

Bärande vägg av stampad jord



*Lärdomar från experiment med
komplementbyggnad D i projekt Hoppet*

Maj 2023



Mikael Åberg - Ramméd Homes
Vårlöksgatan 4B, 417 06 Göteborg
0700 88 96 12

Innehållsförteckning

| | |
|---|----------|
| SAMMANFATTNING | 2 |
| BAKGRUND TILL ENTREPRENADEN I PROJEKT HOPPET | 2 |
| JORDVÄGGSUTFÖRANDE I KOMPLEMENTBYGGNAD D | 3 |
| SAMARBETANDE PARTNERS..... | 3 |
| MATERIALVAL..... | 3 |
| ETABLERING..... | 3 |
| BLANDNING..... | 3 |
| FORM OCH FORMARBETE..... | 4 |
| STAMPNING..... | 4 |
| EFTERBEHANDLING..... | 4 |
| RESULTAT | 5 |
| STAMPAD JORD-VÄGG..... | 5 |
| YTBEHANDLINGAR..... | 5 |
| START OCH SLUTBUDGET..... | 5 |
| LCA OCH MILJÖPÅVERKAN..... | 6 |
| METODEFFEKTIVISERING FÖR FRAMTIDA PROJEKT | 7 |
| MATERIALKOMPOSITION | 7 |
| MATERIALHANTERING | 7 |
| BEARBETNINGSPLATS OCH PREFABRICERING..... | 7 |
| ÖVERGÅNG TILL SYSTEMFORM..... | 8 |
| TRANSPORTBAND TILL STAMPPROCESSEN | 8 |
| EFTERBEHANDLINGAR | 8 |
| BILAGOR | 9 |

Sammanfattning

I den här rapporten beskrivs arbetet med den stampade jordväggen som beställdes till komplementbyggnad D i projekt Hoppet. Experimentellt tillverkades på byggarbetsplatsen 9,5 m² stampad jord-vägg, till 2,3 MPa kompressionsstyrka, för 15 000 kr / m² och med ca 4 veckors utförandetid.

Vidare diskuteras hur erfarenheter gjorda från utförandet kan användas till att effektivisera metoden i kommande projekt. Prefabricering på annan plats utanför byggarbetsplatsen samt ökat användande av maskiner ses som de naturliga nästa stegen.

Slutligen rekommenderas att i framtida projekt tillåta jordväggarna att vara diffusionsöppna, dvs att inte ytbehandla dem, för att öka hygroskopiska egenskaper samt helt eliminera risk för påväxt.

Bakgrund till entreprenaden i projekt Hoppet

Under 2018 - 2019 arbetade jag, Mikael Åberg, i renoveringsprojekt av äldre hus av stampad jord (pisé) i Lyon, vilket gav erfarenhet av jord-mureri, som är ett byggnadsantikvariskt hantverk i Frankrikeⁱ. Detta, samt flera senare samarbeten i Göteborg med lerputsaren Eko-Ulf gjorde att utmaningen att producera en bärande vägg åt lokalförvaltningen kändes både rimlig och lockande.

Efter vår intresse-anmälan kontaktade lokalförvaltningen oss gällande en utredning om brandtekniska egenskaper för byggmaterial av lera. Officiellt fanns inte någon klassifikation av materialets brandmotstånd i svensk byggkod, med enligt EG beslut från 1996ⁱⁱ anses lera obrännbart. Gällande bärkraften vid brand finns inte standardiserade tester att utgå från, men mina egna erfarenheter från brandhärjade hus i Lyon är att hela jordväggen vid brand i princip blir tegel. Efter klarttecken från Sweco gällande brand för Hoppet gav lokalförvaltningen oss uppdraget att bygga väggen i komplement-byggnad D.

Jordväggsutförande i komplementbyggnad D

Samarbetande partners

Rammed Homesⁱⁱⁱ, Eko-Ulf^{iv}, och EarthLAB^v utförde projektet gemensamt. EarthLAB bidrog med erfarenhet från tidigare projekt med att konstruera formar, Eko-Ulf med materialmässig kompetens, och Rammed Homes som entreprenör.

Materialval

Utmaningen med materialet är att homogent blanda rätt volymer av lera (bindemedlet), sand- och grusarterna och vatten. Är det för mycket lera spricker väggen när den torkar, och är det för lite saknas sammanhållande förmåga mellan partiklarna. Är det för mycket sand i relation till grus och makadam försämras kompressionstyrkan kraftigt, och är det för mycket vatten likaså. Likt betong är rätt receptet alltså A & O.

