadsnämnden

Oavsett vilken byggåtgärd som skall utföras där ett bygglov krävs skall Boverkets bygg- och konstruktionsregler följas. (Boverket 2023a). Varje kommun har en byggnadsnämnd och det är de som beviljar bygglov (Boverket 2020b). Första steget i bygglovsprocessen är ansökan, som skickas till byggnadsnämnden i kommunen där alla handlingar där ritningar, uppgifter och andra dokument skickas in som är avgörande för nämndens beslut. Skulle uppgifter saknas krävs en komplettering innan byggnadsnämnden prövar ansökan. Under prövningen analyserar kommunen om byggnaden är lämplig för sitt ändamål, val av kulör och fasadmaterial samt om byggnaden är anpassad för nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga. Uppfylls kraven godkänns ansökan. Nekade ansökningar går att överklaga. Efter en godkänd ansökan hålls ett tekniskt samråd där ytterligare detaljer diskuteras samt planering och organisering sker. Ett startbesked ges efter det tekniska samrådet och alla uppgifter är

godkända. Innan ett starbesked givits är det inte acceptabelt att påbörja byggnationen. Innan en byggnad tas i bruk utförs en slutbesiktning (ibid 2020b).

4.13.3 Bygglovsprocessen

Enligt byggnadsinspektör Julia Engström² på Lunds kommun är det inte godkännandet av bygglovsansökan som sätter stopp för byggande med ovanliga material som obränd lera. Utan mest troligt är att problematiken uppstår under det tekniska samrådet som är en del av bygglovsprocessen. Den ansökande behöver under det tekniska samrådet bevisa att energikraven på byggnaden uppfylls samt hitta personer som vill stå som ansvarig för en byggnad som uppförs där standarder eller regelverk inte finns som en vägledning. Byggnadsnämnden kan frångå regelverk och standarder om den ansökande kan bevisa att konstruktionen klarar av de laster som den utsätts för, att byggnaden klarar energikravet samt att den är fuktsäker och eventuellt övriga krav.

För att få ett förtydligande gällande vissa delar gällande Boverket fördes en e-post konversation med en anställd på Boverket. I e-post konversation skriver experten³ inom byggregler på Boverket följande ”*Jag ser det väl som möjligt att bygga lerhus som uppfyller byggreglerna men att dagens komfortkrav kan vara en utmaning. Energitkraven också, med rätt utformad värmeisolering (som inte ger fuktskador) eller modifierad kanalurning kan lösa båda utmaningarna*”. Här ges en indikation på vad som kan vara utmanande med lera som byggnadsmaterial men experten ser samtidigt det möjligt att bygga med lera.

4.14 Boverket krav på byggnader

Det ställs en mängd olika krav som ska uppfyllas vid uppförande av en byggnad. Därför valde detta examensarbete att fokusera på de föreskrifterna som gäller för energikrav, brandbeständighet, akustik, fuktsäkerhet och konstruktion på grund av de begränsningar arbetet har behövt göra. Arbetet har inte belyst krav som exempelvis funktionskrav, bostadsutformning, utrymningsvägar, tillgänglighet eller säkerhet vid användning.

² Byggnadsinspektör Julia Engström på Lunds kommun. Videosamtal 12 april 2024

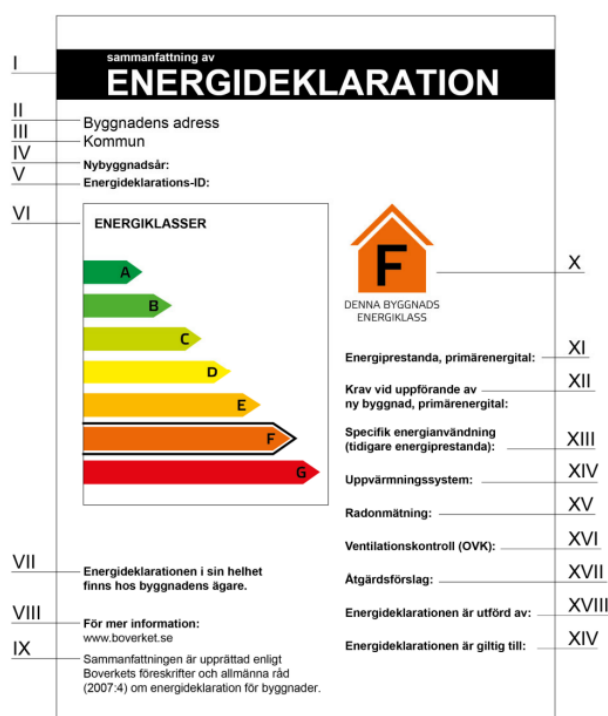
³ En anställd på Boverket och är expert på byggregler. Mailkontakt 10 maj 2024

4.14.1 Energiförbrukning och energideklaration

I BBR (BFS 2011:6) kap 9 Energihushållning står följande ” Byggnader ska vara utformade så att energianvändningen begränsas genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kylanvändning och effektiv elanvändning.” (Boverket 2011). Vilket är vad lagkraven och föreskrifterna baseras på.

När en ny byggnad uppförs idag finns det krav på en energideklaration som ska lämnas in senast två år efter byggnaden tagits i bruk (Boverket 2024a). Det finns undantag där en energideklaration inte är ett krav, som exempelvis fritidshus. En del av deklARATIONEN innebär uppvisande uppgifter om byggnadens energianvändning. Beroende på värdet

primärenergitalet beräknas till kommer byggnaden placeras i en energiklass mellan A till G, där A innebär en låg energianvändning och G innebär en hög energianvändning (ibid 2024a). Energinvändningen uttrycks i primärenergital (EP_{pet}). Primärenergitalet beräknas enligt ekvation 5 och ger ett värde på byggnadens energianvändning, Boverkets godkända värde redovisar i Tabell 10 och bör inte överstigas (Boverket 2020a). Vid uträkningen av energianvändningen korrigeras den geografiska faktorn eftersom kraven på EP_{pet} varierar beroende på vart i Sverige byggnaden ska uppföras. EP_{pet} beräknas enligt ekvation 5 (ibid 2020a)



Figur 17: Energideklaration (Boverket 2024a).

$$EP_{pet} = \frac{\sum_{i=1}^6 \left(\frac{E_{uppv,i}}{F_{geo}} + E_{kyl,i} + E_{tvv,i} + E_{f,i} \right) \cdot VF_i}{A_{temp}} \quad (\text{Ekvation 5})$$

EP_{pet} = Energiförbrukning [kWh/m^2 och år].

$E_{uppv,i}$ = Energi till uppvärmning [$kWh/år$].

F_{geo} = Geografisk justeringsfaktor.

$E_{kyl,i}$ = Energi till komfortkyla [kWh/år].

$E_{tvv,i}$ = Energi till tappvarmvatten [kWh/år].

$E_{f,i}$ = Fastighetsenergi [kWh/år].

VF_i = viktningsfaktor per energislag.

A_{temp} = Total area för alla våningsplan [m^2].

Tabell 10: Ett utdrag från BBR:s Tabell 9:2a (Boverket 2022).

Tabell 9:2a Högsta tillåtna primärenergital, installerad eleffekt för uppvärmning, genomsnittlig värme genomgångskoefficient och genomsnittligt luftläckage, för småhus, flerbostadshus och lokaler.

	Energi- prestanda uttryckt som primärenergi- tal (EP_{pet}) [kWh/m ² A_{temp} och år]	Installerad eleffekt för uppvärmning (kW)	Genomsnittlig värme genom- gångskoeffi- cient (U_m) [W/m ² K]	Klimatskärmen s genomsnittliga luftläckage vid 50 Pa tryckskillnad (l/s m ²)
Bostäder				
Småhus >130 m ² A_{temp}	90	4,5 + 1,7 x ($F_{geo} -$ 1) ¹⁾	0,30	Enligt avsnitt 9:26
Småhus >90–130 m ² A_{temp}	95			
Småhus >50–90 m ² A_{temp}	100			
Småhus ≤50 m ² A_{temp}	Inget krav	Inget krav	0,33	0,6
Flerbostadshus	75 ⁴⁾	4,5 + 1,7 x ($F_{geo} -$ 1) ¹⁾⁵⁾	0,40	Enligt avsnitt 9:26
Lokaler				
Lokaler	70 ²⁾	4,5 + 1,7 x ($F_{geo} -$ 1) ^{1), 3)}	0,50	Enligt avsnitt 9:26

Boverket ställer idag krav på en byggnads genomsnittliga värme genomgångskoefficient (U_m) vilket anger om en byggnad är tillräckligt isolerad eller inte (Boverket 2020c). U_m ger ett värde på hur mycket värmeenergi som hela klimatskärmen släpper ut och beräknas enligt ekvation 6. Klimatskärmen är de delar som gränsar till uteluften så som byggnadens golv, tak, ytterväggar samt fönster och dörrar. För beräkning av U_m behövs U -värdet för varje byggdel beräknas (ibid 2020c). Boverket anger ett värde på 0,18 W/(m²·K) att eftersträva vid ändring i byggnadens klimatskärm för ytterväggar (Boverket, 2011). U -värdet kan variera för de olika fasaddelarna på en byggnad, under förutsättningarna att delarna kompenserar för varandra och det genomsnittliga U -värdet för konstruktionen uppfyller Boverkets krav (Lindgren 2020).

U_m beräknas enligt Ekvation 6 (Boverket 2011).

$$U_m = \frac{(\sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m l_i \Psi_k + \sum_{j=1}^p X_j)}{A_{om}} \quad (\text{Ekvation 6}).$$

U_m = Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [$W/(m^2 \cdot K)$].

U_i = Värmegenomgångskoefficient för en byggnadsdel [$W/(m^2 \cdot K)$].

A_i = Total area för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmda delar [m^2].

l_i = Längs på linjär köldbrygga [m].

Ψ_k = Värmegenomgångskoefficienten för den linjära köldbryggan k [$W/(m^2 \cdot K)$].

X_j = Värmegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggan j [W/K].

A_{om} = Omslutande area [m^2].

U-värdet och energideklarationen går hand i hand då U-värdet berättar mycket viktig information för byggnation av energieffektiva hus som genererar i en bra energiklass i energideklarationen (Lindgren 2020).

I en artikel publicerad i Göteborgs-Posten gjordes en intervju med lerhusbyggaren Flemming Norrgren, professor på Chalmers (Eliasson 2012). Flemming uttrycker att de energiberäkningsnormer som Sverige har idag gör det omöjligt att bygga fler lerhus eftersom Boverkets energikoefficienter inte tillåter fler. Han säger att materialet inte har svårt med uppvärmningen utan politiker samt byggnadsmaterialindustrin låser sig fast vid sätt att styra energiförbrukningen (ibid 2012).

I det svenska klimatet med kalla vintrar blir det svårt att möta kraven som ställs på U-värdet idag vid byggande med lera som homogena väggar, men även för lerväggar exempelvis halmblandning (Minke 2022). Utifrån de U-värden som presenteras i kapitel 4.5.6 tyder det på att leran kommer ha svårt att uppfylla kraven som Boverket ställer för en byggnads genomsnittliga värmegenomgångskoefficient. I Tabell 6 redovisas beräknade U-värden för olika material som homogena väggar. Det är sällan väggar inte behöver isolering, speciellt i det svenska klimatet. Betongen fick ett U-värde på $5,7 W/(m^2 \cdot K)$, trä fick ett U-värde på $0,47 W/(m^2 \cdot K)$ och stål fick ett värde på $166,7 W/(m^2 \cdot K)$ vilket innebär att dessa material inte klarar Boverkets rekommenderade värde utan isolering heller. Detta tyder på att leran har potentialen att klara Boverkets rekommendationer med rätt sammansättning/isolering men det

krävs ytterligare forskning och mätningar för att hitta rätt sammansättningar som möter kraven.

