

-ET MULIGHETSSTUDIUM PROSESSHEFTE

MASTEROPPGAVE I ARKITEKTUR, NTNU VÅREN 2013

JOHN OLAV KOPPERUD

VEILEDER: FINN HAKONSEN

OM PROSESSHEFTET

Som jeg satt meg fore i forarbeidet har jeg hatt en todelt prosess, en fysisk utprøving av materialet både i 1:1, i tegning og modell, og en analytisk del bestående av kunnskapsinnhenting og bearbeiding, kontakt med ulike personer og aktører og .

Dette heftet forsøker å oppsummere den fysiske prosessen. Et nært samspill mellom det fysiske materialet halm, modellstudier og analyse har vært et ønske gjennom prosessen.

I prosessen har jeg fått mye hjelp i de analoge hjelpemidlene. Den fysiske interaksjonen med materialet har vært essensielt for oppgaven så modellverkstedet har vært til stor nytte i prosessen. Skissen har også blitt et viktig verktøy for oppgaven.



MAKROSTUDIER AV HALMSTRÅET

Det aller første jeg gjorde i den fysiske prosessen var å studere halmstråene i detalj. Før vinteren satte inn plukket jeg med meg noen halmstubber fra et jorde og satt igang å bli kjent med strået ved å kjenne, bøye, knekke, dissikere, smake og lukte på halmen. Dette aller første møtet med halmen skulle vise seg å ha stor betydning for oppgaven.

Jeg hadde en tidlig følelse av at jeg ville utforske halmens opprinnelige egenskaper, men dette ble lagt på hyllen en periode siden det var så vanskelig å få tak i hel halm utenom innhøstingssesongen.



STUDIETUR TIL HALMHUS

Jeg hadde til nå lest om halmhusenes karakteristiske formutrykk og gode inneklime og ønsket å se om det stemte ved å oppleve et på egenhånd. Jeg tok kontakt med Per Havdal som har bygget et halmhus på Melhus i samarbeid med veileder Finn Hakonsen og avtalte et besøk av halmhuset hans.

Huset på Havdal i Melhus fungerer som et veksthus, og har halm i både tak og vegger. Halmen er plassert på utsiden av en bærende murvegg og mellom de bærende takstolene. Veggene var pusset på utsiden og så ut til å være i god stand. Huset hadde et merkbart behagelig klima (som delvis veksthusfunksjonen må ha æren for) og karakteristiske avrundede former ved hjørner og vindusåpninger.





FØRSTE MØTE MED HALMBALLEN

Min første erfaring om halmballer var at de ikke er lette å få tak . De aller fleste gårdbrukere i Norge presser halm i rundball som er et uhåndterlig og lite egnet format til bygging (selv om det finnes eksempler på det og). Etter en stund på leting fant jeg noen gårdbrukere på Melhus som hadde noen gamle halmballer liggende.

En trang biltur senere var jeg 4 halmballer rikere og 80 kr fattigere. Bilen så mildt sagt ikke ut etterpå. En ting som slo meg umiddelbart var hvor hardt halmstråene faktisk var presset sammen og hvor stor skade som faktisk er gjort på halmen sammenlignet med den jeg hadde studert tidligere. Dette har under hele prosessen medført en stor grad av strøhalm som halmballen gir fra seg.





HALMBALLVEGGEN

Først testet jeg halmballene løse på ulike måter og ble raskt kjent med ballenes elastisitet. Ved å stable ballene oppå hverandre og riste på dem merket en fort hvor tøyelige halmballen er. Ballene kunne skjelve i flere sekunder før ballene roet seg.

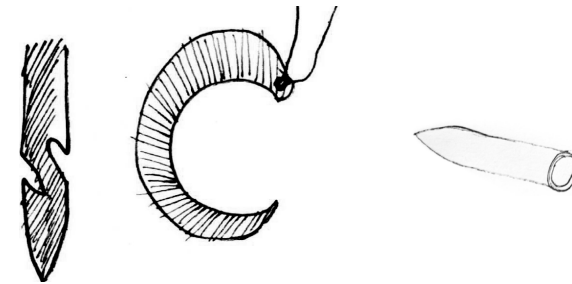
Jeg visste tidlig at jeg ville utforske halmens konstruktive potensial, og ønsket å prøve ut et velkjent grep i bærende halmballkonstruksjoner, nemlig forspenning. Jeg ønsket å undersøke hvordan stabiliteten til halmballene endret seg etter å stramme ballene sammen. Ved hjelp av to lastestropper begynte jeg å stramme halmballene mellom to rammer. Allerede ved de første jekkene merket jeg hvordan halmballenes elastisitet ble stivere og stivere og til slutt oppførte de fire halmballene seg som ett element. Jeg kunne nå jobbe med en vegg.





REDSKAPER

Etterhvert som jeg utforsket halmballene fant jeg ut at jeg trengte et sett med resdkaper for å kunne jobbe med materialet. Jeg fant inspirasjon fra takbyggeskikken thatching som har et rikt verktøysortimentet til utførelsen av sitt fag. Å studere både bilder og videoer av thatching har gitt ideer til ulike redskaper som kan benyttes til bygging med halmbygging. Noen redskaper kan egne seg mest for et håndarbeid, mens andre kanskje kan overføres i en industriell setting.



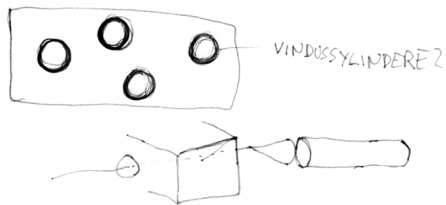
Dele halmballer

En erfaring jeg ville gjøre meg var å dele en halmball i to. Nålen jeg lagde er opprinnelig laget for å kunne sende snorer i samme bane på både fram og tilbake som kom godt med under delinge av halmballene. Nye snorer ble tredd og festet før den gamle snoren ble kuttet av, og vips har man to halvballer.

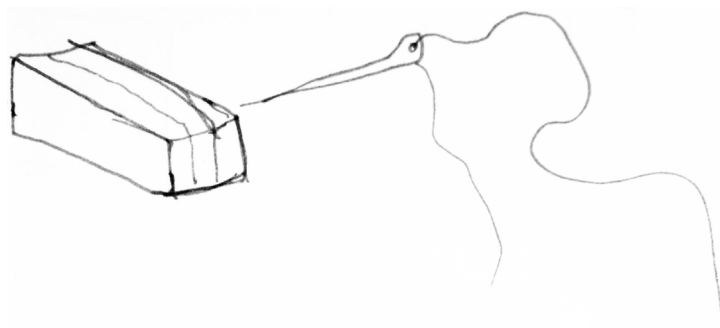
TEKNIKKER

GJENNOMBORING

En egenskap halm deler med få andre materialer er dens evne til å gjennombores. denne egenskapen benyttes under tradisjonell halmbygging ved at dymlinger, eller lange pinner kjøres gjennom 2-3 halmballer for å binde ballene sammen og skape en mer stabil vegg. Med et spisst redskap kan halmen penetreres med vanlig håndmakt. Gjennom boringen foregår enklest i halmens fiberretning. Halmballen har en noe kaotiske stråretning som vanskeliggjør og styrer retningen på gjennom boringen. Denne egenskapen gir muligheter som kan utnyttes i ulike systemer.

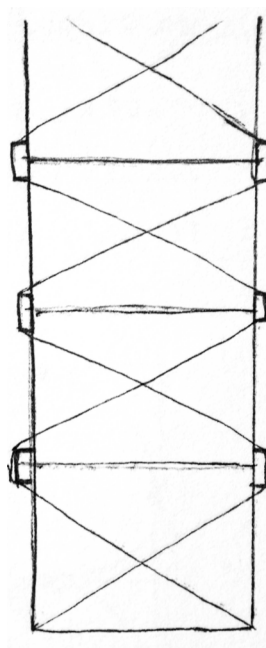
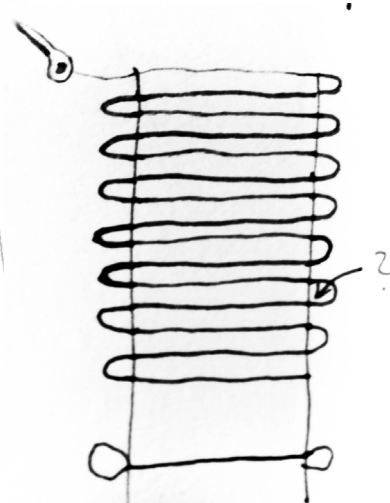


SYING



En mulighet jeg oppdaget i forlengelse av gjennomboringen er å bruke dette til å "sy" halm på ulike måter.

Dermed har man mulighet til å binde ting og oppnå et festepunkt på andre siden av veggen. En kan se for seg festing av stående eller liggende lekter, eller sy et vaiersystem gjennom veggen for å stive av veggen.



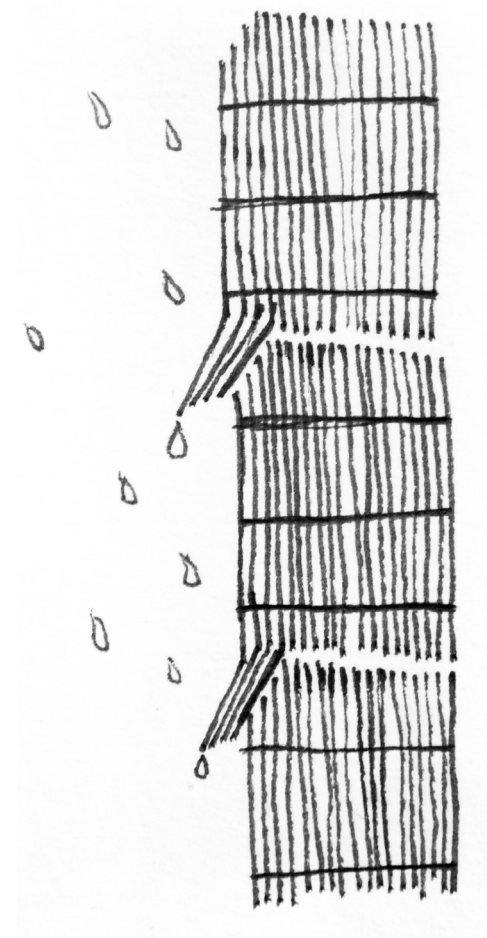
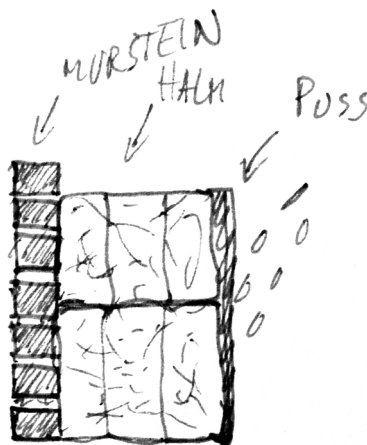
VÆRHUD

Værhudens viktigste oppgave er å hindre regn og snø fra å trenge inn i halmballen og samtidig puste slik at fuktighet tillates å tørke ut gjennom veggen. I tillegg er det en fordel med en værhud som har en viss elastisitet eller fleksibilitet for å kunne tilpasse seg halmens setninger over tid.

VÆRHUDTYPER

Puss

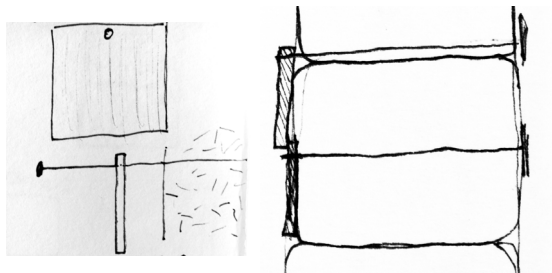
Den desidert vanligste værhuden for halmballvegger er et pusslag på utsiden som både puster samtidig som det gir meget god brannmotstand. Puss er imidlertid ikke særlig fleksibel, og ved store setninger i halmballene vil det oppstå sprekkdannelser i pussen. Siden puss er så velkjent og enerådende har jeg valgt å konsentrere meg om å utforske alternative værhuder.