Adderat grus är energikrävande att blanda in i en blöt och lerig jord, och att torka och pulverisera ren lera för att enklare kunna blanda den med gruset är en lång omväg till resultatet. Det lättaste är därför att utgå från en ganska torr schaktad blandning som redan innehåller ungefärligt rätt komposition av material, och sedan till den addera vad som behövs för att få ett balanserat recept. Detta blandas enklast över en större, platt yta, med hjullastare. Denna yta fanns dock inte på projektet Hoppet.

Då schaktmassorna från Hoppet ej längre var på plats utgicks i stället från schakt-massor från ett projekt i Alingsås, som testades för att säkerställa ett innehåll utan miljögifter (bilaga 1). Volymen av blandade jordmassor behövde dock ökas, och efter att det visat sig svårt att få tag i lera från västlänken adderades lera från Göteborgsoperan som torkades och pulveriserades, samt till viss del lera från företaget Bara Mineraler i Skåne. Till detta tillsattes en del större grusarter för att få rätt komposition på blandningen. Se bilaga 2 för det exakta receptet för jordväggen.

Etablering

Vid byggstart var nästan hela förskolan färdigställd med begränsad bland- och byggyta till följd. Vi etablerade beställt material i anslutning till byggnad D, med den schaktade jordvolymen levererad precis intill arbetsytan i ett kvarlämnat öppet halvflak.

Blandning

Med hjälp av en grävmaskinist användes sedan halvflaket för att blanda ler-, sand- och grusarterna med varandra och ca 10% vatten.



Blandningen testades likt sättmättstestning för hand, men i stället för sättmått kramades en boll och droppades från höfthöjd. När bollen träffar marken skall den dela sig i ungefär 3 till 5 delar. Detta indikerar att förhållandet mellan bindemedlet, vatten, och gruset är ungefär rätt. När blandningens komposition och vattenmängd bedömdes korrekt stampades ett antal testkuber á 2,2 kg samman, som därefter trycktestades på betonglaboratoriet på Chalmers. Kuberna testade över 2,3 MPa och klarade därmed Lokalförvaltningens minimikrav på 1,5 MPa (bilaga 3).

Tryckhållfastheten för stampad jord är tillräcklig för konstruktion av mindre byggnader. En 3 meter lång vägg av 350 mm tjocklek (1.05 m²) kan teoretiskt bära en last av 230 ton. 2,3 MPa kan jämföras med ett LECA-murblock (3 MPa).

Form och formarbete

Formar konstruerades av regler, formplywood och med genomföringar av gängstång. Invändig form var av fullhöjd, och formsidan utåt var en ca en meter hög glidform. Arbetet med formarna tog lång tid då den smäckra konstruktionen krävde att genomförings-hålen matchade varandra exakt så att gängstångerna kunde användas. Därtill visade sig i efterhand att formplywooden (12 mm) vara något för tunn, då den inte helt klarade jordtrycket som bildades från insidan vid stampning utan buktande deformationer (se bilaga 4 för formritning).



Stampning

Under stampningen adderades jord i lager om 15 cm, som därefter stampades ihop det till ca 10 cm. Vid gängstångerna lyftes den tryckluftsdrivna stamparen. Då väggen var så pass liten adderades jorden för hand med hink, vilket i slutet på väggen blev energikrävande. Vertikala gängstänger stampades även in för att kunna anslutas till ett hammarband i trä.



Efterbehandling

Då volymförändringen i fuktig respektive torr stampad jord är ca -2% stampades väggen till fullhöjd plus 5 cm. Därefter torkade den med borttagen form. Efter ca en vecka (i mitten av juli) var den tillräckligt torr och sågades med stensåg i rätt höjd.

Utsidan av väggen putsades med kalkputs för att skydda den mot eventuell erosionspåverkan av regn, och insidan beströks med två lager linolja, för att skydda den från eventuell åverkan från förskolans barn.

Resultat

Stampad jord-vägg

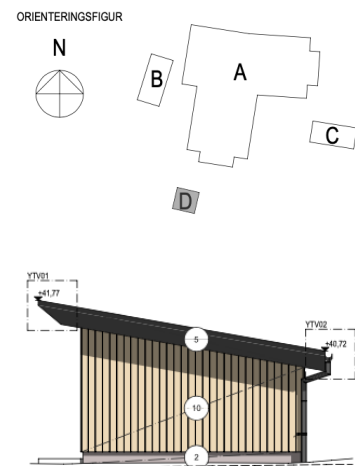
Väggen färdigställdes med god hållfasthet och stark yta även innan ytbehandling, med karakteristiska ränder och några instampade mindre estetiska detaljer. I väggen stampades även ett par fuktmätare in, vilka säkerställde hållfastheten innan belastning från ovan.