4.14.2 Klimatdeklaration

I januari 2022 blev klimatdeklaration ett krav vid uppförandet av nya byggnader (Boverket 2023j). Lagen införs för klimatpåverkan i byggskedet ska minskas men också för att öka medvetenheten om de klimatavtryck som byggnaden avger (Boverket 2021). Byggherren ansvarar för att klimatdeklarationen görs på korrekt sätt samt att deklarationen lämnas in till byggnadsnämnden för att kunna få ett slutbesked (ibid 2023j). Byggskede, slutskede och användningsskede är livscyklar som en byggnad är indelad i. Klimatdeklarationen ska ange information om de utsläpp av växthusgaser som genereras från byggskedet. I byggskedet ingår följande faktorer: råvaruförsäljning, transport, tillverkning, bygg och installationsprocessen (Boverket 2023h). Boverket har i uppdrag av regeringen att lämna förslag på hur framtagandet av gränsvärden kan effektiviseras samt vidga användningen av klimatdeklarationen (Boverket 2023g). Boverket har lämnat ett förslag på gränsvärden för högsta mängden kilo koldioxidekvivalenter per kvadratmeter bruttoarea $\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$ BTA en byggnad får generera för en godkänd klimatdeklaration. Förslaget kan komma att införas 1 januari 2025. Det ligger även ett förslag om att klimatdeklarationen ska innefatta hela byggnadens livscykel från januari 2027 (ibid 2023g).

Idag ställs det endast krav på att en klimatdeklaration ska genomföras vilket betyder att leran uppnår kravet. Det ska införas gränsvärden och utifrån den klimatdata som framställs i kapitel 4.9.2 har leran god potential att hållas sig inför ramarna av de gränsvärden som kommer träda i kraft.

4.14.3 Fukt

Enligt PBL ska *hygien, hälsa och miljö* skyddas genom byggnadens tekniska egenskaper. Enligt PBF ska en byggnad uppföras utan att en risk för skada för användaren eller användarens grannar orsakas på grund av fukt (Boverket 2023d). I BBR (*BFS 2011:6*) kap 6:5 Fukt står följande ” *Byggnader ska utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa*” (Boverket 2011).

Under byggtiden bör byggnadsdelarna skyddas mot smuts och fukt. Besiktningar, mätningar eller analyser utförs under byggtiden för att säkerställa byggnadens skygg mot fuktskador. För att kravet i kapitel 6:5 i BBR ska uppfyllas bör en fuktsäkerhetsprojektering utföras i samband med projekteringen (Boverket 2023d). En fuktsäkerhetsprojektering hjälper till att säkerställa byggnadens skydd mot fuktskador på ett systematiskt arbetssätt. I BBR finns ett generellt krav som innefattar ett högsta tillåtna fukttillstånd som materialet eller produkten har inte får överskridas. Genom fuktsäkerhetsprojekteringen kontrolleras byggnadsmaterialens högsta tillåtna fukttillstånd, antingen genom kvantitativ bestämning, kvalitativ bedömning eller beprövad lösning (Boverket 2023e).

Kvantitativ bestämning utvärderar fuktsäkerheten genom beräkningar eller provningar (Boverket 2023e). Kvalitativ bedömning genomförs med hjälp av användningen av olika instruktionsböcker eller regler. Det är viktigt att kontrollera att de manualer som används fungerar för materialet. Beprövad lösning innebär att byggnadsdelens sammansättning eller materialet redan har väl kända fuktegenskaper och har dokumenterats under en 10 års period (ibid 2023e).

Om det inte finns väl undersökta och dokumenterade värden för materialets kritiska fukttillstånd kan materialets kritiska fukttillstånd antas vara 75% (Boverket 2011).

Beroende på vilket lerteknik som används behöver olika faktorer tas hänsyn till. Mackelering kräver att sockelhöjden behöver tas hänsyn till för att förhindra att väggarna suger åt sig för mycket fukt (Pritchard 2023a). Risken för fukt och mögel kommer alltid att finnas vid uppförandet av en byggnad. På grund av att leran har en bra fuktbuffrandeförmåga samt förmågan att konservera trä och andra organiska material, finns det indikationer som tyder på att leran inte kommer orsaka skador på människans hälsa. Utifrån de förutsättningar som presenteras i kapitel 4.5.1 finns det underlag som tyder på att leran uppfyller de fuktkrav som ställs.

4.14.4 Konstruktion

När ett byggnadsverk projekteras ställs det krav på att byggnaden inte uppnår oacceptabla deformationer, byggnaden delvis eller fullständigt faller samman, gör skada på andra delar av byggnadsverket (Boverket 2022).

Det ska säkerställas att byggnadens beständighet, bärförmåga och stadga inte orsaka skador, därför ska byggnaden dimensioneras utifrån den europeiska standarden (EKS). Olika typer av beräkningar utförs för bevisningen av att en byggnad lever upp till de krav som ställs.

Dimensionering görs utifrån olika säkerhetsklasser, exempelvis beroende på byggnadens användningsområde eller placering (Boverket 2022).

I BBR (BFS 2015:6) 6 § står det att *”Byggnadsverk och byggnadsverksdelar ska med tillräcklig tillförlitlighet ha en bärförmåga som är lika med eller större än lasteffekten under byggnadsverkets användningstid samt under uppförandet. Byggnadsverket ska också ha statisk jämvikt så att det stabiliserande momentet är lika med eller större än det stjälpande”* (Boverket 2022). Tvärkrafter, böjmoment, drag-tryckkrafter samt olika instabilitetsfenomen är exempel på lasteffekter som kan behövas tas hänsyn till (ibid 2022). Beroende på om en byggnad uppförs i betong, trä tegel eller stål kommer de lasteffekter en byggnad dimensioneras efter att variera då det är olika värdena som skall uppnås och varierar mellan olika material. Olika material besitter exempelvis inte samma hållfasthet, dragspänning eller nedböjning vilket gör att värdena varierar.

Om ett material saknar värden för bärförmåga eller hållfasthet kan det utföras tester på större eller mindre provbitar. Proverna utförs av byggherren, desto fler tester som utförs desto högre säkerhet utgör provet (Boverket 2023f).

Hållfastheten för olika lastbärande väggar, så som mackelering, adobe och stampad lera redovisas i kapitel 4.4.3. Värdena visar att stampad lera och adobe ligger i ungefär samma hållfasthetsklass som lättbetong och lecablock. Idag används lecablock till exempelvis murverk, grund eller inne och jordtryck mot källarväggar (Weber 2020). I EKS saknas beräkningsmetoder för lera som bärande lastväggar eller hänvisningar till standarder som kan vara aktuella (Boverket 2022). Då Tyskland bygger flervåningshus med lera som bärande konstruktion (Jönsson 2023) talar det för att konstruktionen håller som lastbärande konstruktion men det som saknas är svenska hänvisningar beräkningsmetoder.

Om ett lerhus uppförs med en trästomme som bärande konstruktion där väggarna ska isoleras med någon lersammansättning kommer byggnaden uppfylla Boverkets krav. Kravet kommer

uppfyllas eftersom byggnaden dimensioneras utifrån beräkningsmetoder för träkonstruktioner vilket finns i EKS (Boverket 2022).

4.14.5 Brandbeständighet

BBR tydliggör och utvecklar PBL:s och PBF:s grundläggande krav angående brand (Boverket 2023i). I BBR finns det många krav gällande brand. Det ställs krav på säkerheten kring uppförandet av nya byggnader vid uppkomst av brand, begränsning av rökutveckling och spridning, krav på avstånd till närliggande byggnader för att minska brandspridning samt på utrymningsvägar. I EKS förtydligas de krav som ställs på byggnadens bärförmåga då byggnaden måste vara intakt under en viss tidsram vid uppkomst av brand (ibid 2023i).

Byggnadsdelar delas in olika brandsäkerhetsklasser där risken för personskador delas in i kategorierna mycket liten till mycket stor risk (Boverket 2022). Varje brandsäkerhetsklass följs av 5 steg och kräver en högre säkerhet desto högre upp i skalan konstruktionen placeras.

En byggnad är i behov av brandceller i händelse av brand för att minska spridningen och beroende på vilken brandsäkerhetsklass byggnadsdelen placeras i måste byggnadsdelen uppnå en särskild brandteknisk klass (Boverket 2022). De olika brandklasserna är EI 15, EI 30, EI 60 samt EI 90, där siffrorna motsvarar hur många minuter väggen klarar av att motstå en brand.

I kapitel 4.5.2 beskrivs lerans brandbeständighet, beroende på vilken sammansättning eller lerteknik som används uppfyller leran brandklasser från 15–90 minuter. Det tyder på att leran skulle uppfylla BBR:s krav på brandbeständighet för bland annat brandceller.

4.14.6 Ljudkrav

Boverket ställer idag minimikrav på skydd mot buller men också på lokaler och bostäder (Boverket 2023b). Ljudkraven för bostäder är indelade i olika ljudklassificeringsnivåer där byggnadsnämnden enbart ser till att minimikravet är uppfyllt, skulle en annan ljudklass önskas sker det i avtal mellan entreprenör och byggherre. Ljudklasserna är A, B, C och D. Ljudklass A och B är ljudklasser som överstiger minimikraven som BBR ställer. Klass C innebär att minimikravet för bostaden är uppnådd och klass D uppfyller inte BBR:s krav (ibid 2023b).

Boverket ställer krav på ljudnivåskillnaden (D_{nT}), stegljudsnivån (L_{nT}), ljudnivå från hissar och installationer ($L_{pAeq,nT} / L_{pCeq}$) samt ljudisolering mot yttre ljudkällor ($L_{pAeq,nT}$) (Boverket 2020a). D_{nT} ger ett mått på väggens isolerande ljudförmåga och berättar hur mycket som transporteras mellan olika utrymmen. Det gäller även ljud mellan rum och från utemiljön. L_{nT} ger ett värde på isoleringsförmågan från utrymmen angränsande till stomburet ljud. $L_{pAeq,nT} / L_{pCeq}$ är ljudnivåer där ljud förekommer under en längre tid (ibid 2020a).

Utifrån de värden som presenteras i kapitel 4.5.3 ligger lerans ljudreduktionstal på samma nivå som betong och träkonstruktioner vilket är mellan 50-60 dB. Beroende på den obrända lerans densitet, tjocklek och sammansättning kommer olika ljudreduktionstal uppnås. Värdena som framställs i kapitel 4.5.3 talar för att leran skulle uppnå kravet för exempelvis ljudnivåskillnad på 52dB för en bostad som BBR ställer och redovisas i Tabell 11.

Tabell 11: Redovisning av de krav som framgår i BBR för olika sammanhang (Boverket 2020a).

Tabell 7:21a *Lägsta ljudnivåskillnad respektive högsta stegljudsnivå i bostäder när särskilt ljudisolerande åtgärder inte behöver vidtas.*

	Ljudnivåskillnad $D_{nT,w,50}$ mellan utrymmen [dB]	Stegljudsnivå $L_{nT,w,50}$ i utrymme [dB]
Från utrymme utanför bostaden till utrymme i bostaden	52	56 ¹
I följande fall gäller dock:		
från närings- och serviceverksamhet och gemensamma garage till bostad	56	52
mellan bostäder, utan direktförbindelse, inom särskilda boendeformer för äldre ²	52	62
mellan bostäder inom övriga behovsprövade särskilda boendeformer där höga ljudnivåer förekommer ²	56	56
från trapphus och korridor till bostad	52	62
från loftgång, trapphus eller korridor med dörr eller fönster till utrymme för sömn, vila eller daglig samvaro ²	44 / 40 ³ / 48 ⁴	62
från gemensam uteplats, exempelvis balkong eller terrass till bostad	Se tabell 7.21c	62

¹) Från hygienrum och förråd till bostad kan nivån frångås om det kan verifieras att stomljud från installationer ej överskrider värdena i tabell 7.21b. Nivån kan också frångås vid mätning på golvyta omedelbart innanför tamburdörr (cirka 1 m²).

²) För luftljud avses $D_{nT,w,100}$.

³) Gäller vid en gemensam och från övriga utrymmen avskild korridor till utrymme för sömn och vila i exempelvis boendeformer för studerande och i särskilda boendeformer för äldre.