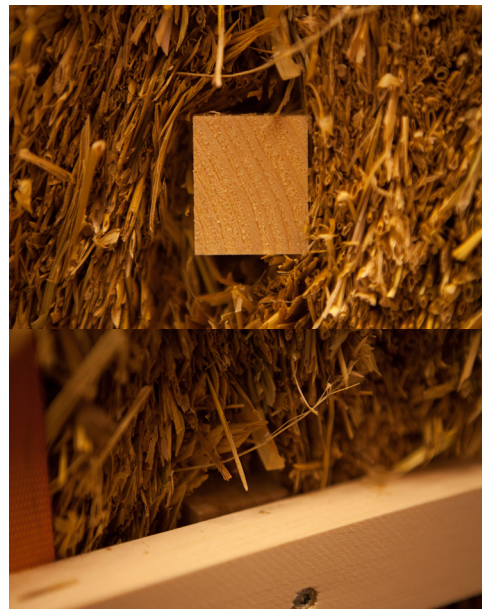
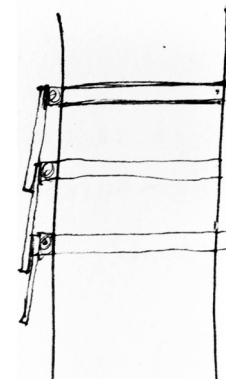
SPONKLEDNING

Etter mitt møte med Per havdal, eier av halmhuset jeg besøkte, ble jeg introdusert for hans produksjon av spon som veggkledning . Denne byggeskikken bestemte meg for å teste ut i 1:1

Kan sponkledningen "sys" fast?



Halmveggen ble boret gjennom med lekter tvers gjennom vegg. disse lektene tjente som anlegg for horisontale lekter som ble anlegg for sponet.



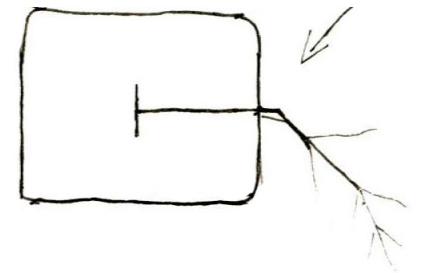
EN VÆRHUD AV GREINER?

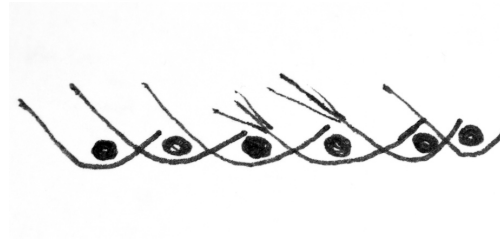
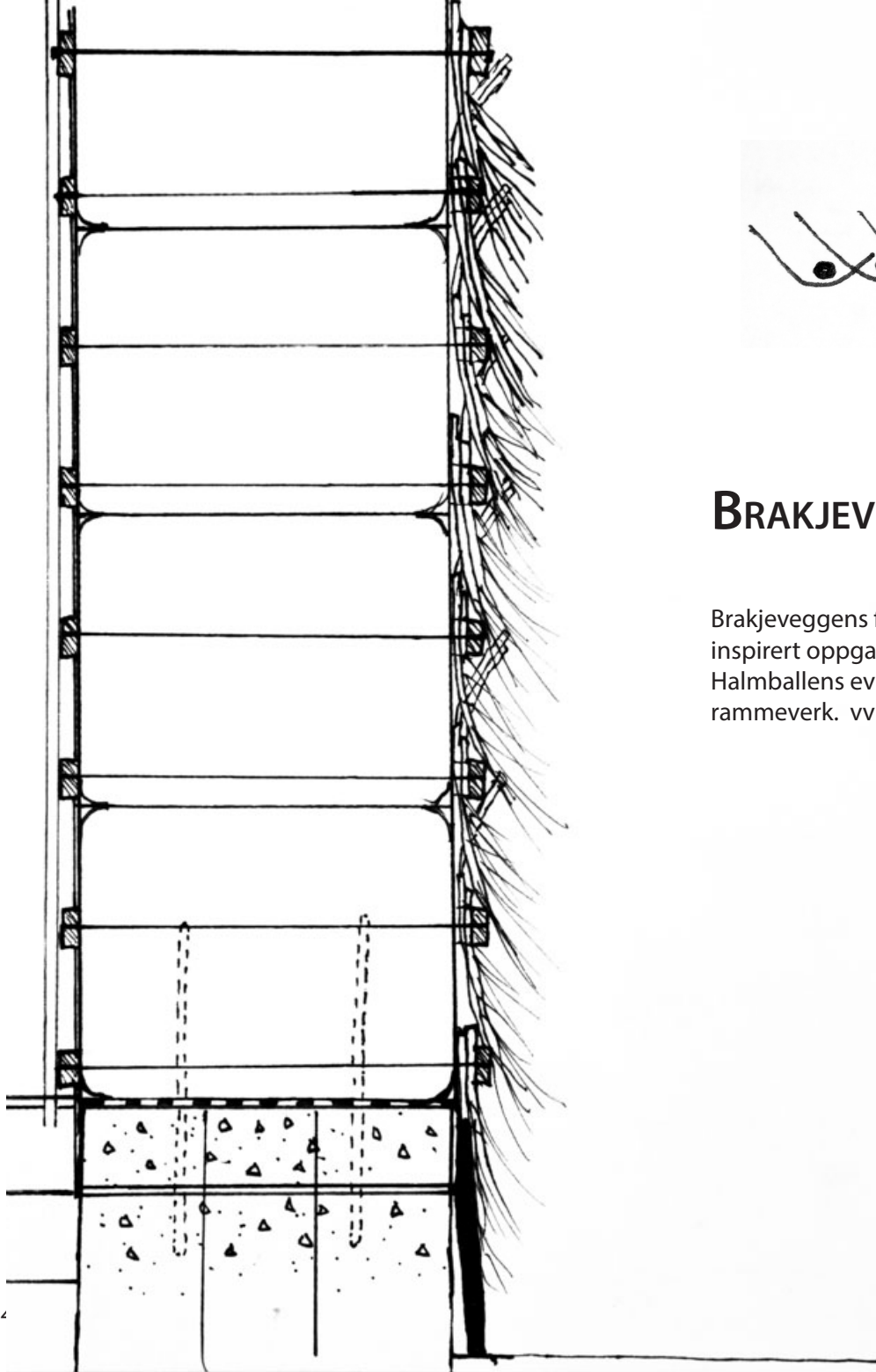
Inspirert av den historiske værhuden brakjeveggen begynte jeg å eksperimentere med en værhud bestående av greiner. I likhet med brakjeveggen ville dette kunne gi en meget pustende værhud. Jeg studerte hvilke nye muligheter gir halmballen for innfesting av greinene. Først testet om det var mulig å feste grenene direkte i halmballen og se evt uelt hvor tett det var mulig å stikke de inn i halmballene.



SELVFESTENDE

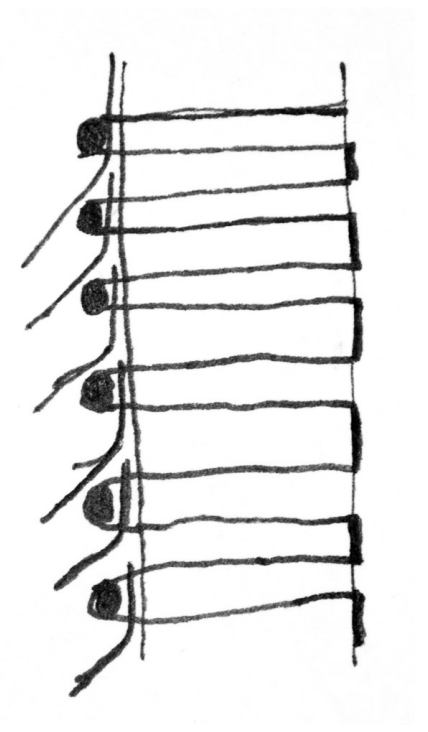
De aller fleste greinene gikk relativt lett å få ut igjen, men et par greiner som var kuttet på en spesiell måte var umulig å trekke ut igjen av veggen og hadde låst seg selv fast inni halmballen. Denne låsemekanismen virket interessant som en festemetode da man på en meget rask måte oppnådde et sterkt festepunkt og kunne anvendes industrielt.





BRAKJEVEGGEN + HALMBALLVEGGEN

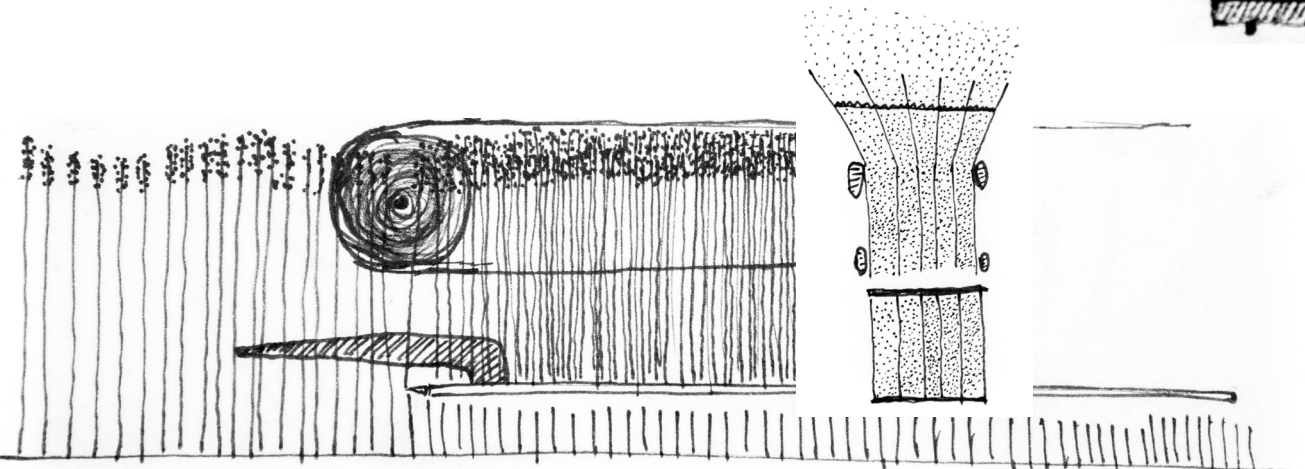
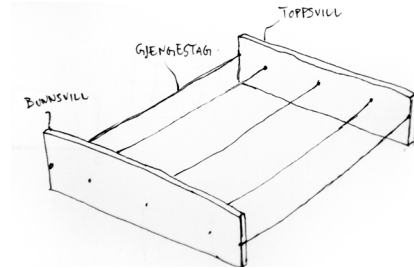
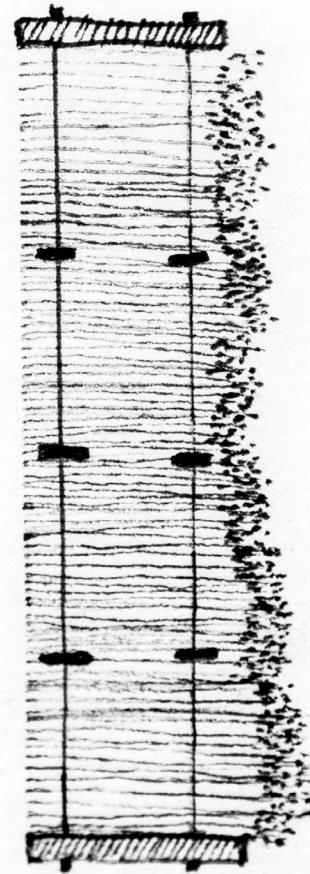
Brakjeveggenes fletting og egenskaper som værhud har inspirert oppgaven.
Halmballens evne til å "sys" benyttes til å binde brakjeveggenes rammeverk. vv



AKS SOM VÆRHUD?