Ytbehandlingar

Efter de föreskrivna behandlingarna, applicerad kalkputs på utsidan, och oljebestrykning på insidan, täpptes dock porerna på väggen igen och dess hygroskopiska egenskaper avtog i princip helt.

Då den står under ett större takutsprång, mot öst, och är skyddad av förskolans fasad, får den inte mycket solljus på sig. Väggens kyla, i sommarvärmen, ledde därför till kondens på väggens insida, och den fuktiga miljön i samband med linoljerester från oljebestrykningen gav upphov till viss mögeltillväxt. Efter upptäckt av detta, borstades och dammsögs oljeresterna och möglet av och väggen behandlades med ett mögelbekämpande medel. Lokalförvaltningen installerade också ett välbehövligt ventilationsdon på byggnaden.



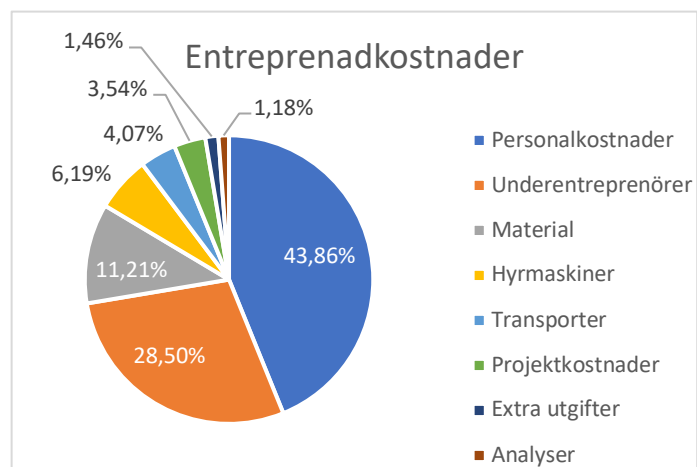
Då jord är ett utmärkt fuktbuffrande material tror jag att väggen klarat att absorbera kondensen om porerna inte varit stängda på insidan av oljebestrykningen. Oljan adderade därtill ett organiskt material som möglet kan bryta ner. Lera, sand och grus är i sin rena form inte något som attraherar mögel då det inte finns något att bryta ner. Min rekommendation är därför att undvika efterbestrykning i framtida projekt.

Start och slutbudget

Projektet offererades till Lokalförvaltningen på fastpris till 143 000 kr, men kostade entreprenören något mer.

Den största posten som översteg budget relaterade till arbete med formarna, som överskred budget med mer än 200%.

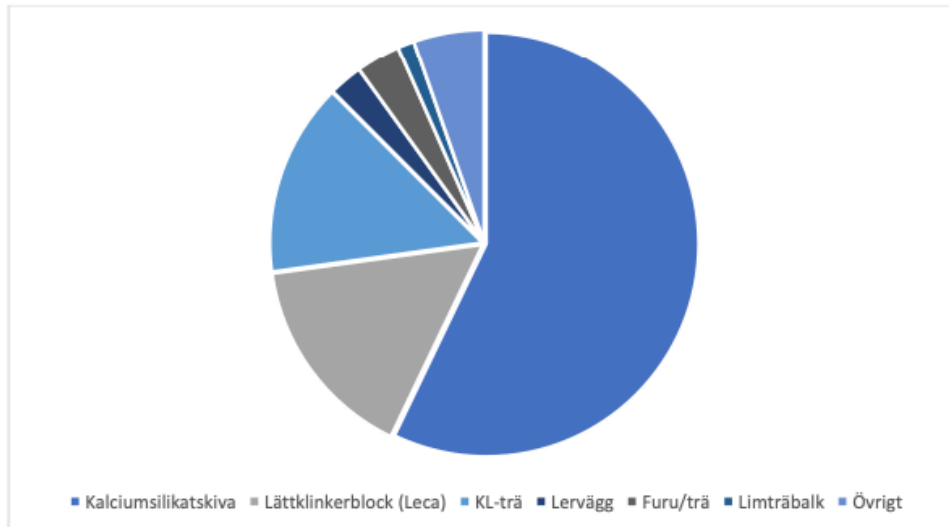
Även den ineffektiva hanteringen av materialet på grund av plats-



restriktioner på byggarbetsplatsen, gjorde att hyreskostnaden för maskiner ökade. I nästa avsnitt följer en diskussion effektiviseringar av metoden.