⁴) Gäller från utrymme utanför bostad där betydande gångtrafik och höga ljudnivåer kan antas förekomma mer än tillfälligt, exempelvis vid postfack eller hiss.

Tabell 12 visar resultatet av studien av hur väl leran möter BBR:s krav, där kraven som obränd lera anses uppfylla idag samt kraven som anses bli svårare att uppfylla redovisas. Resultatet är baserat på lerans egenskaper samt de föreskrifter, allmänna råd och standarder som finns att tillgå i Sverige idag.

Tabell 12: De krav som leran anses uppfylla samt de krav som blir utmanande för leran som byggnadsmaterial att uppfylla.

BBR:s krav	Leran uppfyller kraven	Blir en utmaning att uppfylla
Brandbeständighet	✓	
Konstruktion	✓	
Fuktsäkerhet	✓	
Genomsnittliga värmegenomgångkoefficient (U_m)		✓
Klimatdeklaration	✓	
Primärenergital (EP_{pet})		✓
Energideklaration		✓

5 Resultat av intervjustudie

I följande kapitel presenteras resultatet av intervjustudien. Skribenterna till detta examensarbete har identifierat återkommande mönster och genomgående teman som har sammanställs för att ge en tydligare bild av intervjusvaren. Alla respondenter erhöll inte alla frågor då det inte var av relevans utifrån respondenternas yrkestitel eller erfarenheter. Om inget annat redovisas kan läsaren utgå från att alla har besvarat frågan. Vilka frågor som ställdes redovisas i Bilaga 3.

Respondenterna upplevs generellt ha en positiv inställning till obränd lera som byggnadsmaterial, vilket kan påverkat svaren i intervjustudien. Alla respondenter upplevdes pålästa och kunniga om obränd lera. Intervjustudien genererade i fler positiva aspekter med obränd lera jämfört med negativa aspekter vilket kan bero på respondenternas positiva inställning till materialet.

Intervjuperson 1: Hållbarhetsspecialist (HS)

Intervjuperson 2: Inredningsarkitekt (IA)

Intervjuperson 3: Civilingenjör inom samhällsbyggnad, projektledare (PL)

Intervjuperson 4: Civilingenjör inom samhällsbyggnad, byggnadsvårdare (BV)

Intervjuperson 5: Arkitekt (A)

Intervjuperson 6: Agronom, diplomerad lerbyggare (DL)

5.1 Utmaningar med obränd lera som byggnadsmaterial i Sverige

Standarder och regelverk

Ett återkommande mönster som identifierades genom intervjustudien är problematiken med obefintliga standarder och regelverk för obränd lera som byggnadsmaterial. HS, PL och A är eniga om att standarder och regelverk är avgörande för att öka användningen av obränd lera i den svenska byggbranschen. Konsekvensen av obefintliga standarder är att ingen vågar stå bakom ett projekt eftersom de inte har något att luta sig tillbaka på.

Kostnad och tid

Ett annat genomgående ämne är kostnad och tid. Respondenterna HS, PL, A och DL reflekterar över att byggtiden är svårbedömd samt hur mycket resurser som går åt, det blir därmed osäkert att bygga med materialet. Det finns inte tillräckligt många referensprojekt i Sverige vilket leder till begränsad information gällande åtgång av resurser. HS och PL belyser svårigheten att uppskatta ungefärlig tid och kostnad för ett projekt som byggs i ett ovanligare material. Ytterligare en respondent belyser att obrända lermaterial har långa torktider, vilket leder till en längre byggprocess. Samtidigt uppmärksammar PL och A tidsaspekten som är en viktig faktor i dagens byggbransch. Det finns inget utrymme för att experimentera med nya material om tidsplan och budget ska hållas.

Kunskapsläge

Flera av respondenterna, PL, A, BV och DL, är eniga om att bristen på kunskap försvårar möjligheten av införandet av obränd lera som alternativt byggnadsmaterial. Det leder till att företagen inte vågar satsa och använda materialet i sina projekt. DL belyser problematiken med få entreprenörer som kan ta på sig projekt som uppförs med obränd lera. BV förklarar att

materialet föll i glömska på 90-talet och mycket kunskap gick då förlorad eftersom den inte dokumenterats i en större utsträckning.

Respondent PL

”Kunskapsbristen är den största utmaningen eftersom man inte vågar satsa när man inte vet hur resultatet kommer bli, hur lång tid det kommer ta, eller vad det kommer kosta.”

Väderbeständighet

HS och DL belyser materialets väderbeständighet som en utmaning vid uppförandet av lerkonstruktioner. DL berättar att en ordentlig sockel är en viktig faktor som behöver tas hänsyn till när obränd lera används som fasadmaterial, eftersom vatten inte bör komma i kontakt med väggens nedre del. Ett ordentligt takutsprång är också viktigt för att skydda väggen mot nederbörd. Fasaden kan ytbehandlas med kalkputs för att väggen ska bli mer väderbeständig. HS berättar att i Tyskland blandas leran med metylcellulosa och i Kina har det använts en klibbig rismassa för att lermaterialet inte ska nötas ner lika snabbt av nederbörd.

Sand som tillsats

För rätt konsistens på lerblandningen ska uppnås behöver fördelningen av vatten, sand och grus optimeras. Om leran är för fet behöver den magras vilket kan göras genom tillsättning av sand eller fibrer. Sand är att föredra som utblandningsmaterial framför fibrer om en slät yta ska uppnås, men HS belyser problematiken med användningen av sand som utblandningsmaterial. Utvinningen av sand förstör den biologiska mångfalden då havsbottnar muddras och barnarbete förekommer säger HS.

Övriga aspekter

Andra aspekter som tas upp är att det kan vara svårt att fästa föremål på väggar som uppförts i lermaterial. Väggarna blir även mindre stöttåliga och har ett sämre U-värde jämfört med andra material. Då materialets dimensioner ändras med fuktigheten kan det uppstå glipor mellan vägg och list vilket kan påverka det arkitektoniska uttrycket.

5.2 Positiva aspekter med obränd lera som byggnadsmaterial

Lågt klimatavtryck

Alla sex respondenter är eniga om lerans låga klimatavtryck vilket gör materialet attraktivt som ett alternativt material i den svenska byggsektorn. Dels för den inte behöver transporteras eftersom det är möjligt att arbeta med uppgrävd lera direkt från platsen. Dels för lera har van der Waals- bindningar, vilket gör att materialet inte kräver lika mycket energi som exempelvis betong vid tillverkning. HS uttrycker att det har blivit alltmer attraktivt att bygga med material som genererar lägre klimatavtryck. Orsaken till detta är införandet av statliga bidrag men även ett ökat intresse hos allmänheten, som finner byggnader med lägre klimatavtryck attraktiva.

Respondent HS

”De positiva aspekterna med att använda obränd lera som byggnadsmaterial är att det kan ersätta andra material som har högre energiförbrukning i tillverkningen”

Cirkularitet

HS, IA, BV, A och DL belyste att lera är ett cirkulärt och lokalt material, genererar korta kretslopp, och är lätt att återanvända. Fördelen med användningen av ett lokalt material är att få eller inga transporter krävs. HS och BV förtydligar att när lerbyggen rivs återgår materialet till sin ursprungsform och kan direkt användas till nya projekt. Materialet är enkelt att omforma eftersom ler har en liten partikelstorlek. DL tillägger att det är möjligt att återanvända lera till odling.

Fukt

Respondenterna HS, PL, A och DL tar upp fuktegenskaperna hos materialet och lerans förmåga att balansera inomhusklimatet. HS fördjupar sig i vad detta innebär och förklarar att lera reglerar inomhusklimatet eftersom luftfuktigheten hålls stabil under hela året. En jämn relativ fuktighet hjälper människans slemhinnor att bli mer motståndskraftiga och därmed mindre infektionskänsliga. Lera bevarar de organiska materialen genom att absorbera fukt från materialen vilket beror på lerans låga fuktkvot, vilket samtidigt hindrar de organiska materialen från att ruttna. HS nämner lerans fuktbufferande förmåga, vilket innebär att vattenmolekyler som sugas in i lerväggen filtreras i väggen för att sedan släppas ut som

destillerat vatten (renare vatten). Detta är en fördel då damm, virus och bakterier sitter på vattenmolekyler och blir kvar i väggen. I lerväggen är det för torrt för virus och bakterier att överleva vilket gör att lerväggen på ett naturligt sätt bryter ner dessa skadliga partiklar.

Brandbeständighet

HS, PL och A är eniga om att lera besitter goda brandegenskaper. A nämner att obränd lera är näst intill obrännbart beroende på vilken sammansättning eller lerteknik som använts.

Värmelagring

A som själv bor i ett hus med lerputs på insidan berättar att materialet ger en behaglig innetemperatur. Under sommarhalvåret blir det inte lika varmt som det blir i exempelvis trähus eftersom lera har bra värmelagrande egenskaper. PL berättar att lerans värmeegenskaper liknar betongens, den har hög värmekapacitet och leder värme bra.

Robust och tungt material

Lera är ett robust och tungt material som nämns av HS, PL och A. Alla tre belyser möjligheten att byta ut betong mot lera, inte helt men delvis. Lera är ett tungt material vilket möjliggör användningen av lera i bjälklag. Idag används betong i bjälklag som komplement för att få tyngd i exempelvis träkonstruktioner. Att ersätta betongen med lera där betongen endast utnyttjas för sin tyngd kan vara ett steg i rätt riktning mot att minska branschens klimatpåverkan säger HS.

Akustik

Två av intervjupersonerna, PL och A belyser materialets akustiska egenskaper. Båda anser att lera har bra ljudisolerande egenskaper. A, som själv bor i ett hus med putsade innerväggar berättar att ljud inte vandrar mellan rummen och vinden inte hörs utifrån. Respondenten berättar att besökare ofta upplever huset tyst och luddämpande.

5.3 Anledningen till att Sverige inte kommit lika långt i standardiseringsprocessen av lera

Finansiering

Två av respondenterna, PL och A, belyser att byggbranschen är hårt ekonomiskt pressad och inte vågar ta risker med aktuella projekt. PL ger ett förslaget där införandet av en innovationspott för svenska företag kan vara ett alternativ. Syftet med potten är att ge möjligheten till ekonomiskt stöd vid projekt med nya innovationer som exempelvis ett nytt material. Det gör att själva projektet inte belastas om det skulle ske en kostnadsökning. En projektledare har ansvaret att försöka hålla nere kostnader och se till att den bestämda budgeten hålls. Det leder till att projektledare inte vågar satsa på ett nytt material om det kan äventyra kostnaden för projektet säger PL.

En konservativ byggbransch

HS och A beskriver den svenska byggbranschen som konservativ och menar att det är anledningen till att Sverige inte har kommit lika långt i utvecklingen. A uttrycker att maktutdelningsprocessen har kommit längre i Tyskland än i Sverige, den svenska byggsektorn är hårt pressad och det är därför det inte finns utrymme för att experimentera. Respondenten uttrycker även att Sverige har ett fåtal stora byggföretag som bestämmer spelramarna för branschen medan Tyskland har fler små aktörer som inte har lika mycket makt att dominera.

Respondent A

”Vi är oerhört ointresserade av att testa saker, arkitekter är duktiga på att vara innovativa men har alldeles för lite makt att påverka”.

Övriga aspekter

Två faktorer som tas upp av DL är följande: det krävs en professionell branschorganisation som kan främja obränd lera som byggnadsmaterial, det kan dessutom vara svårt att tjäna pengar på materialet eftersom det är lättillgängligt. Med lite grundläggande kunskap kan leran som grävs upp på den aktuella byggarbetsplatsen användas på plats. Det blir därför inte lika intressant för en industri att satsa på att ta fram produkter i lera.

Ytterligare en faktor enligt BV är att Sverige inte tog chansen att påbörja ett standardiseringsarbete när Tyskland ville införa en EU-standard. BV menar att lera inte var bortglömd i samma utsträckning i Tyskland som i Sverige efter industrialiseringen.

Respondent BV

”Om man vill att lera ska användas mer storskaligt även professionellt behövs en professionell branschorganisation som kan promota lera som byggnadsmaterial”.