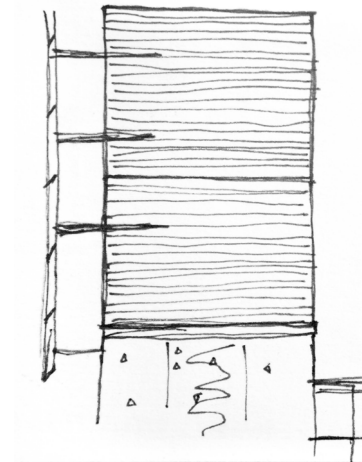
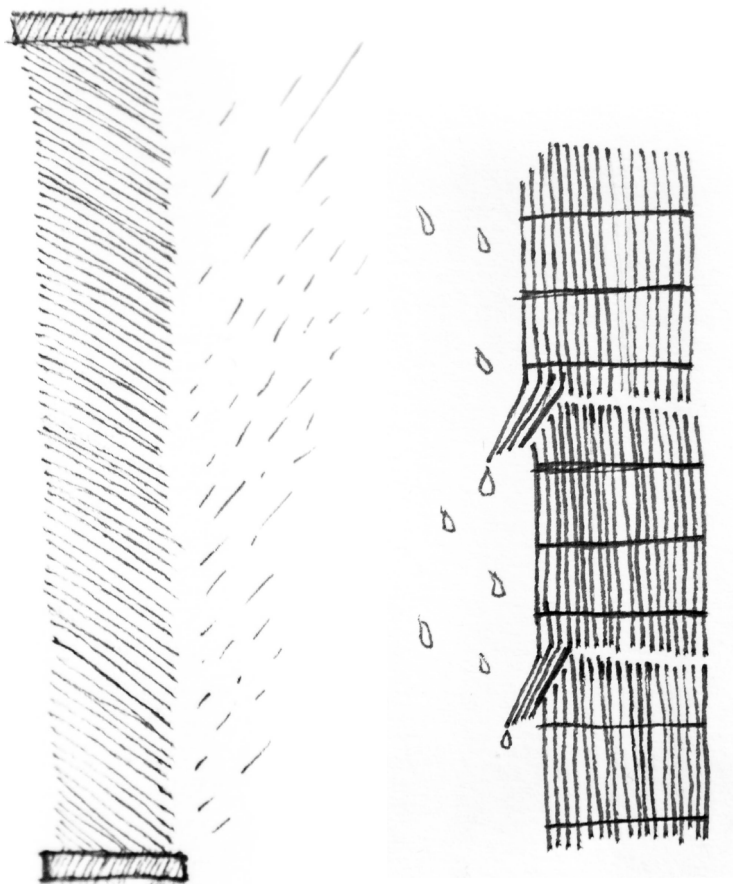
Et interessant tanke både fremstillingsmessig, tektonisk og teknisk ville være å benytte kornets aks som en luftig værhud mot regn og vind. Aksene ville slått energien ut av regnet og dermed hindret vann fra å trenge langt inn i veggens samtidig som at det ville fungert som en meget pustende værhud.

En kan se for seg produksjonen av disse veggelement allerede ved innhøsting. Veggelementets lengde vil da kun begrenses av skjærets bredde, som vil tillate rasjonelle dimensjoner på veggens. Med liggende halm vil en ha behov for å forspenne veggens før den kan anvendes konstruktivt. Forsøk på eksponering av halmballer i været har vist at vannet ikke trenger langt inn i halmballen, og dreneres ut av veggens raskt på grunn av god lufting. (Jacobsen)

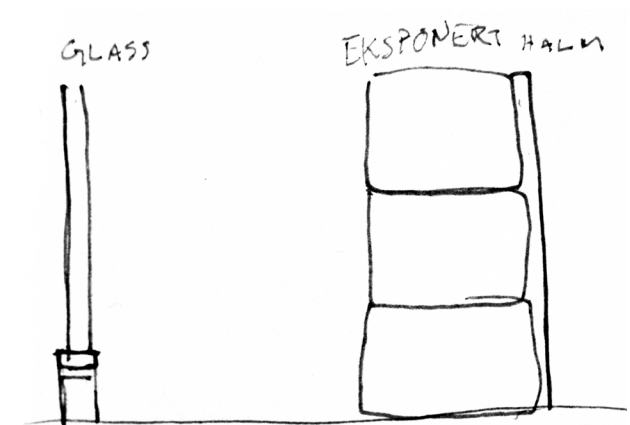


HALM SOM VÆRHUD

Halm har vært benyttet som taktekkingsmateriale, i sin hele form vel og merke. En halmvegg med blokker av hele stående halmstrå vil i teorien også kunne fungere direkte som værhud. En mekanisme kan utformes så vann ikke renner gjennom fra den ene halmblokken til den andre.



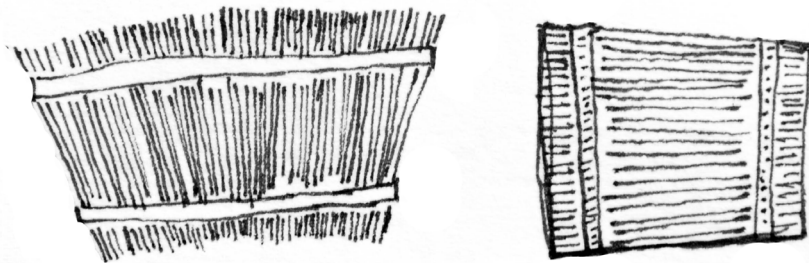
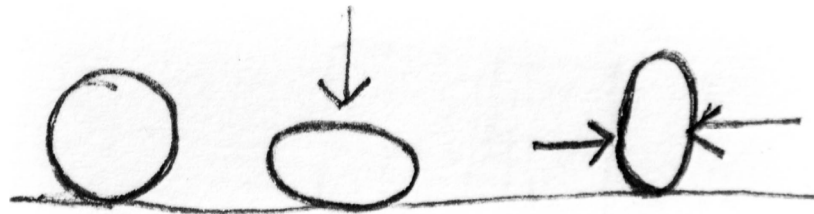
Stående lekter og liggende kledning, innfestet med S-House skruer?



Intrukket og eksponert halm?

DEN FRIE VEGGEN

En av halmens særegenheter er halmens elastisitet som kommer av halmens sylinderformede tverrsnitt. Dette er en egenskap som mange anser som en utfordring konstruktivt, men som også gir materialet en formingsmulighet. Tidlig i prosessen var jeg interessert i å utforske hvilke muligheter denne egenskapen kunne gi.

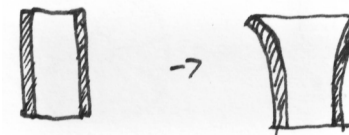


En liggende halmball har stråene mer eller mindre vinkelrett på vegg og er elastisk både i plan og snitt.

Disse elastiske egenskaper gjør materialet godt egnet for den buede vegg. Denne egenskapen er det få halmhus som benytter seg av.



En halmvegg kan dermed formes både i plan ...



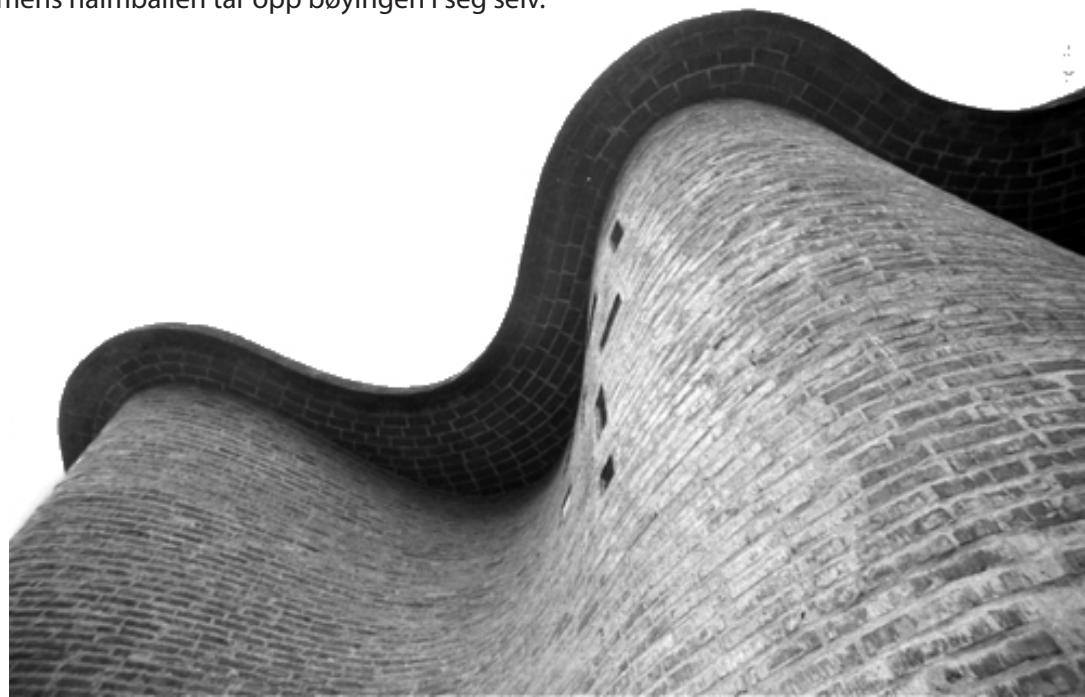
...og i snitt.



DIESTES STABILE VEGG

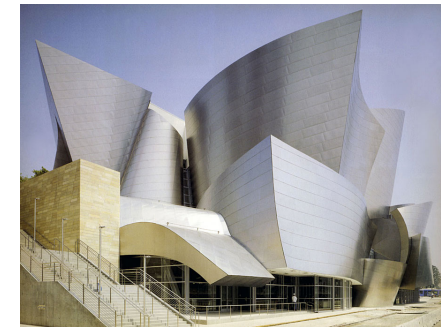
Eladio Dieste har vært en inspirasjon i mine studier av halmens elastisitet. Han er en arkitekt som har jobbet mye med den buede veggens i materialet tegl og veggens form som et middel for å skape stabilitet. Han sier: "It is through their form that they are stable and not because of an awkward accumulation of materials."

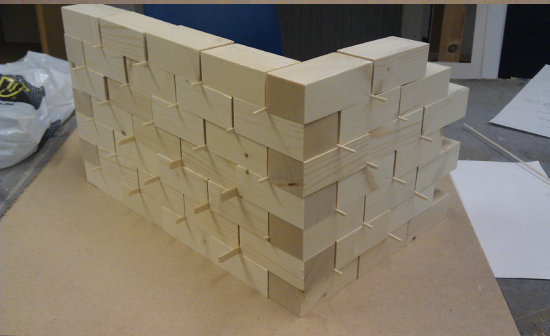
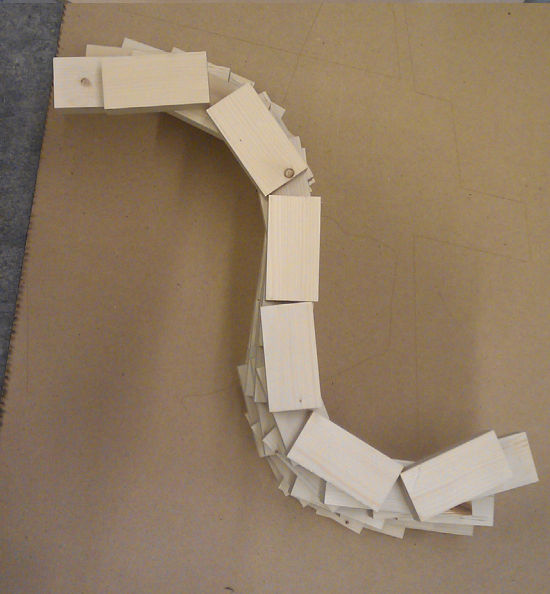
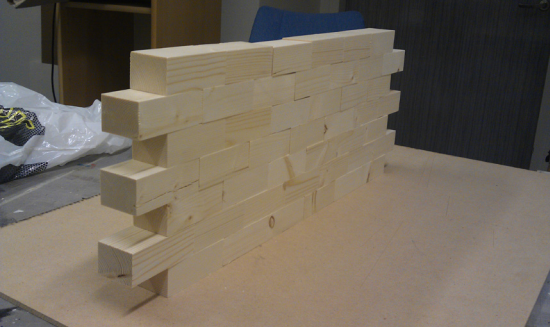
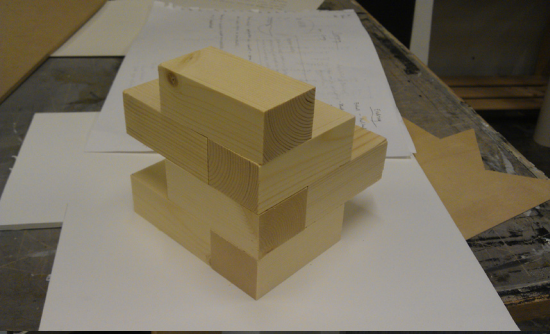
Teglsteinen er et materiale med beslektede formingsmuligheter som halm. Teglsteinen tar opp forskyvninger i fugene mellom steinene, mens halmballen tar opp bøyingen i seg selv.