LCA och miljöpåverkan

Ur ett livscykelperspektiv har jordväggen låg påverkan. Detta syns i den rapport som Kajsa Sjöberg från Lunds Universitet sammanställde efter projektets genomförande. Se bland annat figur 5 på sida 33, där Kajsa visar hur mycket jordväggens avtryck är jämfört med övriga material, eller CO₂-ekvivalenterna i bilaga 5, under raderna "grus", "sand", och "återbrukad lera"^{vi}.



Figur 5: Andel klimatpåverkan från respektive material i komplementbyggnad D.

Källa: Fossilfritt byggande med alternativa byggmaterial (2021), Kajsa Sjöberg

Anledningen till att jordväggen har ett så lågt avtryck är enkel, beståndsdelarna i jordväggen raffinerar inte. Till skillnad från ett leca-block, tegel, eller cement, som kräver förbränning under tillverkningen, kräver jordväggen endast transport och sammansättningsenergi på plats. Detta gör att klimatavtrycket av en tung stomme av jord, i jämförelse med en av exempelvis betong, bara får en fraktion av klimatavtrycket. Att byggnad D i sin helhet får ett förhållandevis högt klimatavtryck i Kajsas rapport, beror från byggnadens övriga materialval, som mineritskivorna, KL-träet & LECA-blocken.

Metodeffektivisering för framtida projekt

Här följer en diskussion om hur lärdomar från projektet Hoppet kan appliceras för att göra bättre, billigare och snabbare jordväggar i framtiden. Många av förslagen nedan grundar sig även på ett par månaders arbete efter projektet Hoppets slutförande med Lehm ton Erde (LTE) i Österrike, en producent av prefabricerade jordväggar med egen fabrik under ledning av grundaren Martin Rauch.

Materialkomposition

Till skillnad från Hoppets vägg tillsätter LTE proportionellt större mängd större grusfraktioner, samt lera. Detta ger en något kletigare och samtidigt hårdare mix, eftersom bindemedlet ökar men även den strukturen av överlappande, låsande, stenar i mixen. Detta märks inte minst under stampningen, då det är möjligt att få en stenhård yta under stampning redan när det är "jordfuktigt" i formen. Detta ökar även kompressionsstyrkan något, från 2,3 MPa till ca 2,8 MPa.

Materialhantering

Material till kommande projekt bör sökas av så nära komposition av önskad sammansättning som möjligt för att minimera behov av blandning. Om schaktade massor från projektet skall användas bör jordentreprenören vara med så tidigt som möjligt för att kunna omhänderta dessa. I schaktade massor finns med säkerhet en del stenar som är av för stor karaktär för att kunna stampas in i lagren. Dessa behöver sorteras ut med exempelvis en siktskopa till hjullastare eller grävmaskin i mindre projekt, eller med sorteringsverk i större projekt. Därefter behöver rätt – i förhållande till råmaterialet – tillsatser av lera, sand respektive grus att tillsättas, och därefter alltsammans att blandas. Blandningen gör enklast på en större asfalterad yta av hjullastare.

Bearbetningsplats och prefabricering

Vid projekt av en viss volym hade det lönat sig att hyra en asfalterad yta för att där skapa en temporär tillverkningsplats. En del av ytan utomhus kan användas för siktning och blandning av jorden med hjullastare, och en del av ytan kan tillägnas ett arbetstält där formar för prefabricering sätts upp och prefab-väggarna stampas samman.



Om exempelvis Hoppets vägg skulle återskapas skulle huvudväggarna på sidorna om dörrposten delas på hälften och levereras som två separata block och blocket över dörrposten som ett annat separat block.

Även för mindre projekt hade hyra av en plats för prefabricering varit kostnads-effektiv och bidragit till en säkrare process. Torknings-processen blir kontrollerbar inomhus, och mindre yta på byggarbetsplatsen tas i anspråk. Prefabricering

skulle också möjliggöra en tightare tidsplan, då bygg och torktid på plats exkluderas ur byggets kritiska linje.

Prefabricering innebär även ett nytt handverksmässigt moment; att foga samman jordväggsblocken estetiskt på plats (retouching). Allt sammantaget är det dock fortfarande mer effektivt med prefabricering. Därtill medför även detta möjligheten att enkelt dra kabel för elektricitet genom väggarna innan fogarna sammansluts.

Övergång till systemform

Att övergå till systemform så långt som det är möjligt med grova längsgående bjälkar som mothåll hade sänkt kostnader på flera olika sätt. Först genom att tillverkningen av formen i sig hade övergått i en montagekostnad och sänkt antalet arbetstimmar på momentet. Därefter under stampningen, då varje borttagen genomföring av gängstång eller liknande innebär ett mindre lyft med stampningsmaskinen.