5.4 Standarder och regelverkens roll i företagens materialval

Frågan har besvarats av två respondenter då frågan är riktad till företag och därav var frågan inte av relevans för övriga respondenter.

Standarder och regelverk: Avgörande för lera som ett framtida byggnadsmaterial PL och A är överens om att standarder och regelverk är avgörande för att företagen ska ha möjlighet att välja obränd lera som ett alternativt byggnadsmaterial. När ett anbud skickas in ges tydliga anvisningar på vilka regelverk som ska följas säger PL. Om en standard följs anser respondent PL att projektören lättare kan motivera sina val eftersom riktlinjer följs. En standard ökar tryggheten för alla inblandade parter. A anser att det behövs hårdare gränskrav för utsläppen på byggnader som inte är småhus. Respondenten gett ett förslag på en lösning vilket är att använda sig av en hybridlösning där lera blandas med ett annat material. A tar även upp att det är viktigt att pilotprojekt startas upp i samverkan med större företag.

Respondent PL

”Ja, när man skickar in ett anbud får man tydliga direktions vilka regelverk man ska följa. Det är lättare för projektören att motivera sina val genom att kunna följa en standard. Det blir en säkerhet på alla plan”

5.5 Aktuell lerbyggnadsteknik i Sverige

Här tillfrågades fem av sex intervjupersoner baserat på deras förväntade erfarenheter gällande aktuella lertekniker.

Stampad lera

PL, BV, A och DL anser stampad lera som mest aktuell i Sverige. Två respondenter, PL och DL anser icke lastbärande mellanväggar i flerbostadshus som mest aktuellt. Anledningen till detta är materialets ljuddämpande egenskaper, vilket kan förhindra ljudöverföringen mellan lägenheter samt materialets förmåga att jämna ut temperaturen inomhus. A anser att det gör mest skillnad ur ett klimatperspektiv genom användningen av stampad lera i mellanbjälklag där betongen kan bytas ut mot lera. BV uttrycker också den klimatomständiga skillnaden sker genom att utnyttja tyngden i materialet för att ersätta betong i träkonstruktioner. PL nämner att stampade lerväggar kan produceras som prefabricerade element, vilket gör materialet slagkraftigt i branschen eftersom det kan minska tidsåtgången för produktionen av en byggnad.

Lerputs

HS förespråkade lerputs som den mest aktuella tekniken eftersom den säljer bäst i resten av världen. Respondenten beskriver tekniken som *”den lägst hängande frukten”*. Respondenten menar att det är ett bra sätt att introducera materialet på eftersom lerputsen är mer synlig än exempelvis bjälklag av lera. Ytterligare två respondenter, A och DL, nämner puts som en aktuell teknik utöver stampad lera.

Adobe

Respondent A tar upp adobe som en annan aktuell teknik eftersom omställningen för murverksarbetarna inte blir lika stor som med andra tekniker som mackelering eller stampad lera.

5.6 Bygglovsansökan hos myndigheten

Alla sex respondenter fick frågan och utav dessa sex har endast en fullföljt hela bygglovsprocessen och fått bygglov, samt en respondent har påbörjat processen.

Respondent IA

IA undersökte stampad lera som ett alternativt byggnadsmaterial. Efter en konversation med kommunen blev respondenten avrådd att uppföra huset med stampad lera i kombination med växthuset som skulle omsluta huset. Av denna anledning i kombination med stampad leras höga U-värde avstod IA från att bygga med stampade lerväggar. IA valde därför ett annat biobaserat material i kombination med trästomme. Myndigheten ansåg att det skulle vara svårt att bevisa att byggnaden skulle klara energikravet under det tekniska samrådet och därmed inte få en godkänd energideklaration. Detta gällde för både lera och det valda materialet. IA ansökte därför om bygglov för ett fritidshus och inte för småhus eftersom det inte ställs samma energikrav på fritidshus. Respondenten tyckte bygglovsprocessen var en tidskrävande process men det går att få bygglov och hitta vägar som möjliggör byggande med ovanliga material.

Även om utvecklade standarder fanns att tillgå för byggande med obränd lera idag skulle respondenten inte valt stampad lera på grund av det dåliga U-värdet. Däremot är uppfattningen att standarder och regelverk hade underlättat kommunens arbete i godkännandet av vad som anses som unika bygglovsansökningar idag.

Respondent DL

DL har sökt bygglov och fått det beviljat. DL säger att det ofta är en lång process och problemet ofta uppstår i det tekniska samrådet och inte under bygglovsansökan. Respondenten uttrycker att det kan bero på kommunens och bygglovshandläggarens erfarenhet samt dess kunskap om materialet. Det kan även vara byggingenjörer som inte är bekanta med materialet som av den anledningen inte vågar godkänna detaljerna. Respondenten säger om det inte finns standarder eller regelverk vågar inte bygglovshandläggare gå utanför ramen och ge tillstånd.

Respondent DL

“Om man gör något som avviker från normen måste man förklara och både ha byxrem och hängslen på för att övertyga myndigheten som ska ge tillstånd att det här är bra”.

Övriga åsikter

A och PL betonar att standarder och regelverk är nödvändiga för att i sin profession samt ur ett företags perspektiv göra det möjligt att projektera med obränd lera samt ansöka om bygglov. A hade gärna sökt bygglov men har valt att avstå och därav anpassat sig till bygglovsbefriande åtgärder. A har avstått från bygglovsansökan då uppfattningen från omgivande personer som tidigare sökt är att processen är tidskrävande. BV har inte sökt bygglov då det är BV som utför arbetet åt byggherren men påpekar att problem har uppstått under processens gång och beslut kan variera beroende på handläggare och dess erfarenhet.

5.7 Anledningen till att svenska pilotprojekt inte vidareutvecklats

Fyra av sex respondenter tillfrågades baserat på om de varit delaktiga, eller förväntades besitta kunskap om pilotprojekt som har uppförts i Sverige.

Kunskapsbristen

DL, PL och BV uttrycker kunskapsbristen om obränd lera som en anledning till den hämmande utvecklingen av pilotprojekt. DL menar att det är för få som besitter tillräckligt med kunskap om lerbyggande för att kunna arbeta med det på ett professionellt plan. Enligt DL finns intresset hos kunden att uppföra byggnader med obränd lera, men det saknas entreprenörer som har tillräckligt med kunskap för att ta på sig projekten. Respondenten ger exempel på två projekt under de senaste fem åren har fallerat eftersom ingen ville ta sig an kundens projekt. DL säger att stora företagen har börjat visa intresse för materialet och om de fortsätter visa intresse kommer det bli en helt annan sak. Det kommer ta tid att bygga upp den kompetens som krävs för att de stora företagen ska känna sig trygga och använda obränd lera.

Obefintliga standarder

PL anger obefintliga standarder som en av orsakerna till att svenska pilotprojekt avstannar i utvecklingen.

Den ekonomiska aspekten

PL förklarar att svårigheten ligger i ovissheten av hur tidskrävande ett projekt kommer bli och den slutliga kostnaden för projektet blir svår att förutse. A nämner den ekonomiska aspekten men uttrycker hur enkelt det är att tjäna pengar på massproduktion av bostäder i Sverige. Det

har funnits för lite incitament för att fortsätta utveckla projekten. Genom hårdare gränskrav för utsläppen kommer användningen av klimatsmarta byggnadsmaterial öka och därmed kommer även pilotprojekten fortsätta utvecklas i större utsträckning säger A. Respondenten påstår även att arkitekter i Tyskland generellt sätt har mer makt att påverka och bär ett större ansvar då de upphandlar andra discipliner. I Sverige är arkitektens roll mer som en konsult och kan inte påverka branschen i samma utsträckning

5.8 Vad som krävs för att Sverige ska bygga mer storskaligt

Två av respondenterna har besvarat följande fråga då respondenterna arbetar på företag som kan komma att projektera eller bygga mer storskaligt med lera som byggnadsmaterial.

Standarder

Både PL och A är eniga om att standarder och regelverk är viktiga för att företagen ska våga satsa på materialet mer storskaligt.

Klimautsläppen

PL och A pratar båda om hur leran skulle minska klimatutsläppen samt hur miljökraven kommer bli en avgörande faktor för att på ett sätt tvinga företagen att använda andra material. A lägger förslaget att jämföra lerans utsläpp kontra betongens utsläpp för att göra en tydlig jämförelse. PL pratar om hur utsläppsrätterna kommer bli både färre och dyrare vilket gör fossila material dyrare att producera. Det leder till ökade priser för materialen vilket kan göra andra material mer konkurrenskraftiga.

5.9 Regelverk och standarders bidrag till projekt

Tre av sex intervjupersoner har tillfrågats baserat på erfarenhet och utbildning samt vilken inblick de har haft i aktuella projekt med obränd lera som byggnadsmaterial.

Enklare för aktörer

A, BV och DL är eniga om att standarder och regelverk gör det enklare för alla parter i byggprocessen. Många har fattat intresse för materialet och därför kan det vara bra att ha en utvecklad standard, säger A. Respondenten menar att utan standarder går det inte som företag att föreskriva obränd lera som byggnadsmaterial för det finns inga garantier att falla tillbaka

mot. Det krävs att en beställare själv förespråkar materialet för att obränd lera ens kan komma på tal för ett projekt.

Nackdel med standarder och regelverk

DL anser att det även finns en baksida med införande av standarder och regelverk.

Respondenten menar att det alltid finns situationer där standarderna inte går att tillämpa. DL beskriver problematiken med anställda bakom skrivbordet som genom införande av regelverk skapar problem i praktiken.

Respondent DL

”Regelverken är så pass komplicerat och detaljerat att ett byggföretag alltid kan gömma sig bakom regelverket och säga att de följt regelverket när något går fel. Men finns det ett ”basregelverk” för att bygga med lera så att det blir lättare för bygglovmyndigheterna att ge bygglov”

5.10 Utmaningar med införandet av regelverk och standarder

Det är fyra av sex personer som har fått frågan baserat på deras förväntade erfarenheter och kunskaper av arbete kopplat till standarder och regelverk.

Förståelse för materialet

A, DL och BV är överens om att det behövs tillräckligt med kunskap om byggande med lera samt experter som förstår materialet. Det är viktigt att det finns hantverkare som vet hur materialet beter sig och hur det ska hanteras och idag finns det endast ett fåtal i Sverige som besitter dessa kunskaper. Fler hantverkare behöver utbildas vilket kommer bli tidskrävande och kostsamt men nödvändigt för att bredda kunskapen om obränd lera. Branschen behöver även vara intresserade av att implementera ett nytt byggnadsmaterial säger A. BV berättar att den tyska lehmbau reglen översattes till svenska för ett antal år sedan men respondenten anser att branschen inte var redo då, men det har hänt mycket på de senaste åren vilket gör respondenten hoppfull.

6 Analys

I följande kapitel kommer resultatet som presenterats i kapitel 5 samt den information litteraturstudien i kapitel 3 framställt att analyseras.

Studiens syfte var att undersöka den obrända lerans potential som ett alternativt byggnadsmaterial i den svenska byggbranschen. För att få godkännande till att uppföra en byggnad i Sverige idag behövs ett bygglov med startbesked. Myndigheterna som ger bygglov och startbesked utgår från de lagkrav och föreskrifter som finns i plan- och bygglagen, plan- och byggförordningen samt Boverket. I kapitel 4.14 belyses ett antal av de föreskrifter som står i Boverkets byggregler. För att visa att en byggnad uppfyller de krav som ställs av BBR är det vanligt att hänvisa till standarder och allmänna råd. Då det inte finns några svenska standarder för obränd lera blir det komplicerat för alla delaktiga parter. För att svenska företag ska våga satsa på obränd lera som byggnadsmaterial är branschen i behov av utvecklade standarder som kan användas som ett underlag för att uppnå föreskrifterna. Boverket inför inom snar framtid Möjligheternas byggregler där många av de allmänna råden och hänvisningar till standarder ska försvinna för att ge branschen utrymme att bli mer innovativ. Branschen verkar vara i stort behov av standarder medan Boverket anser att det tar bort branschens förmåga att vara innovativ. Om Möjligheternas byggregler är lösningen till att göra den svenska byggbranschen mer innovativ återstår att se. Möjligen kan införandet resultera i mer utrymme för nya material som obränd lera i byggbranschen.