PÅ LETING ETTER ET SYSTEM

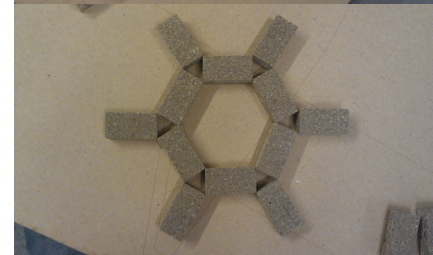
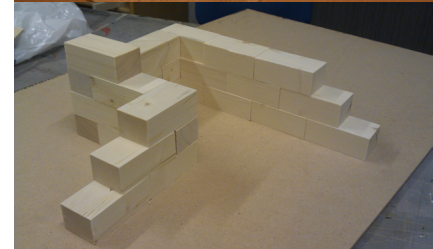
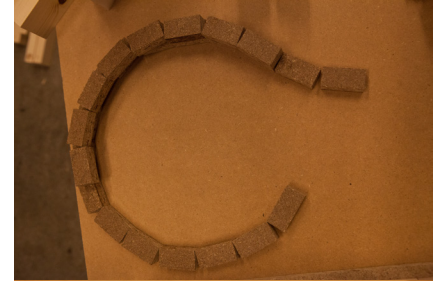
Inspirert av Eladio Dieste begynte jeg å lete etter et fleksibelt veggsystem som utnyttet halmens formingspotensiale, og begynte å skissere mulighetene for en formal skulpturering av halmveggen for å gi veggen en egen stabilitet. Halmens elastiske og formbare egenskaper muliggjør med enkle midler dannelsen av selvstabiliserende vegger. Organiske arkitekturformer blir idag ofte overlatt til datamaskiners avanserte beregninger, både i prosjektering og produksjon. I halmens elastisitet ligger det kanskje muligheter for en mer direkte skapende prosess.

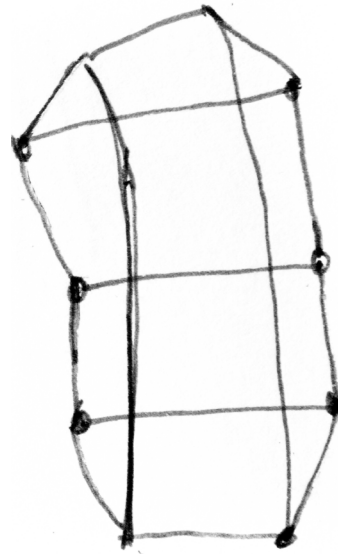
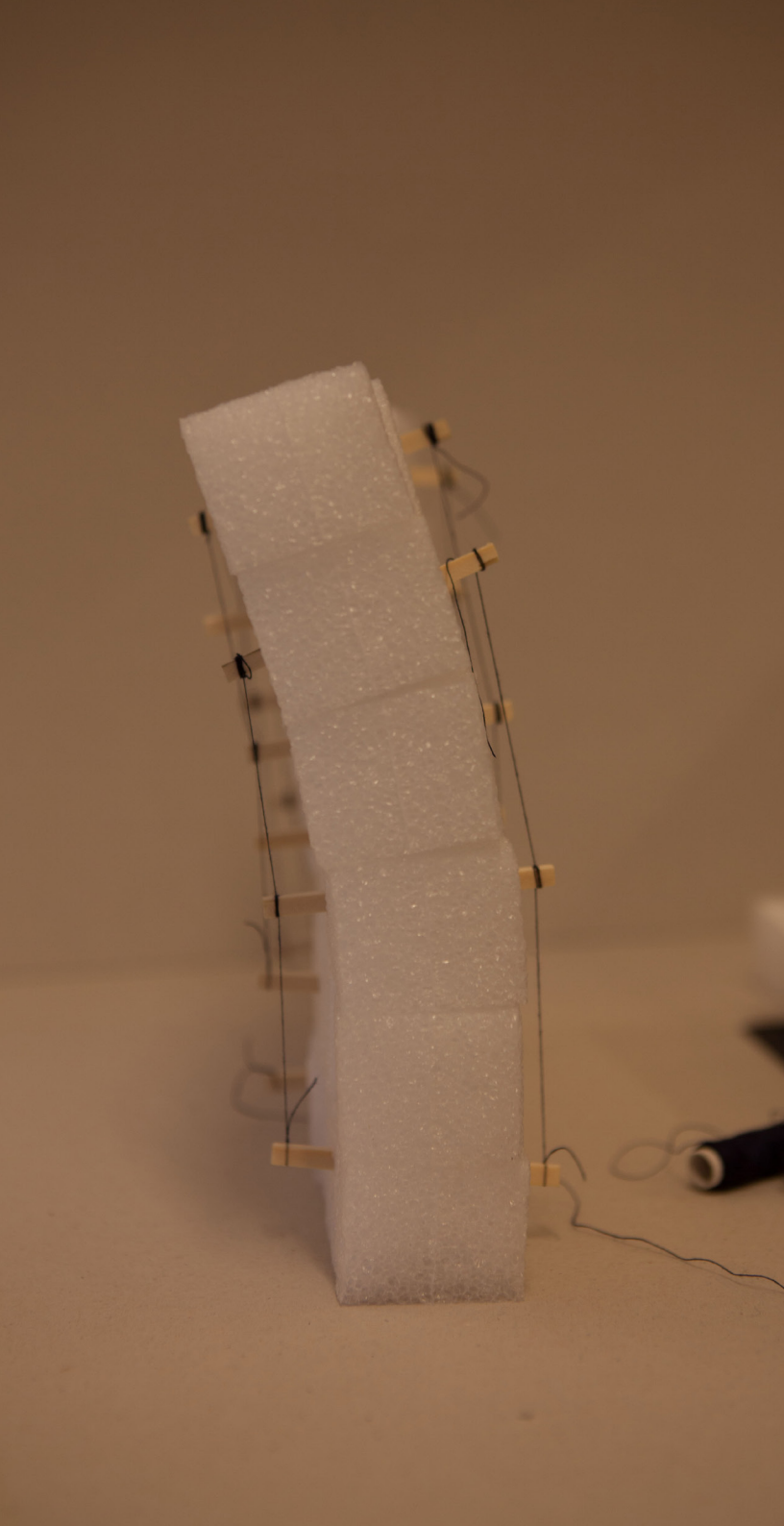




INNLEDENDE MODELLSTUDIER

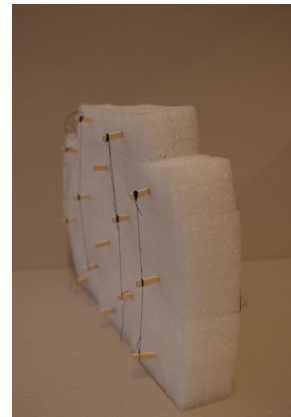
I modell jobbet jeg til å begynne med klosser i halmballformat for å jobbe med halmballens ulike måter å organiseres på. Jeg studerte forskjellen på den rette og buede veggs stabilitet, og erfarte viktighete av overlapping av halmballene for veggens styrke og oppdaget formatats fleksibilitet i plan.





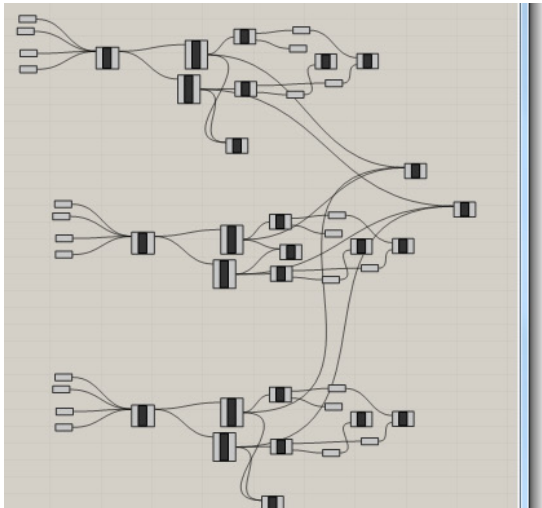
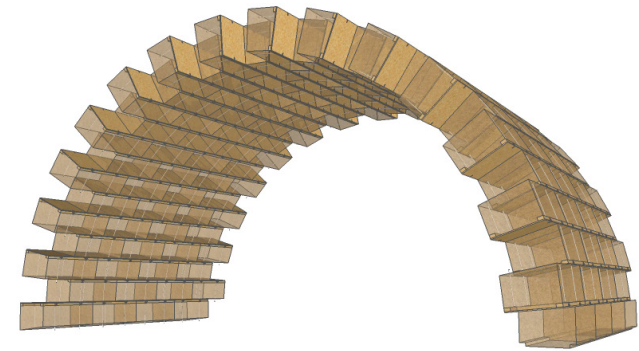
FORSPENNING SOM FORMINGSVERKTØY

Konstruktive halmvegger må forspennes for å kunne bære last. Jeg spurte meg selv om denne forspenningen kunne brukes som en måte å gi halmvegger form på. Jeg startet med å bruke det jeg hadde erfart om halmballen, blant annet materialets evne til å gjennombores. Disse gjennomboringene skapte punkter der halmens elastisitet kunne styres. Jeg stabled meg en vegg av gjennomborede "halmballer og startet å forme veggene ved å påføre den ulik spenning både vertikalt og horisontalt med hjelp av en sytråd.

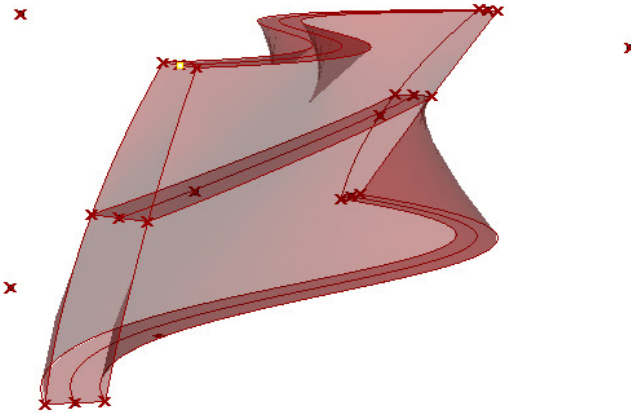


DIGITALE MODELLSTUDIER

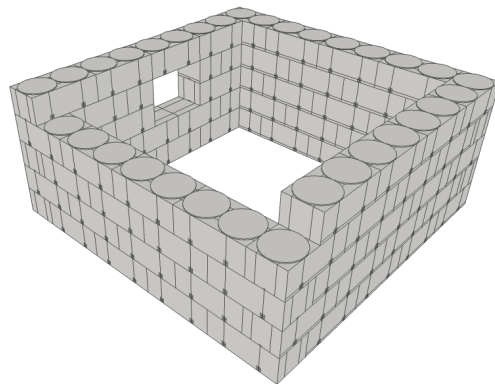
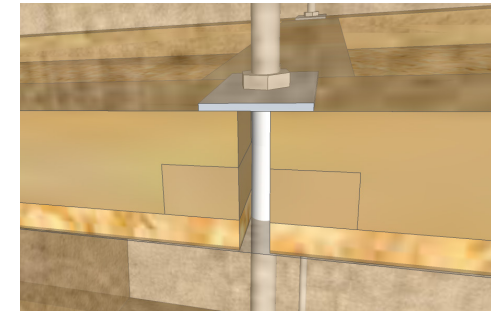
De digitale modellverktøy har vært til god nytte under formstudier og utforskning av ulike systemer og detaljer.