Källa: <https://www.doka.com/>



Källa: Conveya Conveyors

Transportband till stampprocessen

Ett annat tidskrävande moment i Hoppet var att få upp massorna till formen. En förenklade automation med ett transportband för utomhusbruk, skulle kunna hyras under tillverkningsperioden under ett kommande projekt.

Efterbehandlingar

I ett kommande projekt rekommenderas att beslut om efterbehandling tas efter ett år, då jordväggens hållfasthet och slitstyrka blivit testad.

Den utvändiga erosionen genom regnvatten kan hanteras via så kallade erosionsstopp, instampade linjer av exempelvis tegel i jordlagren. Detta leder till så kallad kontrollerad erosion där en viss erosion sker första åren för att därefter avstanna. Villan som Martin Rauch (LTE) byggde 2012 är fullständigt väderexponerad, men erosionen har avstannat. Bilder med två års mellanrum nedan.



Källa: www.lehmtonerde.at/en



Källa: www.lehmtonerde.at/en

Invändigt slitage av väggen (och eventuell grusning på golvet) hindras genom ett par rejäla dammsugningar efter väggens torkperiod är över. Dammsugningen tar bort löst sittande korn och resterande vägg blir stryktålig.

Genom att vänta med att täcka ytans porer bevaras även de hygroskopiska egenskaperna i materialet, vilket bidrar till en utjämning av fuktnivåer inomhus över året.

Bilagor

Bilaga 1: Jordanalys av schaktmassor från Alingsås

Bilaga 2: Materialförteckning jordvägg Hoppet

Bilaga 3: Kompressionstest

Bilaga 4: Formritning

ⁱ <https://www.artematieres.com/macon-terre-crue-en-cours.html>,
<http://craterre.org/enseignement:dsa-architecture-de-terre/>

ⁱⁱ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996D0603&from=EN>

ⁱⁱⁱ <https://www.rammedhomes.se>

^{iv} <https://www.ekoulf.se>

^v <https://earthlabstudio.com>

^{vi} <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9051034&fileId=9051053>



Analyscertifikat

| | | | |
|-------------------|--|--------------------------|------------------------|
| Ordernummer | : ST2106727 | Sida | : 1 av 3 |
| Kund | : Relement Miljö Väst AB | Projekt | : 1620-056 Backaskolan |
| Kontaktperson | : Ulrika Almkvist | Beställningsnummer | : 1620-056 |
| Adress | : Ekelundsgatan 4, vån 6 411 18 Göteborg Sverige | Provtagare | : Ulrika Almkvist |
| E-post | : ulrika.almkvist@relement.se | Provtagningspunkt | : ---- |
| Telefon | : 0706-93 02 34 | Ankomstdatum, prover | : 2021-03-24 08:00 |
| C-O-C-nummer | : ---- | Analys påbörjad | : 2021-03-24 |
| (eller | | Utfärdad | : 2021-03-29 12:00 |
| Orderblankett-num | | Antal ankomna prover | : 1 |
| mer) | | | |
| Offertnummer | : HL2020SE-REL-MIL0002 (OF150418) | Antal analyserade prover | : 1 |

Generell kommentar

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Laboratoriet tar inget ansvar för information i denna rapport som har lämnats av kunden, eller resultat som kan ha påverkats av sådan information. Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se vår webbplats www.alsglobal.se

| Signatur | Position |
|---------------------------|-----------------|
| Niels-Kristian Terkildsen | Laboratoriechef |



| | | | |
|--------------|--|---------|--|
| Laboratorium | : ALS Scandinavia AB | hemsida | : www.alsglobal.com |
| Adress | : Rinkebyvägen 19C 182 36 Danderyd Sverige | E-post | : info.ta@alsglobal.com |
| | | Telefon | : +46 8 5277 5200 |