I intervjustudien var flertalet av respondenterna eniga om att införandet av en standard för obränd lera kommer underlätta för alla parter i byggprocessen. En respondent anser dock att det finns en viss problematik med standarder och att de inte alltid går att tillämpa så enkelt som de bakom skrivbordet säger. Företag har svårt att föreskriva obränd lera som byggnadsmaterial när det saknas standarder eftersom det saknas riktlinjer som kan stödja användarens val. Det resulterar i att lerbygge endast används som en hantverksteknik som inte byggs med i storskaliga projekt. Ett lerhus anses idag som en ovanlig konstruktion vilket ofta leder till problematik vid bygglovsansökan berättar Lindberg (2002) i sin licentiatavhandling. Genom att uppföra en byggnad med material som saknar en standard blir följden en komplicerad och tidskrävande bygglovsprocess enligt respondenterna. Byggnadsinspektör Julia Engström menar att problematiken uppstår när den ansökande under det tekniska samrådet ska visa att lerkonstruktionen exempelvis uppfyller energi- och fuktkraven på

byggnaden. Då det inte finns en standard att utgå ifrån måste den ansökande själv visa att konstruktionen klarar de krav som ställs. En av respondenterna i intervjustudien beskriver att det är svårt som sökande att visa att byggnaden kommer uppfylla dessa krav och att sökanden behöver vara mycket kunnig och påläst.

Sverige står inför en stor utmaning gällande de nya miljökraven. Enligt Boverket (2023m) står byggbranschen för 21% av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser. För att Sverige ska uppnå målet, noll nettoutsläpp år 2045, behöver byggbranschen tillta åtgärder. I intervjustudien påpekar flera av respondenterna lerans låga klimatavtryck vilket är en god anledning till att betrakta lera som ett alternativt byggnadsmaterial. Den data som litteraturstudien framställt gällande lerans klimatavtryck visar att de respondenterna påstår är sant. Respondenterna uttrycker att de nya miljökraven kommer tvinga byggföretagen att omvärdera sina materialval. Utsläppsrätterna kommer bli färre och dyrare vilket leder till att det blir alltmer kostsamt att bygga med material som har en större inverkan på klimatet. Resultatet blir att de klimatsmarta byggnadsmaterialen blir mer konkurrenskraftiga. Men för att lera som byggnadsmaterial ska bli mer konkurrenskraftigt krävs det också att materialet bli uppmärksammat inom byggbranschen. Utbildning och ett intresse för att lära sig bygga med materialet behöver också finnas.

Några av respondenterna ser stora möjligheter för användningen av obränd lera som ett komplement till träkonstruktioner eftersom de ofta behöver tyngd för stabilitet. Mellanväggar i flerbostadshus är också ett användningsområde som respondenterna påpekar. Möjligheten med prefabricerade stampade lerväggar nämns även i intervjun vilket kan göra materialet mer intressant för företagen.

För att obränd lera ska vara aktuellt som ett alternativt byggnadsmaterial behöver även aspekterna kostnad och tid undersökas. I intervjustudien nämner flera av respondenterna att det kan vara svårt att uppskatta kostnad och tid för ett projekt som uppförs i ett nytt material. Då materialet uppförs i sin naturliga form kommer minimala tillverkningskostnader tillkomma. Det behöver inte nödvändigtvis tillkomma några transportkostnader eftersom materialet är en lokal tillgång i stora delar av landet. En kostnad som kan vara svår att bedöma är kostnaden som uppstår till följd av en längre projekttid. Det är många aspekter som behöver tas i beaktning vid införandet av nya material. När de konventionella materialen blev mer uppmärksammande var förmodligen tid och kostnad för materialet också svårbedömt. En

av respondenterna föreslog att svenska företag borde införa en innovationspott som kan bidra med ekonomiskt stöd vid projekt med nya innovationer som exempelvis ett nytt material. På det sättet kan alla inblandade aktörers ekonomiska oro lindras. Det kan bli en provisorisk lösning tills dess att branschen har uppfört tillräckligt många projekt i obränd lera för att bli mer söker på hur mycket tid och pengar som behövs.

Lera har egenskaper som kan likställas med dagens konventionella material. I kapitel 4.4 framgår det att obränd lera har god värmelagringsförmåga men en sämre värmekonduktivitet än trä och hampakalk. Ur resultatet utläses att adobe block kan nå en högre värmekonduktivitet än betong vilket även beskrivs i intervjustudien där PL likställer obränd leras värmeegenskaper med betongens. I Tabell 3 presenteras en jämförelse mellan olika lermaterial och konventionella materials värmeeffusivitet och värmediffusivitet. Jämförelsen visar att de obrända lermaterialen som presenteras har bättre värmeeffusivitet än trä, tegel och hampakalk. I jämförelsen av materialens värmediffusivitet kan det utläsas att de obrända lermaterialen presterade bättre än både betong och stål men sämre än trä. I intervjustudien tar A upp materialets goda värmeegenskaper och berättar utifrån sina egna erfarenheter om materialets goda förmåga att reglera värme som bidrar till en behaglig inomhustemperatur.

En annan egenskap som återkommer under studien är materialets fuktbuffrande förmåga. Enligt Minke (2006) räknas obränd lera i byggnadsmaterialsammanhang som det material som reglerar luftfuktigheten mest effektivt och i störst utsträckning då det används i form av ytskikt. Minke (2006), Daniel Bävernäs och flera av respondenterna i intervjustudien belyser att användningen av obränd lera som byggnadsmaterial i bostäder bidrar till ett bättre inomhusklimat. Genom att använda obränd lera som byggnadsmaterial minskas mängden fina dammpartiklar i luften, dålig lukt och livslängden hos många bakterier och virus. I intervjustudien nämner HS att när lera kombineras med organiska material har leran förmåga att absorbera fukt ur de andra materialen. HS menar att lerans låga fukthalt konserverar de organiska materialen och förhindrar dem från att ruttna. Enligt HS har inget annat byggnadsmaterial samma fuktbuffningsförmåga som obränd lera, vilket gör materialet mer attraktivt som ett alternativ till de sedvanliga byggnadsmaterialen. Trots att materialet har egenskaper som kan minska ventilationsbehovet, ta bort fina dammpartiklar och minska livslängden hos bakterier och virus är materialet inte uppmärksammat inom branschen. Obränd lera används inte i samma utsträckning som de konventionella materialen trots dess positiva egenskaper, vilket är märkligt.

Ytterligare en aspekt som bör diskuteras är materialets väderbeständighet. I litteraturstudien beskriver Minke (2006) problematiken med att materialet är känsligt mot regn och frost. Även respondenterna HS och DL i intervjustudien ser väderbeständigheten som en eventuell utmaning. Trots detta är både respondenterna och Minke (2006) överens om att detta är ett problem som har en lösning. Minke (2006) beskriver att fasaden kan skyddas genom takutsprång eller tåliga ytbeläggningar. DL belyser också den problematik som Minke (2006) beskriver men tillägger att en ordentlig sockel är av stor vikt för att undvika vattenstänk på ytterväggen. HS belyser ytterligare en lösning vilket är att addera olika tillsatser som metylcellulosa eller klibbig rismassa.

7 Slutsats

I följande kapitel presenteras slutsatsen från den kvalitativa intervjustudien som presenteras i kapitel 5 och från litteraturstudien som presenteras i kapitel 3. Endast de resultat som är relevanta för undersökningens ändamål kommer läggas fram.

Sammanfattningsvis har obränd lera potential att bli ett byggnadsmaterial i den svenska byggsektorn där standarder är en viktig del för användningen av materialet, speciellt för företag. Obränd lera möter många av de krav som BBR ställer idag. Leran föll i glömska och ansågs inte vara ett modernt material och därför har materialet inte använts i samma utsträckning som de konventionella materialen.

7.1 Standarder och regelverk

Många av Boverkets krav går att implementera på lera som byggnadsmaterial och därav är möjligtvis byggbranschen inte i lika stort behov av regelverk för lera specifikt, dock finns det indikationer att standarder är av största betydelse. Det finns inga beräkningsmetoder i EKS, standarder eller allmänna råd som byggsektorn eller egenbyggare kan använda. Avsaknaden av detta försvårar både bygglovsprocessen och ger inget stöd för att byggsektorn ska föreskriva lera som byggnadsmaterial. Lera är ett nygammalt material som är främmande för många och därför dras slutsatsen att standarder behövs för att byggsektorn ska våga använda lera som byggnadsmaterial i stor utsträckning.

7.2 Lerans potential

Lera besitter många bra egenskaper men det finns en del utmaningar med materialet som användaren behöver ta i beaktning när det gäller att uppföra lerhus i det svenska klimatet med kalla vintrar. En utmaning lera står inför är dess isolerande förmåga och hur den ska uppfylla BBR:s krav. Mackelering, adobe och stampad lera har inte lika hög hållfasthet som betong, stål och trä men det är fullt möjligt att använda som bärande stomme. Lerputs och mellanväggar är användningsområden där lera kan vara av betydelse utan att vara en bärande stomme. Resultatet av litteraturstudien, tillsammans med samtliga sex respondenters enade svar om lerans låga klimatavtryck, tydliggör lerans potential att bistå byggsektorn med att minska dess klimatpåverkan.

Många nämner tid och kostnad som ett hinder eftersom anställda inom branschen har begränsat med tid och resurser. Samtidigt är arbetstiden för uppförandet är svårt att beräkna. Bygga med nya material tar tid och är en kostsam process till en början men ju mer kunskap företag besitter desto mer kostnadseffektivt och tidseffektiv kommer processen bli.

Respondenterna ser positivt på lera som byggnadsmaterial och med de egenskaper litteraturstudien framställt är det tydligt att lera besitter egenskaper gällande cirkuläret, klimatavtryck och fuktbuffrande förmåga som kan anses vara fördelaktiga. Lera har enligt resultatet från studien potential att bli ett byggnadsmaterial i den svenska byggsektorn.

7.3 Anledningen till att lera inte används i större utsträckning

I intervjustudien framställs Sverige som konservativt av några respondenter. De säger att byggbranschens intresse för nya material inte har varit speciellt stort. Detta på grund av att de byggtekniker som finns idag funkar och genererar pengar till företagen. Lera har genom åren inte betraktas som en modern teknik och många har varit skeptiska till att bygga med materialet. I intervjustudien belyses att kunskapsbristen för lera som byggnadsmaterial är stor.

Avsaknaden av regelverk och standarder ligger också till grund för den låga användning av lera i Sverige. Hade det funnits underlag så som allmänna råd och föreskrifter att bygga med lera kanske kunskapen varit högre, och hade då varit mer sannolikt att det hade byggts med i en större utsträckning idag. Kanske inte storskaligt men i egen regi och småhus.

8 Vidareutveckling och möjligheter

Alla aspekter har inte kunnat belysas i studien. All forskning inom ämnet som har gjorts fram till idag har bidragit med insikter och kunskap om obränd lera som byggnadsmaterial. För att utveckla kunskapen om materialet ytterligare, krävs mer forskning inom bland annat kvalitetssäkring, vittring, funktion och montage.

För att obränd lera i framtiden ska klassas som ett byggnadsmaterial i den svenska byggbranschen krävs det att SIS fortsätter sitt arbete med utvecklingen och införandet standarder för obränd lera. Införandet av standarder underlättar för svenska företag att föreskriva obrända lermaterial, vilket möjliggör en bredare användning av materialet i den svenska byggbranschen.

Det krävs att svenska företag vågar satsa på obränd lera som byggnadsmaterial. Studien belyser att företag kan bli mer investerade om de får en resursmässig trygghet i form av tid och pengar. Då det finns begränsat med forskning på hur lång tid det tar för ett företag att uppföra ett projekt i obränd lera blir tidsaspekten en otrygg punkt. I intervjustudien uttrycker PL att varje företag borde införa en innovationspott som går till innovativa projekt som exempelvis en lerkonstruktion. Möjligen kan det vara en av lösningarna till att väcka byggbranschens intresse för byggnadsmaterialet. Oavsett behöver vidare forskning bedrivas inom ämnet.