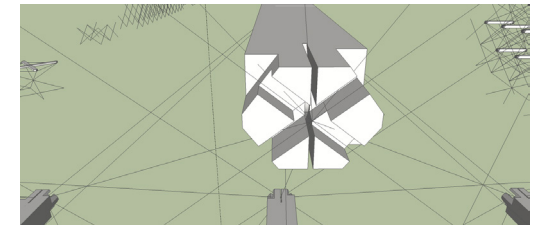
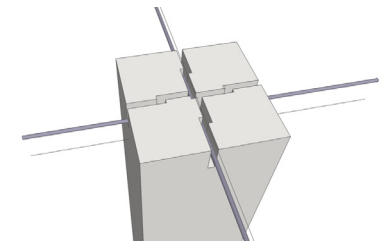
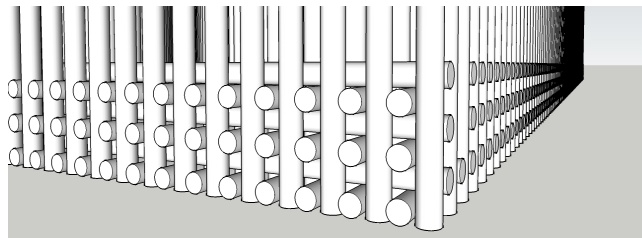
Rhino har blitt brukt til å studeren den frie veggens mulige utforming av en stabil vegg.

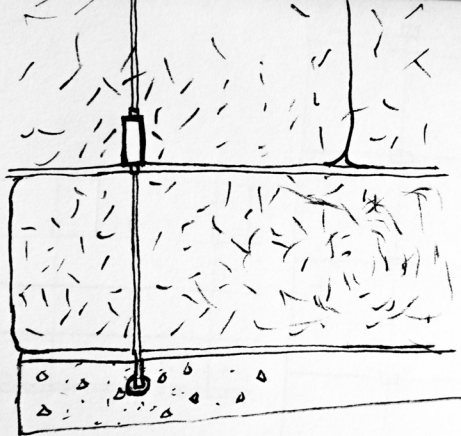


SketchUp har blitt brukt til konseptuell ideutvikling og detaljstudier av ulike deler



Her studeres en fletting av halmstråene i tre dimensjoner for å skape en blokk som er stiv i alle retninger. Dette viste seg vanskelig i virkeligheten.



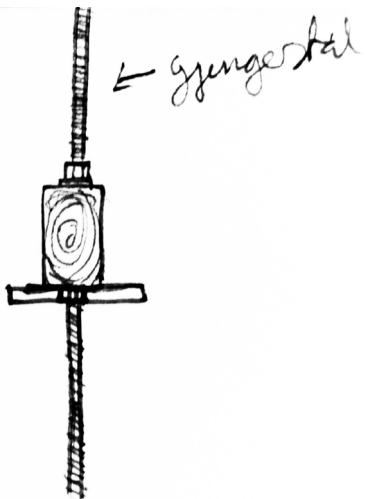
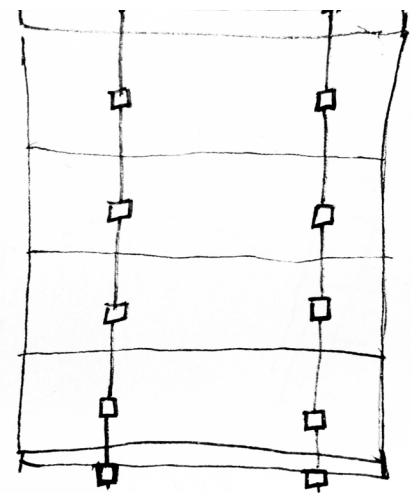


HALM ♥ → • ←

VAIER ♥ ← • →

HALM + VAIER = SANT

Jeg bestemte meg for å teste vegg ut i 1:1, og kom frem til at gjengestenger ville egne seg ypperlig siden man ved hjelp av skruer og muttere vil ha muligheten til å variere spenningen i stålet mellom de ulike punktene som muliggjorde en fri organisk utforming.



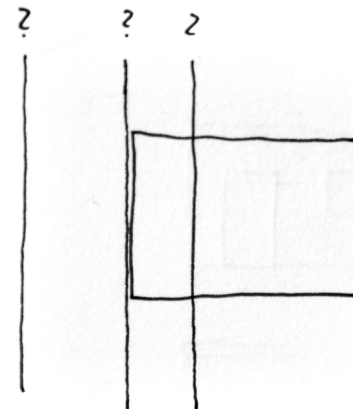
HVOR SKAL SPENNINGEN LIGGE?

En annen erfaring fra første forsøk i 1:1 var at der oppstod et ganske stort moment i lektene. Dette kunne enkelt løses ved å flytte spenningen nærmere halmballen, enten like utenfor eller inne i halmballen. Konstruktivt ville det være gunstigst å legge spenningen et lite stykke inne i halmballen for å eliminere moment helt, mens ved en spenning like utenfor halmvæggen ville gitt et lite moment og en enklere byggeprosess.

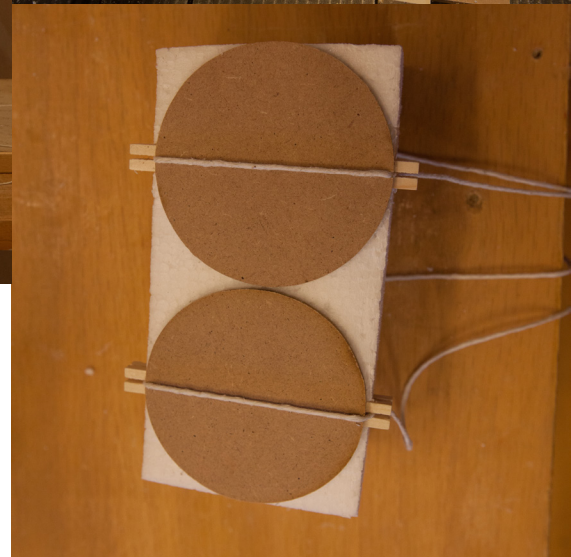
1:1

Jeg sagde og boret 12 identiske lekter som ble gjennom-boret midt inni halmballene med en plate under lektene for å fordele trykket. Siden ble fire gjengestenger skrudd på plass med drill med skruer og muttere på hver side av lektene. Så var det bare å stramme til.

Fra forsøket erfarte jeg at halmballene deformeres mer enn forventet og at halmballen ideelt trenger en større flate trykket fordeles på.



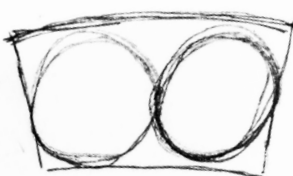
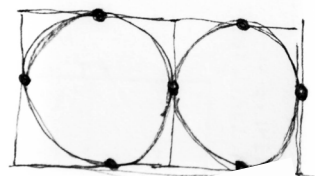




PÅ LETING ETTER EN FLEKSIBEL BÆREFLATE

Rik på erfaringene fra forrige forsøk startet jeg å lete etter en bæreflate som fordelte trykket jevnt på ballen, men samtidig var fleksibel nok til å følge den organiske formingen av veggen. Første tanke falt på sirkelen som ved en eventuell krumning av ballen ville "rulle" med.

I modell testet jeg ut sirkelen som bæreflate i kombinasjon med å teste ut om tauet kunne anvendes i en selvlåsende patent som ville kunne eliminere bruken av stål. Denne gangen fikk tak i et par isoporplater som viste seg å være mye stivere enn jeg hadde trodd. I kombinasjon med snorpatenten viste det seg ganske tungt å fome isoporen ved hjelp av hyssing, så effekten jeg var ute etter ble ikke fullt så synlig. Jeg oppdaget også i modell at sirkelen var uegnet av flere grunner.





SPENNING INNI VEGGEN

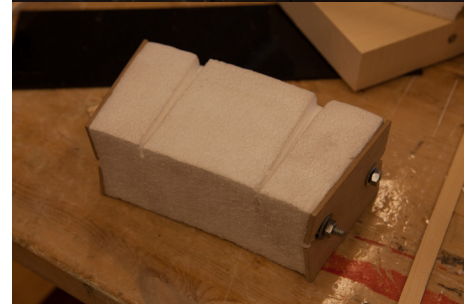
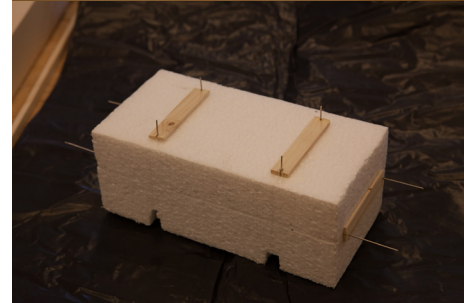
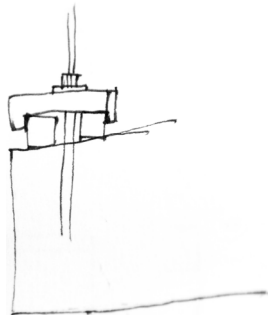
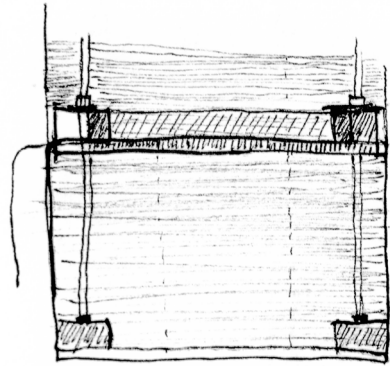
Jeg testet det ut i 1:1 og oppdaget at jeg trengte nye redskaper for å gjennomføre halmballen. Den nye bæreflate fungerte ideelt siden lektene gikk på tvers av halmens fiberretning.

Ulempen med denne metoden er at det er en tidkrevende prosess som krever at halmballene monteres og strammes 1 og 1 som ville gitt en tidkrevende byggeprosess. Jeg var ute etter et system som var enklere å montere en som så.