Analysresultat

| Parameter | Resultat | Simmenäs-lera | | | | | |
|---|----------|--------------------------|----------|-------|--------------|------------|------|
| | | ST2106727-001 | | | | | |
| | | 2021-03-23 | | | | | |
| Parameter | Resultat | MU | Enhet | LOR | Analys paket | Metod | Utf. |
| Matris: JORD | | | | | | | |
| | | Provbeteckning | | | | | |
| | | Laboratoriets provnummer | | | | | |
| | | Provtagningsdatum / tid | | | | | |
| Torrsubstans | | | | | | | |
| Torrsubstans vid 105°C | 88.2 | ± 5.29 | % | 1.00 | MS-1 | TS-105 | ST |
| Metaller och grundämnen | | | | | | | |
| As, arsenik | 4.10 | ± 0.820 | mg/kg TS | 0.500 | MS-1 | MS-1 | ST |
| Ba, barium | 80.8 | ± 16.2 | mg/kg TS | 1.00 | MS-1 | MS-1 | ST |
| Cd, kadmium | <0.100 | ---- | mg/kg TS | 0.100 | MS-1 | MS-1 | ST |
| Co, kobolt | 7.58 | ± 1.52 | mg/kg TS | 0.100 | MS-1 | MS-1 | ST |
| Cr, krom | 19.5 | ± 3.90 | mg/kg TS | 0.200 | MS-1 | MS-1 | ST |
| Cu, koppar | 16.9 | ± 3.38 | mg/kg TS | 0.300 | MS-1 | MS-1 | ST |
| Hg, kvicksilver | <0.200 | ---- | mg/kg TS | 0.200 | MS-1 | MS-1 | ST |
| Ni, nickel | 13.1 | ± 2.62 | mg/kg TS | 0.200 | MS-1 | MS-1 | ST |
| Pb, bly | 11.9 | ± 2.38 | mg/kg TS | 1.00 | MS-1 | MS-1 | ST |
| V, vanadin | 42.5 | ± 8.50 | mg/kg TS | 0.200 | MS-1 | MS-1 | ST |
| Zn, zink | 59.0 | ± 11.8 | mg/kg TS | 1.00 | MS-1 | MS-1 | ST |
| Alifatiska föreningar | | | | | | | |
| alifater >C8-C10 | <10 | ---- | mg/kg TS | 10 | OJ-21H-HUM | HUM-OJ-21 | ST |
| alifater >C10-C12 | <20 | ---- | mg/kg TS | 20 | OJ-21H-HUM | HUM-OJ-21 | ST |
| alifater >C12-C16 | <20 | ---- | mg/kg TS | 20 | OJ-21H-HUM | HUM-OJ-21 | ST |
| alifater >C16-C35 | <20 | ---- | mg/kg TS | 20 | OJ-21H-HUM | HUM-OJ-21 | ST |
| Aromatiska föreningar | | | | | | | |
| aromater >C8-C10 | <1.0 | ---- | mg/kg TS | 1.0 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| aromater >C10-C16 | <1.0 | ---- | mg/kg TS | 1.0 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| metylpirener/metylfloorantener | <1.0 * | ---- | mg/kg TS | 1.0 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| metylkryser/metylbens(a)antracener | <1.0 * | ---- | mg/kg TS | 1.0 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| aromater >C16-C35 | <1.0 | ---- | mg/kg TS | 1.0 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) | | | | | | | |
| naftalen | <0.10 | ---- | mg/kg TS | 0.10 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| acenaftilen | <0.10 | ---- | mg/kg TS | 0.10 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| acenaften | <0.10 | ---- | mg/kg TS | 0.10 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| fluoren | <0.10 | ---- | mg/kg TS | 0.10 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| fenantren | <0.10 | ---- | mg/kg TS | 0.10 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| antracen | <0.10 | ---- | mg/kg TS | 0.10 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| fluoranten | <0.10 | ---- | mg/kg TS | 0.10 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| pyren | <0.10 | ---- | mg/kg TS | 0.10 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| bens(a)antracen | <0.08 | ---- | mg/kg TS | 0.08 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| krysen | <0.08 | ---- | mg/kg TS | 0.08 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| bens(b)fluoranten | <0.08 | ---- | mg/kg TS | 0.08 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| bens(k)fluoranten | <0.08 | ---- | mg/kg TS | 0.08 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| bens(a)pyren | <0.08 | ---- | mg/kg TS | 0.08 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| dibens(a,h)antracen | <0.08 | ---- | mg/kg TS | 0.08 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| bens(g,h,i)perylene | <0.10 | ---- | mg/kg TS | 0.10 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| indeno(1,2,3,cd) pyren | <0.08 | ---- | mg/kg TS | 0.08 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| summa PAH 16 | <1.5 | ---- | mg/kg TS | 1.5 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| summa cancerogena PAH | <0.28 * | ---- | mg/kg TS | 0.28 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| summa övriga PAH | <0.45 * | ---- | mg/kg TS | 0.45 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| summa PAH L | <0.15 * | ---- | mg/kg TS | 0.15 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| summa PAH M | <0.25 * | ---- | mg/kg TS | 0.25 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |
| summa PAH H | <0.33 * | ---- | mg/kg TS | 0.33 | OJ-21H-HUM | SVOC-OJ-21 | ST |