Utvecklingen av lokal produktion av obrända prefabricerade lerprodukter är ytterligare en viktig aspekt för framtiden. Företag ser många fördelar i att arbeta med prefabricerade element i stället för att bygga från grunden. En produktion av prefabricerade lerelement hade gjort leran mer konkurrenskraftig bland byggnadsmaterialen då lerteknikerna ofta är mycket arbetsintensiva. Utan en lokal produktion tillkommer kostnadstillägg för transporten av lerprodukterna, vilket ökar totalpriset av det aktuella byggprojektet. Vidare forskning behövs för att undersöka hur prefabricerade element kan produceras i Sverige och vilka krav som elementen behöver uppfylla.

Resultatet från studien visar att lerans U-värde är en av utmaningarna med lera som fasadmateriäl. Det blir en begränsning då Boverkets rekommendation på U-värde är satt till

0.18 W/m²K, vilket är svårt för en lerkonstruktion att uppnå utan tilläggsisolering. I kapitel 4.4.1 berättas det om troglodythus, grotliknande hus som kan hålla samma inomhustemperatur året om trots att temperaturfluktationerna kan vara upp till 20 °C. Skribenterna till undersökningen antyder inte att Sveriges befolkning ska bo i grotliknande hus av lera men att U-värdet inte borde vara den enda sättet att avgöra om en konstruktion har de termiska förutsättningarna som krävs för att få byggas. Forskning visar på att en lerbyggnad med ett dåligt U-värde kan ha en stabil inomhusmiljö med små temperaturfluktuationer och en jämn termisk komfort om byggnaden har ett bra värmeeffusivitetstal, i kombination med ett bra värmediffusivitetstal. För bevisa om ett bra värmediffusivitetstal och värmeeffusivitetstal har en avgörande roll vid uppförandet av en byggnad krävs det utökad forskning inom området.

En ny byggnadsteknik håller på att etableras inom den svenska byggbranschen. Forskningen om 3D-printing har nu breddats och fokuserar inte bara på printing av betong utan även lera. Ett lerhus på 60 kvm uppfördes i Italien år 2021 av Mario Cucinella Architects. Huset består av lokalt hämtad, rå lera som har printats ut i en cirkulär form. Projektet är nästintill ett nollutsläppsprojekt och beskrivs som ett banbrytande exempel på en byggnad med lågt koldioxidutsläpp (Archdaily 2021). Genom att använda en 3D-printer för att uppföra lerhus kan arbetskostnaden minskas avsevärt. Då tidigare forskning pekar på att den största ekonomiska utmaningen med obränd lera som byggnadsmaterial är produktionstiden kan användningen av en 3D-printer minska personalkostnaden och produktionstiden. Forskningen inom ämnet behöver breddas då enbart ett fåtal projekt har uppförts.

Referenser

Adam E.A., & Agib A.R.A (2001). *Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000128236>

Albertsson, M. (2023a). Nya byggregler öppnar för sämre lösningar. *Sveriges Arkitekter* [blogg], 17 november. <https://www.arkitekt.se/blogg/blogg-monika-albertsson/nya-byggregler-oppnar-for-samre-losningar/> [2024-05-03]

Albertsson, M. (2023b). Omöjligheternas byggregler. *Sveriges arkitekter* [blogg], 20 juni. <https://www.arkitekt.se/blogg/blogg-monika-albertsson/omojligheternas-byggregler/> [2024-05-03]

Anysz, H., & Narloch, P. (2019). Designing the Composition of Cement Stabilized Rammed Earth Using Artificial Neural Networks. *Materials*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/ma12091396>

Archdaily (2021). *TECLA Technology and Clay 3D Printed House / Mario Cucinella Architects*. <https://www.archdaily.com/960714/tecla-technology-and-clay-3d-printed-house-mario-cucinella-architects> [2024-05-16]

Bakshi, P & Purkayestha, S. (2024). *The Great Wall Of China Awaits: Your Essential Guide To Planning An Epic Visit*. Travel and Leisure. <https://www.travelandleisureasia.com/global/destinations/asia/great-wall-of-china-history-and-facts/> [2024-05-12]

Ben-Alon, L, Loftness, V, A.Harries. K, DiPietro, G & Cochran Hameen, E. (2019). *Cradle to site Life Cycle Assessment (LCA) of natural vs conventional building materials: A case study on cob earthen material*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.05.028>

Bennewitz, E. (2023). Lera som byggnadsmaterial har flera fördelar- nu ökar intresset. *Byggindustrin*, 22 juni <https://www.byggindustrin.se/innovation/teknik/lera-som-byggnadsmaterial-har-flera-fordelar-nu-okar-intresset/>

Boverket (2008). *Bullerskydd i bostäder och lokaler* [Handbok]. Elanders Sverige AB.
[Bullerskydd i bostäder och lokaler \(boverket.se\)](https://www.boverket.se)

Boverket (2011) *Boverkets byggregler BBR, BBR 18, BFS 2011:6*. <https://krogarna.se/wp-content/uploads/2016/07/Boverkets-byggregler.pdf> [2024-04-02]

Boverket (2014). Definitioner och begrepp för buller.
<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planeringsfragor/information-om-buller-och-goda-ljudmiljoer/ljud-och-buller/definitioner-och-begrepp-for-buller/> [2024-05-12]

Boverket. (2019). *Boverkets konstruktionsregler EKS 11*. www.boverket.se/publikationer

Boverket (2020a). *Boverkets byggregler BBR, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2020:4*. <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2020/konsoliderad-bbr-2011-6-tom-2020-4.pdf> [2024-04-15]

Boverket (2020b). *Guide för bygglov och byggprocessen*. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/guider/guide-for-bygglov-och-byggprocessen/> [2024-04-25].

Boverket (2020c). *Klimatskärmens isolering – genomsnittlig värmegenomgångskoefficient, Um*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energiushallningskrav/klimatskarm/> [2024-05-03].

Boverket (2022). *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)- BFS 2011:10 med ändringar till och med BFS 2022:4*
https://www.boverket.se/resources/constitutiontextstore/eks/PDF/konsoliderad_eks_bfs_2011-10.pdf#tabell_b_5 [2024-05-09].

Boverket (2023a). *Byggregler*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygga-nytt-om-eller-till/byggregler/> [2024-04-25].

Boverket (2023b). *Bättre ljudklass än BBR*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/bullerskydd/ljudklassning/> [2024-05-09].

Boverket (2023c). *Cirkularitet och gestaltning- från då till nu.*

<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/arkitektur-och-gestaltad-livsmiljo/arbetsatt/cirkularitet-och-gestaltning/fran-da-till-nu/> [2024-03-25].

Boverket (2023d). *Fuktsäkerhet.* <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/fuktsakerhet/> [2024-05-09].

Boverket (2023e). *Fuktsäkerhetsprojektering.* <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/fuktsakerhet/fuktsakerhetsprojektering/> [2024-05-09].

Boverket (2023f). *Fåtalsprovning.* <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-konstruktionsregler/grundlaggande-dimensioneringsregler/fatalsprovning/> [2024-05-09].

Boverket (2023g). *Gränsvärden för byggnaders klimatpåverkan- och en utökad klimatdeklaration.*

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2023/slutrapport-gransvarde-for-byggnaders-klimatpaverkan.pdf> [2024-05-09]

Boverket (2023h). *Klimatdeklarationens omfattning.*

<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/> [2024-05-12].

Boverket (2023i). *Krav på säkerhet i händelse av brand.* <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/> [2024-05-09].

Boverket (2023j). *När ska klimatdeklarationen upprättas och registreras.*

<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/faststall-tidpunkt/> [2024-05-12].

Boverket (2023k). *Plan- och bygglagstiftningens utveckling.*

<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/lag--ratt/plan--och-bygglagsstiftningens-utveckling/> [2024-02-16].

Boverket (2023 l). *Regelhierarki – från lag till allmänt råd*. <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/regelhierarki/> [2024-04-25].

Boverket (2023m). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/> [2024-01-15].

Boverket (2024a). *Energideklarationens innehåll*. <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/> [2024-04-26].

Boverket (2024b) *Miljöindikatorer- aktuell status*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/> [2024-04-08]

Boverket (2024c). *Projekt att se över Boverkets byggregler*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/mojligheternas-byggregler/> [2024-04-02]

Burström, P.G. (2021). *Byggnadsmaterial – Tillverkning, egenskaper och användning*. Studentlitteratur AB, Lund.

Bryman, A. & Nilsson, B. (2018). *Samhällsvetenskapliga metoder*. Liber.

Lindberg E-R. (2014). Hus sprungna ur jorden. *Byggnadsvårdsföreningen*, artikel 2. <https://byggnadsvard.se/hus-sprungna-ur-jorden/>

Bülow, C (2009). *Lerhus*. Ekobyggportalen. <https://ekobyggportalen.se/ovriga-hustyper/lerhus/> [2024-05-12]

Clayexpert (2024). *Adobe-tegelstenar / Jordtegelstenar / Lertegelstenar / Torkade tegelstenar* <https://clayexpert.eu/torkad-adobe-ra-tegelsten/> [2024-02-22]

Creative Coatings (2022a). *ICEHOTEL 365*. <https://www.creativecoatings.se/projekt-icehotel365> [2024-05-10].

Cornerstones Community Partnerships (2006). *Adobe conservation - a preservation handbook*. Cornerstones Community Partnerships. https://adobehometour.com/wp-content/uploads/2016/12/adobe_conservation_handbook.pdf

Dabaieh, M. (2014). *Building with Rammed Earth -A practical experience with Martin Rauch*. Lunds Universitet.

Easton, D. & Easton, T. (2012). Modern rammed earth construction techniques. I Hall, M.R., Lindsay, R., & Krayenhoff, M. (red.) *Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions And Applications*. s. 364-384 <http://dx.doi.org/10.1533/9780857096166.3.364>

Egenti, C. & Khatib, J.M (2016). Sustainability of compressed earth as a construction material. I Hall, M.R., Lindsay, R., & Krayenhoff, M. (red.) *Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions And Applications*. s. 309-341. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100370-1.00013-5>

Eklom, A (1986). *Om hus av jord och lerhalm: ett examensarbete*. Chalmers tekniska högskola

Elfordy, S., Lucas, F., Tancret, F., Scudeller, Y & Goudet, L. (2008). Mechanical and thermal properties of lime and hemp concrete (“hempcrete”) manufactured by a projection process. I Hall, M.R., Lindsay, R., & Krayenhoff, M. (red.) *Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions And Applications*. s. 2116-2123 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.07.016>

Eliasson P-O. (2012) Flödande ljus i jordhusens Mekka. *Göteborgs-Posten*, 12 november. <https://www.gp.se/livsstil/bostad/flodande-ljus-i-jordhusens-mekka.4b1fda74-99ee-40b7-a5db-9b469df65578>

Em. Bruzelius (1817). *Underrättelse för Allmogen att bygga hus af Lerbruk*. Upsala.

Fabbri, A., Morel, J. -C., Aubert, J. -E., Bui, Q. -B., Gallipoli, D & Reddy Venkatarama B.V. (2022). *Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements*. State-

of-the-Art Report of the RILEM TC 274-TCE. Schweiz. Springer (35). DOI:10.1007/978-3-030-83297-1

Florentin, Y., Pearlmutter, D., Givoni, B., & Gal, E. (2017). A life-cycle energy and carbon analysis of hemp-lime bio-composite building materials. *Energy and Buildings*, 156, 293–305. DOI:[10.1016/j.enbuild.2017.09.097](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.097)

Gaillard, C. (2021). *Earth Construction and the Meaning of Thermal Inertia*. Institut de Géographie

Gergi, N (2021). Gotlands grandiosa lervägg - så här byggde Hans den. *Hemma hos – Kloka hem*, 6 november <https://klokahem.etc.se/reportage/naturen-mitt-i-rummet>

Göteborgs Universitet. (2020). *Utbildningsmaterial om lera och lerputs*. <https://www.gu.se/hantverkslaboratoriet/utbildningsmaterial-om-lera-och-lerputs> [2024-04-11]

Hamard, E., Cazacliu, B., Razakamanantsoa, A., Morel, J.-C. (2016). Cob, a vernacular earth construction process in the context of modern sustainable building, *Building and Environment* 106, s103-119 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.06.009>

Hankins, M. (2021). De bygger på Hisingen – med lera från Göteborgsoperans scen. *Hela Hisingen*, 10 augusti.