LETINGEN FORTSETTER

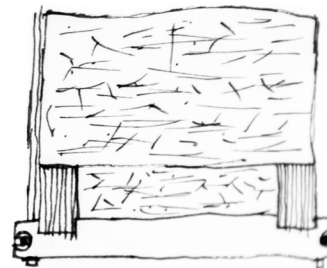
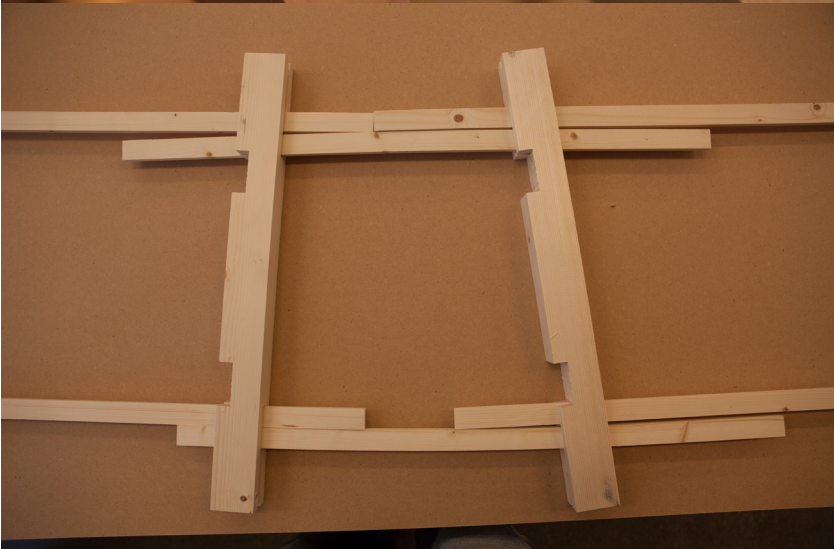
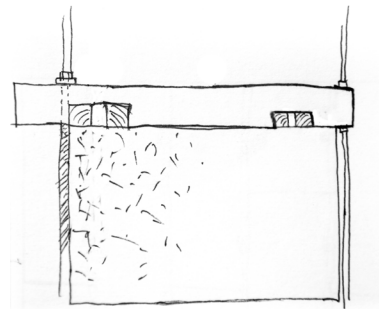
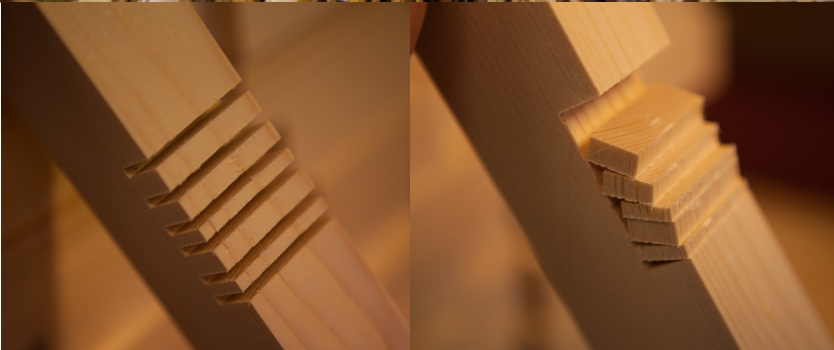
Utfordringen lå i å finne et system som var fleksibelt nok til å følge veggens bøyning fullt ut, samtidig som det var stivt nok til å fordele spenningen og samtidig være enkelt både å bygge og produsere. Utpørvinger av ulike koblinger og festemåter ble utprøvd i både modell og 1:1





SPENNING LIKE UTENFOR VEGGEN

Løsningen jeg endte opp med var med gjengestålet liggende like utenfor veggen som muliggjør montering i etterkant av at halmballene er satt opp. Vanlige dymlinger blir kjørt ned vertikalt ved de tversgående lektene som vertikal bæreflate, mens to lekter i veggens lengderetning sørger for horisontal bæreflate.

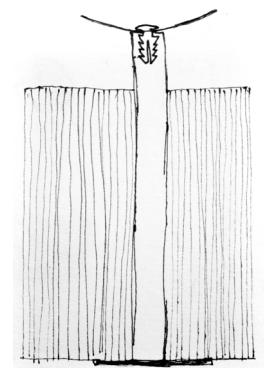
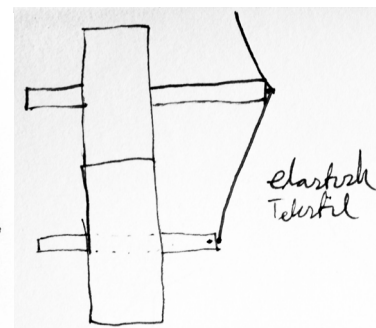
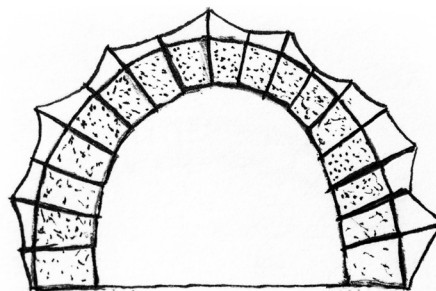
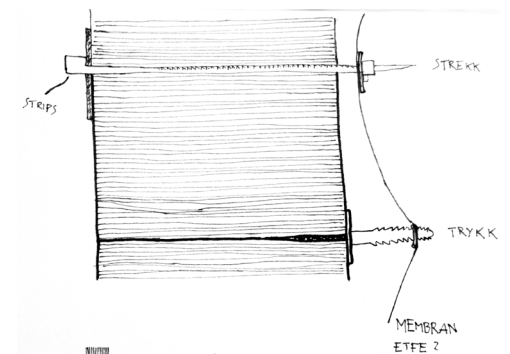




MEMBRAN SOM VÆRHUD

Som værhud til systemet jobbet jeg med et membransystem der de tversgående lektene blir festepunkter for en duk eller membran og spennes opp av strekkpunkter mellom for å skape en spent duk. Halmens gjennomboringsevne benyttes for å skape både trykk og strekkrefter

Membran fungerer godt i kombinasjon med halm da dette tilbyr lufting på innsiden av membranen samtidig som membraners og halmens elastisitet spiller godt sammen.



STUDIER AV HEL HALM





PÅ LETING ETTER HEL HALM

Etter å forhøre meg med mange kornbønder fikk jeg konstatert at hel halm rett og slett ikke fantes. All halm blir presset i rundball. Til slutt tilbød John Lerlie meg de gamle julenekene han hadde liggende fra julen, noe jeg takket ja til. På veien oppdaget jeg et kupert jorde der kornet var blitt slått høyere enn vanlig. Jeg stoppet på hjemveien og plukket med meg det jeg greide å få med meg.

SORTERING

Halmen ble sortert etter helhet og lengde. Resultatet var to ganske forskjellige materialer. De hele halmstråene ble samlet i samme fiberretning og lå mye mer kompakt enn den skadede halmen. Halmstråene var også overraskende stive i forhold til stråene jeg kjente fra halmballen. Det var nærmest som å jobbe med et helt nytt materiale.

Gjenbruk

På grunn av de beskjedne mengdene halm jeg hadde til rådighet ble mange av halmstråene gjenbrukt i flere av de mange forsøkene. Halmen som ble brukt til trykktester ble siden brukt til varme- og trykkbehandling, de varmebehandlede forsøkene ble brukt til fuktighetstester og til matter og til blokken.

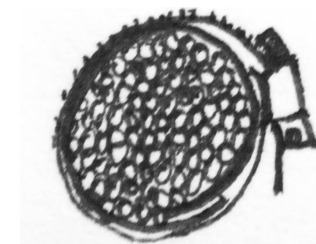
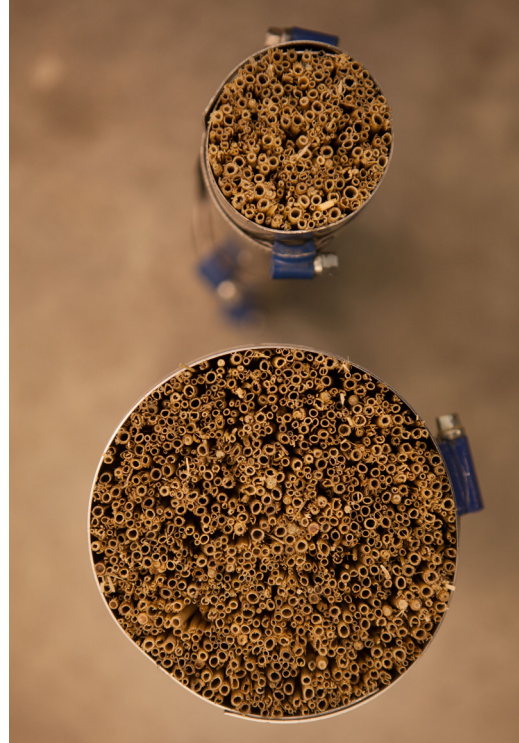


FORSØK MED HELE HALMSTRÅ

Jeg bestemte meg for å teste ut om det var mulig å binde sammen hel halm ved en eventuell varme- og trykkbehandling. Jeg tok kontakt med verkstedet til Produktdesign der de har en varmeovn stående og fikk tilgang på både materialer og maskiner der.

FORSØK 1 OG 2

I de første forsøkene valset jeg to tynne metallplater til sylindere som halmen ble plassert inni.



Disse forsøkene gav de beste resultatene med tanke på hvor godt stråene ble limt sammen, desverre ikke godt nok

Deretter festet jeg slangeklemmer rundt metallsylinderen og strammet til så godt det lot seg gjøre. I tillegg ble halmstråene dynket i vann før forsøket. Ovnene ble varmet til 200 grader og forsøkene ble stekt i 15 minutter. For å opprettholde en viss fuktighet inne i ovnen ble en kjele med kokende vann lagt inn sammen med forsøkene.





Forsøk 3

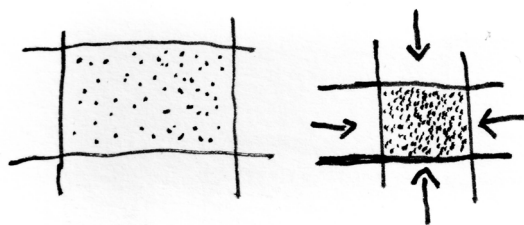
Patenten med å bruke en valset metallplate og slangeklemmer gav en del begrensninger i hvor høyt trykk som kunne påføres prøvestykkene så etter de to første testene følte jeg at jeg trengte en kraftigere måte å presse halmstråene sammen på. Jeg laget meg et system av treklosser og tvinger som jeg benyttet for å presse halmen sammen. Denne teknikken gav en nokså mye bedre strammeevne, men var samtidig mye åpnere enn forrige patent. Forsøket ble vætet også stekt på 200 grader i 20 minutter.



I forsøket på å væte halmstråene før varmebehandling oppdaget jeg hvor vannfast et halmstrå er på tvers av fiberretningen. Selv etter en halv time inne i ovnen hadde ikke vannet som lå oppå de sammenpressede halmstråene trukket inn i stråene.

Forsøk 4

Siden heller ikke forrige forsøk fungerte særlig bra prøvde jeg denne gang å presse halmen sammen alt systemet greide. Halmen ble denne gangen presset fra alle fire sider og treklossene var på grensen til å knekke av trykket. Det store trykket presset sammen stråene så og gav en betydelig skade I tillegg ble temperaturen forsøkt hevet til 230 grader og prøven ble stekt i 25 minutter. Denne prøven gav dårligere bindinge enn de forrige og var meget tørr .

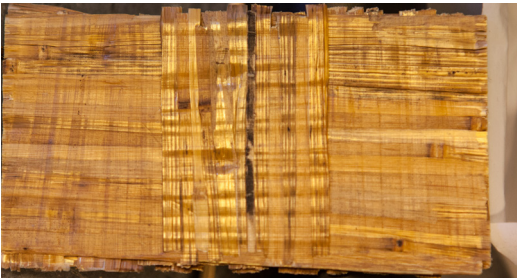


Forsøk 5 og 6

Siden ingen av de forrige forsøkene hadde fungert særlig bra valgte jeg å teste ut et meget høyt trykk på mindre forsøk for å se om det i det hele tatt var mulig å binde stråene sammen. Det ene forsøket ble stråene lagt i samme retning og siste forsøk ble halmen lagt lagvis i hver sin retning. Forsøkene ble ikke vannet. Det store trykket hadde bundet halmen sammen formmessig, men hadde ikk oppstått noen sterke kjemiske bindinger mellom stråene. Imidlertid hadde

Fargespill

Under varmebehandlingen oppdaget jeg hvordan halmstråene endret farge til en intens gullaktig og skinnende farge som var



RESULTATER

Målet med forsøkene, å lime hele halmstrå til trykklaste blokker ved hjelp av varme og trykk viste seg vanskelig ved egne forsøk. Det oppsto bindinger mellom stråene, men alt for svake til å gi noe særlig utslag ved påført trykk. Det finnes mange faktorer som vil spille inn i en slik prosess og jeg var klar over at forsøkene mine var litt som skudd i mørket. Siden halm er et meget isolerende materiale var det vanskelig å vite hvor varme forsøkene egentlig ble i midten og hvor stor forskjell det var på kjernen og kanten. I tillegg var det vanskelig å vite Selv om mine forsøk ikke gav det resultatet jeg håpet på er det godt mulig at det lar seg gjøre ved andre mer kontrollerte prosesser der man har mer styring på både varme, trykk og fuktighet. Damptrykk er en prosess som muligens ville kunne gi resultater.