Metodsammanfattningar

| Analysmetoder | Metod |
|---------------|--|
| HUM-OJ-21 | Bestämning av alifatiska föreningar enligt REFLAB 1 2010, mod GCMS |
| MS-1 | Bestämning av metaller i fasta prover. Torkning/siktning enligt SS-ISO 11464:2006 utg. 2 utförd före analys. Uppslutning enligt SS 028150:1993 utg. 2 på värmeblock med 7 M HNO ₃ . Analys enligt SS EN ISO 17294-2:2016 utg. 2 mod. med ICP-MS. |
| SVOC-OJ-21 | Bestämning av alifatfraktioner och aromatfraktioner Bestämning av polycykliska aromatiska kolväten, PAH (16 föreningar enligt EPA) Summa metylpyrener/metylfluorantener och summa metylkrysener/metylbens(a)antracener. GC-MS enligt SIS/TK 535 N012 som är baserad på SPIMFABs kvalitetsmanual. PAH cancerogena utgörs av bens(a)antracen, krysen, bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, bens(a)pyren, dibens(ah)antracen och indeno(123cd)pyren. Summa PAH L: naftalen, acenaften och acenaftalen. Summa PAH M: fluoren, fenantren, antracen, fluoranten och pyren. Summa PAH H: bens(a)antracen, krysen, bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, bens(a)pyren, indeno(1,2,3-c,d)pyren, dibens(a,h)antracen och bens(g,h,i)perylene. PAH-summorna är definierade enligt direktiv från Naturvårdsverket utgivna i oktober 2008. |
| TS-105 | Bestämning av torrsbstans (TS) enligt SS-EN 15934:2012 utg 1. |

| Beredningsmetoder | Metod |
|-------------------|---------------------------------|
| PP-TORKNING* | Enligt SS-ISO 11464:2006 utg. 2 |

Nyckel: **LOR** = Den rapporteringsgräns (LOR) som anges är standard för respektive parameter i metoden. Rapporteringsgränsen kan påverkas vid t.ex. spädning p.g.a. matrisstörningar, begränsad provmängd eller låg torrsbstanshalt.

MU = Mätosäkerhet

* = Asterisk efter resultatet visar på ej ackrediterat test, gäller både egna lab och underleverantör

Mätosäkerhet:

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Evaluation of measurement data- Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet anges endast för detekterade ämnen med halter över rapporteringsgränsen.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Utförande laboratorium (teknisk enhet inom ALS Scandinavia eller anlitat laboratorium (underleverantör)).

| | Utf. |
|----|---|
| ST | Analys utförd av ALS Scandinavia AB, Rinkebyvägen 19C Danderyd Sverige 182 36 Ackrediterad av: SWEDAC Ackrediteringsnummer: 2030 |

Materialförteckning Lervägg

Schaktad jord, ca 2.5 kubikmeter (se bilaga för exakt innehåll)

Makadam 8-16, 1.5 ton (Allt i Mark)

Flis 4-8, 1.5 ton (Allt i Mark)

Grovsand, 1.5 ton (Allt i Mark)

Stenmjöl, 1 ton (Allt i Mark)

Lergranulat EDR01, 1 ton (Bara Mineraler)

Lerpulver, 300 Liter (*Operaleran*)

Rå Linolja Svensk, 5 liter (Akso Nobel Decorative Coating AB)

St.Astier NHL bruk 0-2, 150 kg (Målarkalk)

St.Astier NHL bruk 0-4, 275 (Målarkalk)

Intyg – Tryckhållfasthet för stampad jord

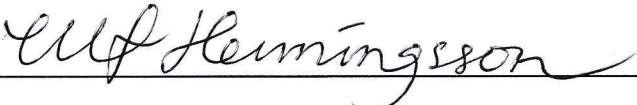
Intyg för tryckhållfasthet av provkuber av stampad jord för användning vid Förskolan Hoppet, Backa, Hisingen, Göteborg. Närmare bestämt en stampad jordvägg i komplementsbyggnaden D, uppförd under sommaren 2021.

Jordblandningen som använts i jordväggen på Hoppets förskola är en blandning av flera olika leror ("Bara" (nästan hälften), "Simmenäs" (nästan hälften) och "Opera" (en mindre andel)) ihop med sand, grus och makadam. Varje provkropp/test är gjort i dubbel upplaga (borde väl eg varit 3 st av varje, så att ett medelvärde kan uppskattas...). Det är dock inte bara respektive ingående leras egenskaper som påverkar tryckhållfastheten, utan även blandningsförhållanden och hantverket.