Harje, C. & Wernersson, H. (2022). *Earth Architecture: Towards a Sustainable Future?* Master Thesis Booklet. Lund University School of Architecture, LTH. <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=9096037&fileOid=9116915>

Hopfe, C.J. & Hall, M.R. (2012). Fabric insulation, thermal bridging and acoustics in modern earth buildings. I Hall, M.R., Lindsay, R., & Krayenhoff, M. (red.) *Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions And Applications*. s. 41-71. DOI:[10.1533/9780857096166.1.41](https://doi.org/10.1533/9780857096166.1.41)

HSB Living Lab (2023). *Lera en nyckel till hållbara byggnader*.

<https://www.hsb.se/en/hsb-living-lab-en/nyheter/lera-en-nyckel-till-hallbara-byggnader/>

[2024-04-11]

ICEHOTEL (2024a). *ICEHOTELL 365*. <https://www.icehotel.com/sv/icehotel-365> [2024-05-10]

ICEHOTEL (2024b). *STORYN OM ICEHOTEL*. <https://www.icehotel.com/sv/storyn-om-icehotel> [2024-05-10]

Isover (2024a) *konstruktion*. <https://www.isover.se/konstruktion/it05-traregelinnervagg-ei60-55-db#marketing-description> [2024-05-09]

Isover (2024b). *Så fungerar värmetröga byggnader*. [Så fungerar värmetröga byggnader | ISOVER Sverige](#) [2024-05-09]

InBet (2020). *Prefab betongväggs*. <https://www.inbet.com.pl/sv/prefab-betongvagg> [2024-05-10]

J.Ellington K. (1920) *Billiga bostäder av pressad jord (pisé de terre)*. Stockholm.

Johanna, L., Judith, K., Alar, J., Birgit, M., & Siim, P. (2021). Material properties of clay and lime plaster for structural fire design. *Fire and Materials*, 45(3), s. 355–365.

<https://doi.org/10.1002/fam.2798>

Jönsson, J. (@Johan Jönsson) (2023). [Linked] 20 maj.

https://www.linkedin.com/posts/johan-j%C3%B6nsson-3a571b1ba_lera-whitearkitekter-h%C3%A5llbartbyggande-activity-7068879996206874625-_zze/

Kalodimos, S (2023). *Skapar standard för att bygga i lera*. Byggkoll, 2 februari

<https://byggkoll.byggjtjanst.se/artiklar/2023/februari/skapar-standard-for-att-bygga-i-lera/?type=webarticle>

Keable, J. (1996). *Rammed earth structures – a code of practice*. Intermediate Technology publications

Keefe, L. (2005). Earth Building. <https://www.perlego.com/book/1618102/earth-building-methods-and-materials-repair-and-conservation-pdf> [2024-05-05]

Kommerskollegium (2023). *Påverka framtidens standard*.
<https://www.kommerskollegium.se/importera--exportera/paverka-reglerna-for-handeln/standarder/> [2024-04-10]

Larsson, J. (2020). *Daniel bygger sitt hållbara hus med halm och lera*. I: Göteborgsposten, 13 maj.
<https://www.gp.se/livsstil/daniel-bygger-sitt-hallbara-hus-med-halm-och-lera.e19da399-bcd8-4551-aa0c-2664a8901c79>

Liblik, J., Küppers, J., Just, A., Maaten, B. & Pajusaar, S. (2019). Material properties of clay and lime plaster for structural fire design. I: *Fire and Materials*, 45(3) s. 355-365
<https://doi.org/10.1002/fam.2798>

Liblik, J, Just, A & Küppers, J. (2020). Properties of clay plaster for the fire design of timber structures https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020_online/pdf/lehm2020_b_liblik-just-kueppers_en.pdf [2024-05-09]

Lindberg, E.-R. (2002). Appendix II - Lerjord blir hus. *Gjort av jord : lerjord som byggnadsmaterial i Sverige och länder med likartat klimat* (Licentiate dissertation, Institutionen för arkitektur). <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-1464>

Lindberg, E.-R. (2002). *Gjort av jord : lerjord som byggnadsmaterial i Sverige och länder med likartat klimat* (Licentiate dissertation, Institutionen för arkitektur).
<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-1464>

Lindgren, D. (2020). *Ett lågt U-värde behåller värmen inne*. Dryft
<https://dryft.se/energireovering/u-varde/> [2024-05-03]

LINK Arkitektur. (2024). *Förskolan Hoppet*. <https://linkarkitektur.com/se/projekt/forskolan-hoppet> [2024-04-24]

Littlehamptonbrick (2022). *TOP 10 REASONS CLAY BRICKS ARE A SUSTAINABLE BUILDING MATERIAL*. <https://littlehamptonbrick.com.au/why-clay-bricks-are-a-sustainable-building-material/> [2024-05-10]

Lovec, V, Zivkovic, B & Jovanovic-Popovic, M. (2017). Analysis of heat transfer coefficient of rammed earth wall in traditional houses in Vojvodina. *Engineering, Environmental Science*, Artikel 55711964. DOI:10.2298/TSCI160714027L

Länsstyrelsen Skåne (2024). *Glimmebodagården*. [Glimmebodagården | Länsstyrelsen Skåne \(lansstyrelsen.se\)](https://lansstyrelsen.se) [2024-05-09]

Malaktou, E., Ioannou, I., & Philokyrou, M. (2018). Investigating the Thermal Properties of Earth-Based Materials: The Case of Adobes. I Kouli, M, Zezza, F & Kouli, D. (red). *10th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin*. Springer International Publishing. btj. s. 95–103. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78093-1_9

Maniatidis, V & Walker, P. (2003). *A Review of Rammed Earth Construction - for DTi Partners in Innovation Project 'Developing Rammed Earth for UK Housing'*. University of Bath. <https://people.bath.ac.uk/abspw/rammedearth/review.pdf> [2024-04-26]

Maskell, D, Walker, P & Heal, A. (2014) Comparing the Environmental Impact of Stabilisers for Unfired Earth Constructio. Publicerad i *Key Engineering Materials*. 600, s. 132-143. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.600.132>

Miccoli, L., Müller, U., & Fontana, P. (2014). Mechanical behaviour of earthen materials: A comparison between earth block masonry, rammed earth and cob. I Adam, J. M. (red). *Construction and Building Materials*, 61, s. 327–339. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.03.009>

Minke, G. (2006). *Building with earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Birkäuser.

<https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn%3Aaaid%3Ascds%3AUS%3Acfca52ef-e336-41c4-801d-e10a5e3fcf8d>

Minke, G. (2022). *BUILDING WITH EARTH- Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Fjärde upplagan [omarb]. Birkäuser. <https://doi-org.ludwig.lub.lu.se/10.1515/9783035622553>

Morel, J.-C., Bui, Q.-B. & Hamard, E. (2012) 11 - Weathering and durability of earthen material and structures. I Hall, M.R., Lindsay, R., & Krayenhoff, M. (red.) *Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions And Applications*. Woodhead Publishing, btj, s. 282-303 <https://doi.org/10.1533/9780857096166.2.282>

Morel, J. C., Charef, R., Hamard, E., Fabbri, A., Beckett, C., & Bui, Q. B. (2021). Earth as construction material in the circular economy context: Practitioner perspectives on barriers to overcome. I *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 376 (1834). Royal Society Publishing. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0182>

Månsson, L. (1987). *Brandisolering i ombyggnadsprojekt med träbjälklag-* (Rapport R41:1987). Statens råd för byggnadsforskning. [gupea_2077_46503_1.pdf](https://gupea.2077.46503.1.pdf)

Nationalencyklopedin (2023) *Värmediffusivitet*.

<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/v%C3%A4rmediffusivitet> [2024-04-11]

Naturskyddsföreningen (2021). *Sveriges jordar*.

<https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/sveriges-jordar/> [2024-02-21]

Naturvårdsverket (2024). *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk*.

<https://www.naturvardsverket.se/arnesomraden/klimatomställningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/> [2024-05-10]

Niamprira-Daza, A., Zambrano, E & Alcides-Ruiz, J. (2019) *Earth construction, acoustic performance and characterization of technics used in Colombia*.
https://www.researchgate.net/publication/336900465_Earth_construction_acoustic_performance_and_characterization_of_technics_used_in_Colombia

Olnee Constructions. (2024). *Inspirational rammed earth*.
<https://olneerammedearth.com.au/about-rammed-earth/> [2024-04-04]

Olsson, E (2017) *Ler och långhalm - En studie av lera som byggnadsmaterial i svensk äldre bebyggelse*. Uppsala universitet. http://www.sparaochbevara.se/wp-site-content/uploads/2019/04/Bilaga-11-Ellen_Olsson_Ler-och-l%C3%A5nghalm.pdf

Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. I Adam, J. M. (red). *Construction and Building Materials*, 29, s. 512–519. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054>

Patel, R., Davidson, B., & Jacobson, J. (2019). *Forskningsmetodikens grunder: att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Femte upplagan. Studentlitteratur.

Petcu, C., Dobrescu, C.F., Dragomir, C.S., Ciobanu A.A., Lăzărescu, A.V., Hegyi, A. (2023). Thermophysical Characteristics of Clay for Efficient Rammed Earth Wall Construction. *Materials*. 2023; 16(17):6015. <https://doi.org/10.3390/ma16176015>

Pliteq (2022). *9 BUILDING MATERIALS AND THEIR SHOCKING CARBON FOOTPRINTS THAT WILL SURPRISE YOU*. <https://pliteq.com/news/building-vs-carbon-footprint/> [2024-05-07]

Prichard, J. (2023a). *Cob House Maintenance: Tips To Keep Cob In Good Condition*.
<https://buildingrenewable.com/cob-house-maintenance-tips-to-keep-cob-good/> [2024-05-10]

Prichard, J. (2023b) *The Best Practices For Maintaining An Adobe Building*.
https://buildingrenewable.com/best-practices-maintaining-an-adobe-building/#Cleaning_Techniques [2024-05-10]

Rammed earth construction (u.å.). *Information About Rammed Earth*.
<https://www.rammedearthconstructions.com.au/rammed-earth-info/> [2024-05-10]

Regeringskansliet (2024). *Boverket*. <https://www.regeringen.se/myndigheter-med-flera/boverket/> [2024-04-06]

Reilly, A., Kinnane, O., Lesage, F. J., McGranaghan, G., Pavia, S., Walker, R., O'Hegarty, R., & Robinson, A. J. (2019). The thermal diffusivity of hemplime, and a method of direct measurement. I Adam, J. M. (red). *Construction and Building Materials*, 212, s. 707–715.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.26>

Sandin, K. (2010a). *Praktisk byggnadsfysik*. Studentlitteratur.

Schroeder, H. (2012). 4- Modern earth building codes, standards and normative development. I Hall, M.R., Lindsay, R., & Krayenhoff, M. (red.) *Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions And Applications*. Woodhead Publishing, btj, s. 72-109.
<https://doi.org/10.1533/9780857096166.1.72>

Schroeder, H. (2014). Clay boards and panels—an innovative earth building product for drywall construction. I: Mileto, C., Vegas, F., García Soriano, L., Cristini, V (red). *Earthen Architecture: Past, Present and Future*. CRC Press. btj. s. 339-345.
<https://doi.org/10.1201/b17392>

Schroeder, H. (2018). The New DIN Standards in Earth Building—The Current Situation in Germany. *Journal of Civil Engineering and Architecture*. (12) s. 113-120.
<https://doi.org/10.17265/1934-7359/2018.02.005>

Strand Nyhlin M. (2022). Marwa Dabaieh vill använda naturliga byggmetoder: ”Jag vill vara den kvinnliga Hassan Fathy” *Byggindustrin*.
<https://www.byggindustrin.se/arbetsliv/byggfolk/marwa-dabaieh-vill-anvanda-naturliga-byggmetoder-jag-vill-vara-den-kvinnliga-hassan-fathy/>

Stolle Wassberg, L (2010), *Lersten i skånsk byggnadstradition*. Institutionen för kulturvård, Göteborgs universitet.