Av forsøkene virket det som om halmstråene satt best sammen ut mot kanten av forsøkene som kan tyde på at kjernen i forsøkene har blitt isolert mot varmen. Forsøket som bandt seg best var det første forsøket med metallplate og slangeklemme



TRYKKTESTER VED MATERIALTEKNISK INSTITUTT

MØTE MED PROFESSOR KJELL ARNE MALO

Jeg avtalte et møte med Kjell Arne Malo ved Materialteknisk Institutt for å høre om mulighetene for å gjøre noen trykktester av halm i fiberretningen, og for å høre hans synspnker på temaet. Kjell Arne fattet stor interesse for temaet og hvilken relevans nye anvendelser av halm ville kunne ha i en større sammenheng, og lurte på om jeg ikke skulle fortsette med en doktorgrad på temaet.



FORSØKENE

De to første forsøkene ble gjort på en eldre analog 60 tonnspresse som bare registrerte last. Forsøkene testet halm

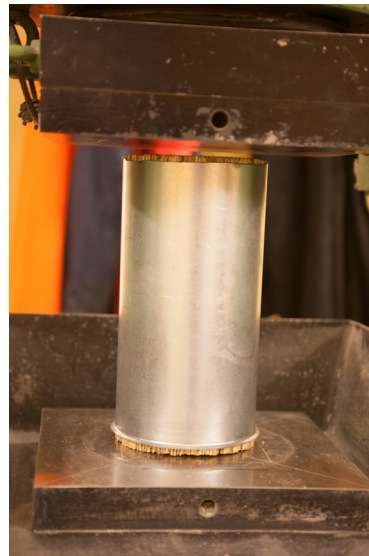
FORSØK 1: SAMMENBUNDET HALM

Første forsøk var med halmstrå buntet sammen av fem strips for å teste en sammenbinding tilsvarende dagens innbinding av halmballer . Testforsøket greide en makslast på ca 800 kg eller ca 7848 N fordelt på 33 329 mm² som gir et trykk på 0,235 N/ mm² , 5 ganger sterkere enn baller på tvers av fiberretningen til tross for at forsøket ikke oppnådde halmens lastkapasitet. Som bildet viser bøye forsøket seg ut uten at noen halmstrå knakk, og greide dermed ikke å føre mer kraft gjennom halmstråene.



FORSØK 2: HALM I ET KORTERE METALLRØR

Andre forsøk ble de samme stråene plassert inni en metallsylinder som var et par cm kortere enn halmstråene for å eliminere bøyning som hadde oppstått i første forsøk. Etter at sylinderen var fylt med halmstrå, gjennomboet jeg en trepinne inn i forsøket som ble kuttet kortere enn halmstråene for å komprimere halmstråene tettere sammen. Selv om en mindre flate og færre strå ble brukt i dette forsøket, tålte forsøket 1100 kg eller 10791 N fordelt på en bærende flate av halm på 15 886 mm² som gir et trykk på 0,68 N/mm². Forsøket gav etter i halmstrålikevel oppstod det tidlig knekning der stråene stakk ut av metallsylinderen, så knekning ble likevel ikke utelukket.

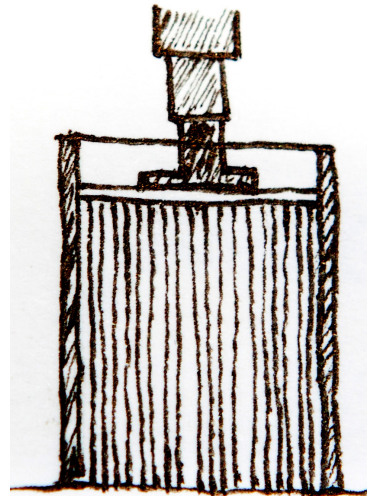


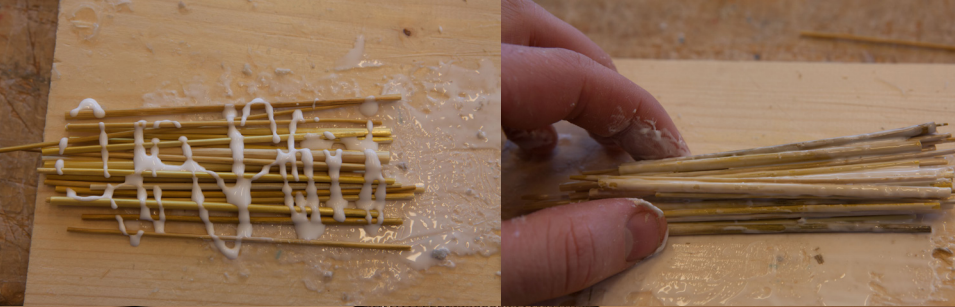
De følgende testene ble utført på en nyere maskin som loggførte både last og deformasjon i mm med 5 desimalers nøyaktighet for hvert 10. sekund digitalt, i motsetning til den forrige maskinen som kun viste makslast som måtte leses av analogt, og dermed var noe unøyaktig.



TEST 3-5 HALM I LENGRE METALLRØR

For å unngå knekning av halmstrå som lå utenfor metallrøret, og for å få en viss sammenlignbarhet, bestemte jeg meg for å lage tre like forsøk med et litt lengre metallrør som hindret halmene i å knekke ut. Testene ble sortert etter litt forskjellige kriterier for å studere innvirkningen av ulike faktorer.

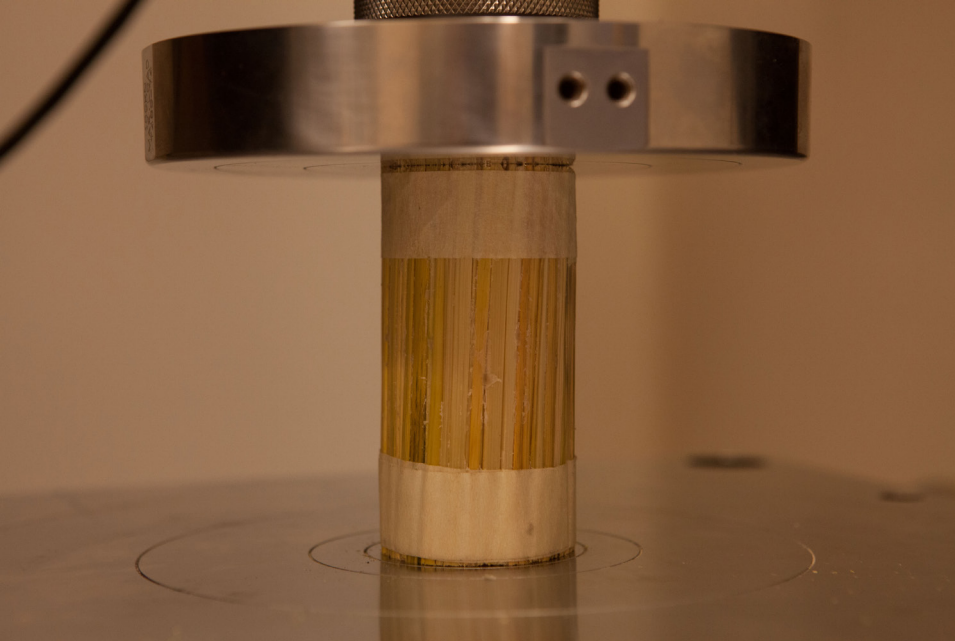




FORSØK 6: LIMT HALM

Til slutt ble det testet hele halmstrå som ble limt sammen med vanlig trelim til en sylinder uten metall utenpå med en opprinnelig høyde på 88 mm og en diameter på 21 mm. Forsøket oppnådde det høyeste trykket av testene på 3,57 N/mm² som tyder på at de lastbærende egenskapene ytterligere forbedres ved å lime stråene sammen. I tillegg beviste dette forsøket at metallsylindrer som omsluttet halmstråene ikke gav bedre trykkegenskaper enn ved en sammenliming. Liming er nærliggende en mulig bearbeiding av halm til et produkt. Forsøket gav etter i forsøkets ene ende der halmstråene begynte å krølle seg innover i sin egen sylinder. Dette var trolig årsaken til en noe større målt deformasjon enn i forsøkene uten lim.

Hovedresultatene fra analysen finnes i analyseheftet.



NYE FORMATER

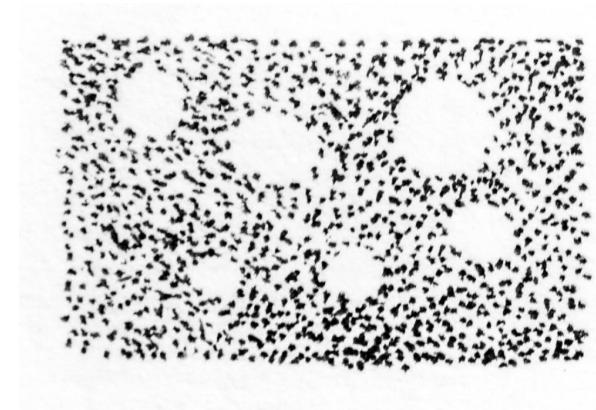
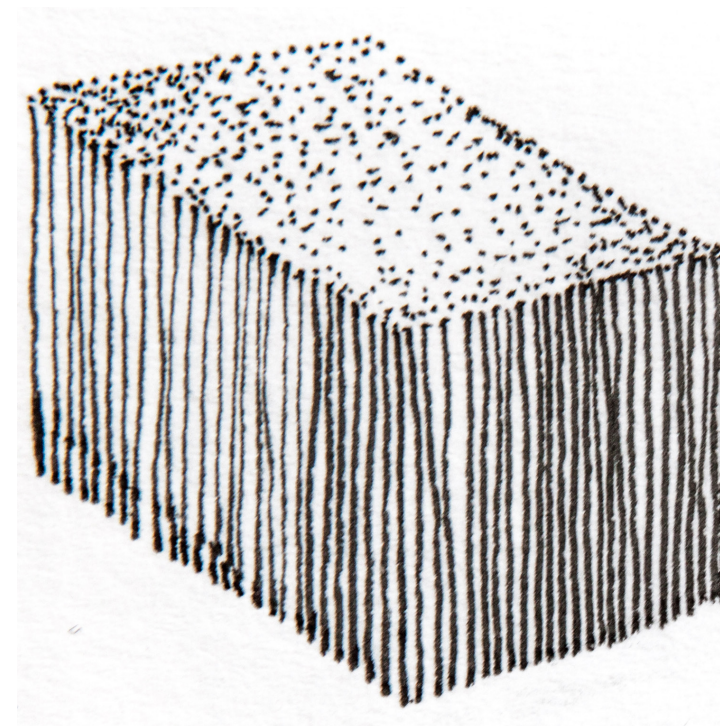
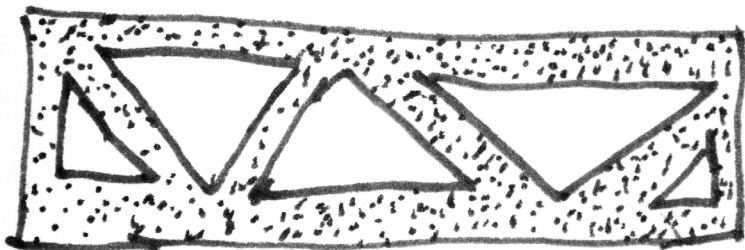
BLOKKEN

Blokken er halmens første kjente format gjennom leirblokker blandet med halm fra egypt. Produksjon av blokker egner seg industrielt som gir mulighet for mange typer behandling, men kunne også vært mulig å produsere direkte på jordet med en egnet landbruksmaskin. Blokker er ofte behandlet i større grad, sterkere, mer kompakt og presis enn halmballen.