Nedanstående tabell ges utifrån provkroppar färdigställda av Ulf Henningsson, förmedlade till pensionerade internationella betongforskaren vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg, Satish Chandra, som provtryckt i Chalmers betonglab och delgivit provresultaten telefonledes:

| Provkuber (1 dm ³), testade i torrt tillstånd (med respektive lera som bindemedel) | Vikt [g] | Tryckhållfasthet [MPa] |
|--|----------|------------------------|
| 1. Bara-lera (utan fibrer) | ca 2100 | ca 2,0 |
| 2. Bara-lera (med fibrer) | ca 2000 | ca 2,1 |
| 1. Simmenäslera (utan fibrer) | 2262 | 2,53 |
| 2. Simmenäslera (utan fibrer) | 2204 | 2,35 |
| 1. Opera-lera (utan fibrer) | 2277 | 2,63 |
| 2. Opera-lera (utan fibrer) | 2241 | 2,558 |
| Den slutliga Hoppet-blandningen nedan, där ovanstående leror ingår i olika delmängder: | | |
| 1. Hoppet-blandning (utan fibrer) | 2203 | 2,368 |
| 2. Hoppet-blandning (utan fibrer) | 2166 | 2,320 |

Alla tryckhållfasthetsresultat över 2,0 MPa känns fullt godkända för stampad jord. Alltså kan vi enligt ovanstående tabell (i de "jordpigmenterade" rutorna) ur tryckhållfasthetssynpunkt godkänna jordblandningen som är använd i förskolan Hoppets stampade jordvägg.



Ulf Henningsson, Ler- och halmbyggare, Mölndal 2021-08-21

PS Krympning skulle också vara intressant att mäta för respektive prov, vilket får anstå tills vidare...

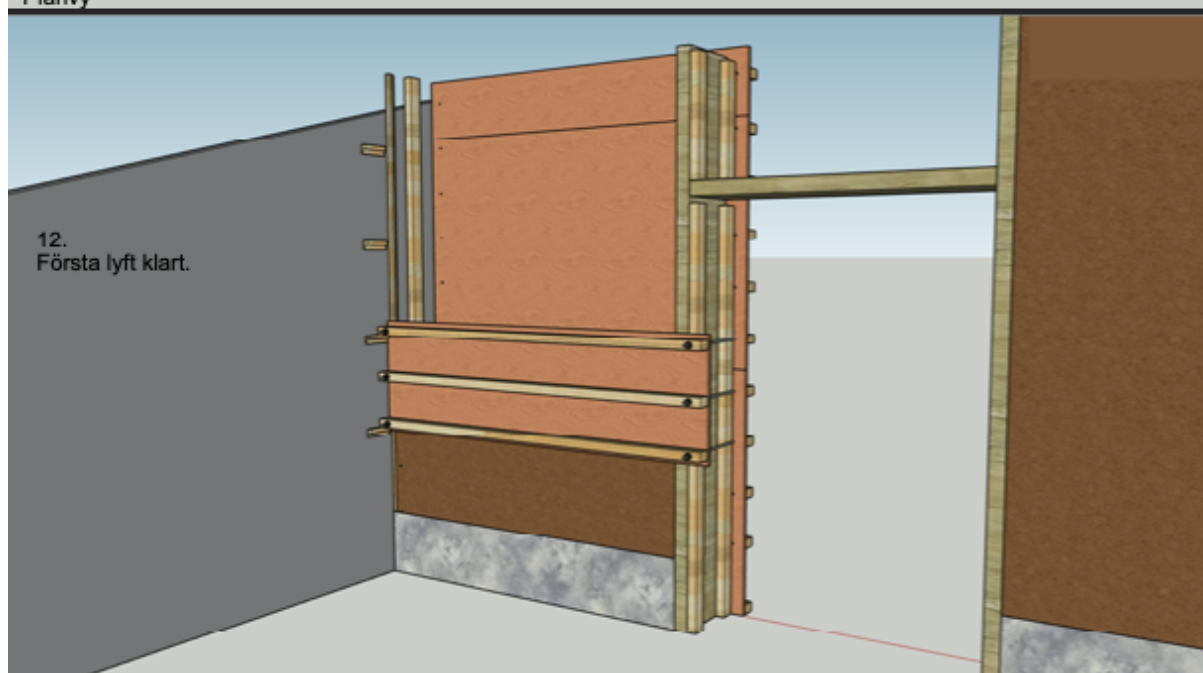
Stampform för Hoppet komplementbyggnad

Presentation för granskning av design inför möte med Shea, Mikael och Ulf

Ásgeir Sigurjónsson, earthLAB, 2021-02-28



Planvy



12.
Första lyft klart.