Stordåhd kommunikation AB. (2021). MÖJLIGHETERNAS BYGGREGLER – kommande byggregler lättare att använda. *Svensk byggtidning*. (6). s. 94-95.

https://issuu.com/b2bnyheter.se/docs/svensk_byggtidning_6-2021/s/14385985

Sunda byggvaror (u.å.). *Lerskiva 22x625x1250 mm*.

<https://sundabyggvaror.se/produkt/skivor/ler-och-trafiberskivor/lerskivor/lerskiva-22x625x1250-mm/> [2024-06-03]

Svenska institutet för standarder, (SIS) (2023a). *Arbetsordning för standardisering*.

<https://www.sis.se/globalassets/omsis/allmanna-villkor/arbetsordning-for-standardisering-faststalld--2023-06-08.pdf> [2024-03-06]

Svenska institutet för standarder. (SIS) (2023b). *SIS Intressentmöte Obränd Lera som*

byggnadsmaterial [video]. <https://www.youtube.com/watch?v=HA1Bd4-VjnE> [2024-03-15]

Svenska institutet för standarder, (SIS) (2023c). *Stort intresse för lera som byggnadsmaterial*.

<https://www.sis.se/nyheter-och-press/pressmeddelanden/stort-intresse-for-lera-som-byggnadsmaterial/> [2024-03-24]

Svenska institutet för standarder (u.å.). *Vad är en standard?*

<https://www.sis.se/standarder/vad-ar-en-standard/> [2024-04-11]

Svensk Betong (u.å.a). *Beständighet och livslängd*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet/hallbart-byggande/bestandighet-och-livslangd>

[2024-05-09]

Svensk Betong (u.å.b). *Ljudisolering i ytterväggar*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/prefab/ljud/trafikbullerisolering/ljudisolering-i-yttervagg>

[2024-05-09]

Svensson, C. (2012). *Kompendium i TEKNISK GEOLOGI AK*. Universitet i Lund.

Sveriges miljömål. (2023a). *Begränsad klimatpåverkan*.

<https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/begransad-klimatpaverkan/> [2024-05-10]

Sveriges miljömål (2023b). *Utsläpp av växthusgaser till år 2045*.
<https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/utslapp-av-vaxthusgaser-till-ar-2045/> [2024-01-15]

Sveriges miljömål (2020). *Så fungerar arbetet med Sveriges miljömål*.
<https://www.sverigesmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/> [2024-05-10]

Tinsley, J., & Pavía, S. (2019). Thermal performance and fitness of glacial till for rammed earth construction. *Journal of Building Engineering*, 24(100727).
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.02.019>

Trost, J. (2010). Kvalitativa intervjuer (4., [omarb.] uppl.). Studentlitteratur.

UKU (u.å). *Clay plaster – a natural and sustainable choice for a healthy home*.
<https://uku.eu/en/clay-plaster-a-natural-and-sustainable-choice-for-a-healthy-home/> [2024-05-10]

Volhard, F. (2016). *Light Earth Building: A Handbook for Building with Wood and Earth*. Birkhäuser. <https://doi.org/10.1515/9783035606454>

Vyncke, J., Kupers, L. & Denies, N. (2018). Earth as building material – an overview of RILEM activities and recent Innovations in Geotechnics. *MATEC Web Conferences*, 149(02001) s. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814902001>

Wagner (2024). *Spray clay plaster*. [Clay plaster spraying | WAGNER \(wagner-group.com\)](https://www.wagner-group.com) [2024-05-17]

Warfvinge, C & Dahlblom, M (2010), *Projektering av VVS-installationer*. Studentlitteratur.

Weber (2020). *Leca block* [projekteringsanvisning].
https://www.se.weber/files/se/2020-11/projekteringsanvisning_leca_block.pdf

Williams, C., Goodhew, S., Griffiths, R., & Watson, L. (2010). The feasibility of earth block masonry for building sustainable walling in the United Kingdom. *Journal of Building Appraisal*, 6(2), s. 99–108. <https://doi.org/10.1057/jba.2010.15>

Zami, M. S., & Lee, A. (2010). Economic benefits of contemporary earth construction in low-cost urban housing - State-of-the-art review. *Journal of Building Appraisal*, 5(3), s.259–271. <https://doi.org/10.1057/jba.2009.32>

Zhang, Z.-X. (2016). Chapter 5 - Effect of Temperature on Rock Fracture. I Zhang, Z.-X. (red.), *Rock Fracture and Blasting*. Butterworth-Heinemann. btj, s. 111–133. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802688-5.00005-1>

Öljemark, J. (2023). Utsläpp av partiklar och VOC. *Ekonomifakta*. <https://www.ekonomifakta.se/Fakta/klimat-och-miljo/foreoreningar/utslapp-av-partiklar-och-voc/>

Östlund, M. (2023). "Byggbranschen får sin frihet under ansvar". Byggkoll. AB svensk byggtjänst. <https://byggkoll.byggtjanst.se/artiklar/2023/juni/byggbranschen-far-sin-frihet-under-ansvar/>

Bilagor

Bilaga 1 - Referenslista figurer:

Figur 1: Brgfx (u.å) *Diagram showing soil layers on earth.* Designad av Freepik
https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-soil-layers-earth_5840414.htm [2024-05-20]

Figur 2: Anysz, H., & Narloch, P (2019). *The Great Wall of China erected with rammed earth technology* [fotografi]. <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/9/1396#> [2024-03-14]

Figur 3: Hambidge, C (2022). *Determining Soil Texture.* OER COMMONS.
<https://oercommons.org/courseware/lesson/70533/overview> [2024-05-09]

Figur 4: Hive Earth Studio. (@hive_earth) (2024). *We've been so busy with our rammed earth projects that we haven't had much time to dedicate [...]* [fotografi]. [instagraminlägg], 11 april. <https://www.instagram.com/p/C5nuLdXMLnQ/> [2024-05-09]

Figur 5a: Hive Earth Studio. (@hive_earth) (2018). *Starting to look like a home* [fotografi]. [instagraminlägg], 17 oktober. <https://www.instagram.com/p/BpCq00KgsAU/> [2024-05-08]

Figur 5b: Hive Earth Studio. (@hive_earth) (2022). *Earth sample* [fotografi]. [instagraminlägg], 4 april. <https://www.instagram.com/p/Cb7WPzLsdJP/> [2024-05-08]

Figur 6: Anysz, H., & Narloch, P (2019). *A scheme for erecting a wall using rammed earth technology* [fotografi]. <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/9/1396#> [2024-03-14]

Figur 7: Creative Coatings (2022b). *Villa Saltsjöbaden* [fotografi].
<https://www.creativecoatings.se/projekt-villa-saltsjobaden> [2024-05-09]

Figur 8: The Year of Mud, (2024). [fotografi]. <https://theyearofmud.com/naturalbuilding/cob-building/> [2024-05-06]

Figur 9: Ekologiska Byggvarhuset (u.å.). [fotografi]. Ekologiska Byggvarhuset AB.
<https://ekologiskabyggvarhuset.se/produkt/lerskiva-16-mm/> [2024-05-16]

Figur 10: Bülow, C (2009). *Stampat jordhus i Halland, byggt på 90-talet* [fotografi]. Ekobyggportalen. <https://ekobyggportalen.se/ovriga-hustyper/lerhus/> [2024-05-12]

Figur 11: Länsstyrelsen Skåne (2024). [fotografi]. <https://www.lansstyrelsen.se/skane/besoksmal/kulturmiljoer/glimmebodagarden.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a89a&sv.12.382c024b1800285d5863a89a.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none> [2024-05-09]

Figur 12: Destination Falkenberg (u.å.) Sanitärhuset på kulturgården Bråttadal- Björkekullen [fotografi]. Opublicerat material, tillstånd erhållet från Destination Falkenberg.

Figur 13a: Kloka hem (2021). <https://klokahem.etc.se/reportage/naturen-mitt-i-rummet> [2024-05-08]

Figur 13b: Kloka hem (2021). <https://klokahem.etc.se/reportage/naturen-mitt-i-rummet> [2024-05-08]

Figur 14a: Rammed homes (2021). *Färdigt resultat* [fotografi]. <https://www.rammedhomes.se/?lightbox=dataItem-kutef0do> [2024-05-09]

Figur 14b: Rammed homes (2021). *Mötet mellan trä och jord* [fotografi]. <https://www.rammedhomes.se/?lightbox=dataItem-kutef0e11> [2024-05-09]

Figur 15: (Bävernäs u.å.). [fotografi]. Tillstånd erhållet från Daniel Bävernäs. <https://www.slojdochbyggnadsvard.se/aktiviteter-och-utställningar/langlivat/langlivat-pa-webben/naturnara-dromhus/>

Figur 16: Boverket/SCB (2024b). <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/> [2024-04-08]

Figur 17: Boverket (2024a). *Energideklarationens sammanfattning efter 1 januari 2019.*
<https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/> [2024-04-26]

Bilaga 2 - Referenslista tabeller

Tabell 5: Boverket (2008). *Bullerskydd i bostäder och lokaler* [Handbok]. Elanders Sverige AB.

https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/bullerskydd_i_bostader_och_lokaler.pdf [2024-04-26]

Tabell 9: Ben-Alon, L, Loftness, V, A.Harries. K, DiPietro, G & Cochran Hameen, E. (2019). *Cradle to site Life Cycle Assessment (LCA) of natural vs conventional building materials: A case study on cob earthen material*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.05.028> [2024-05-10]

Tabell 10: Boverket (2011) *Boverkets byggregler BBR, BBR 18, BFS 2011:6*.

<https://krogarna.se/wp-content/uploads/2016/07/Boverkets-byggregler.pdf> [2024-04-02]

Tabell 11: Boverket (2011) *Boverkets byggregler BBR, BBR 18, BFS 2011:6*.

<https://krogarna.se/wp-content/uploads/2016/07/Boverkets-byggregler.pdf> [2024-04-02]

Bilaga 3 - Intervjufrågor

Vilka utmaningar/nackdelar ser du att det finns med användningen av obränd lera som byggnadsmaterial?

Vad ser du för fördelar med att använda obränd lera som byggnadsmaterial?

Vad anser du är anledningen till att Sverige inte kommit lika långt i standardiseringsprocessen av obränd lera som exempelvis Tyskland?

För att ni som företag ska få använda obränd lera som byggnadsmaterial i framtida projekt, är det viktigt att det finns standarder och regelverk för materialet då?

Vilken lerbyggnadsteknik anser du är mest relevant att använda i Sverige?

Hur togs bygglovsansökan emot av kommunen?

Vilka utmaningar ser du med att söka/godkänt bygglov utan standarder och regelverk?

Det har genomförts en del pilotprojekt med obränd lera i Sverige men ofta avstannar utvecklingen efter genomförandet. Vad är anledningen till detta enligt dig?

Vad krävs för att man ska kunna bygga mer storskaligt med obränd lera?

På vilket sätt hade utvecklade standarder och regelverk för materialet kunnat bidra till tidigare och eventuellt kommande projekt i Sverige?

Ser du några utmaningar med att införa regler och standarder för obränd lera som byggnadsmaterial?

Om ni kontaktade ett företag angående att bygga med obränd lera, hur var deras inställning?

Hur stort intresse har väckts hos företag och privatpersoner av ert projekt?

Hade ni gjort ett annat val om det hade funnits utvecklade standarder och regelverk för materialet?

Vad avgjorde att ni valde att bygga med hampakalk istället för obränd lera?

Vad krävs för att SIS ska kunna ta nästa steg i processen?