Blokker er et interessant format der alle veggens oppgaver som bæring, klimaskille, værhud, lydtetting, brannmotstand, potensielt kan løses i ett og samme format som vil gjøre det til et ettertraktet produkt på grunn av den enkle byggeprosessen det medfører.

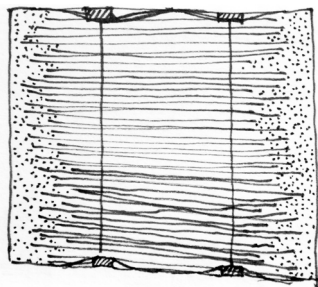
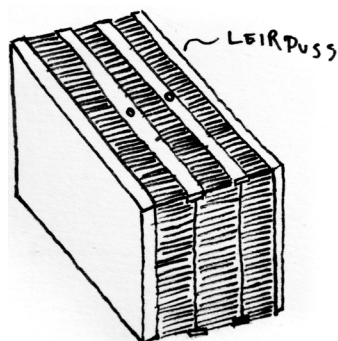
HULROM

Limte blokker av halm vil kunne støpes nærmest på linje med betong, og kan støpes til hvulken form som måtte passe. Trykktestene fra forsøkene mine viste en laskapasitet som langt overgår en vanlig påført last på en vegg, så halmblokkene behøver ikke utføres massive. Hulrommene kan tjene som sjakter for vertikale rørføringer. Til høyre er et bilde av treverk med indre hulrom for transport avdiverse ting.



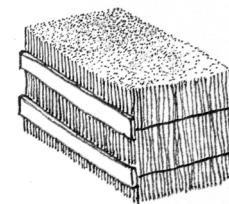
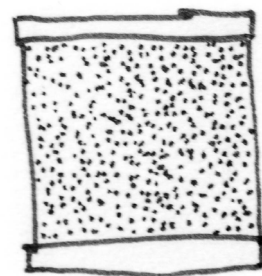
SANDWICH ELEMENTER

En hensiktsmessig måte å bygge blokker på er å blande halm med jord eller leire. Kanskje en industrielt fremstilt sandwich-halmblokk med et pusslag på begge sider? Kombinasjonen av halm og leire eller jord er en mange tusen år gammel metode å lage blokker på som gir både styrke, isolasjon og brannmotstand.

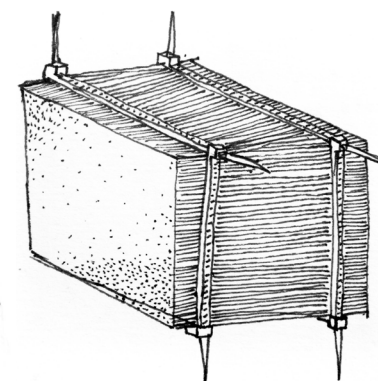
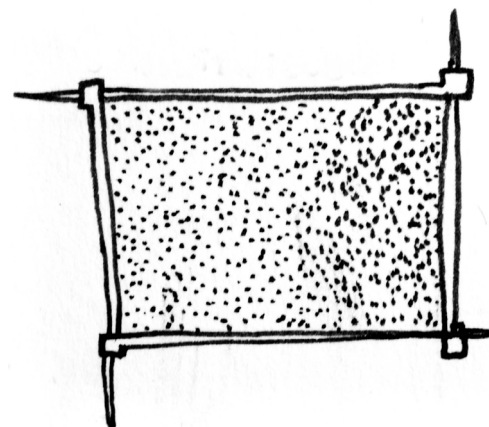


en industrielt fremstilt blokk med leirpuss på hver side som er armert med halm av varierende lengder for best heftflate. En moderne versjon av en 6000 år gammel byggestein.

SAMMENBUNDNE BLOKKER

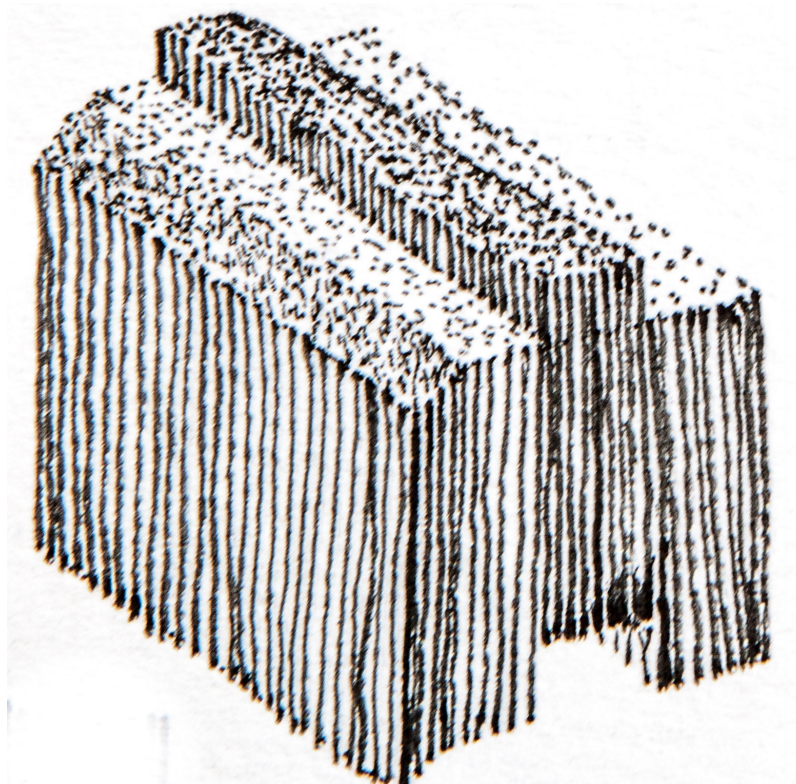


En blokk bundet sammen med strips for å kunne stramme blokken i alle retninger.



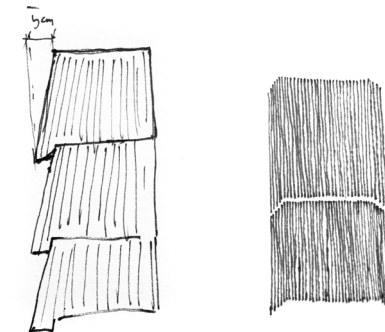
INTERLOCK

Ved liming av trykkfaste blokker vil man enkelt kunne forskyve stråene i forhold til hverandre for å skape en not og fjær-kobling mellom blokkene, som vil stoppe lufttransport gjennom skjøtene og koble blokkene sammen.

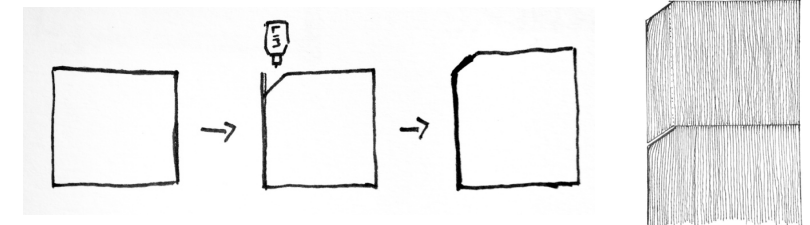


OVERGANG MELLOM BLOKKENE

En viktig detalj er overgangen mellom blokkene. Hvis vann hindres fra å renne inn i halmblokken med en dryppkant eller lignende kan det tenkes at halmballene kan stå videre ubeskyttet så lenge. Dette kan være positivt med tanke på



Halmblokken kan snittes i hjørnet og etterlater de ytterste halmstråene igjen. Disse limes og bretttes inn mot det avkuttede hjørnet som skaper et naturlig beslag.



PRODUKSJON AV BLOKK

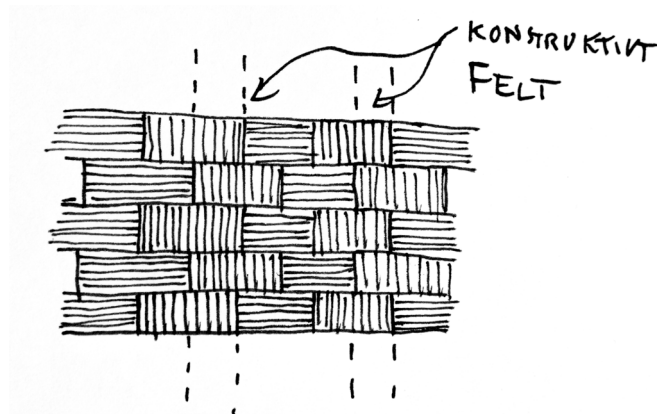
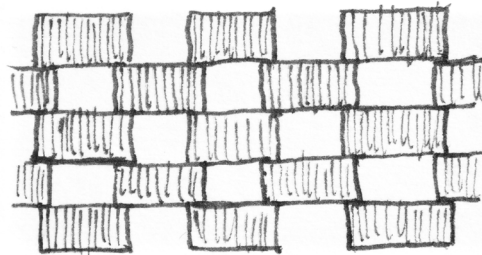
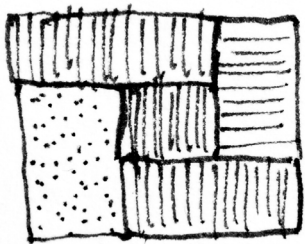
Jeg skrapte sammen siste rest halm med nogenlunde lengde på. Jeg snekret meg en ramme, tapet sidene for å ikke hefte trelimen til platene og fylte rammen etappevis med limte halmstrå som rakk til en liten blokk.



"TEGLSTEINSFORMAT"

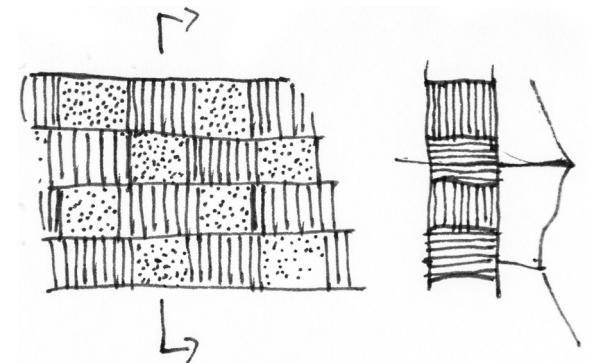
Teglsteinens format kan være en inspirasjon formatmessig med tanke på dens nøye tilpassede dimensjoner. Steinen er dimensjonert vektmessig for at et menneske skal kunne jobbe med materialet uten å pådra seg arbeidsskader og for at steinen skal kunne gå opp med de andre steinene.

Teglssteinens noe mindre format gir en større fleksibilitet enn det typiske blokkformatet. Teglssteinen etterstreber en bedre isolasjonsevne ved å perforere vertikale hull gjennom steinens vertikale retning, en egenskap som ligger iboende i materialet halm. Halmstrå som er limt sammen kan godt tenkes produsert i en form for teglssteinsformat.



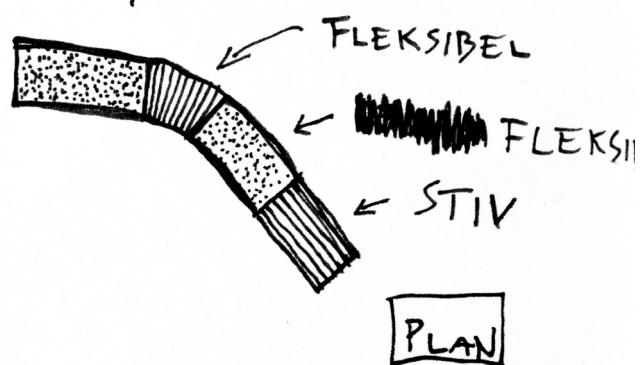
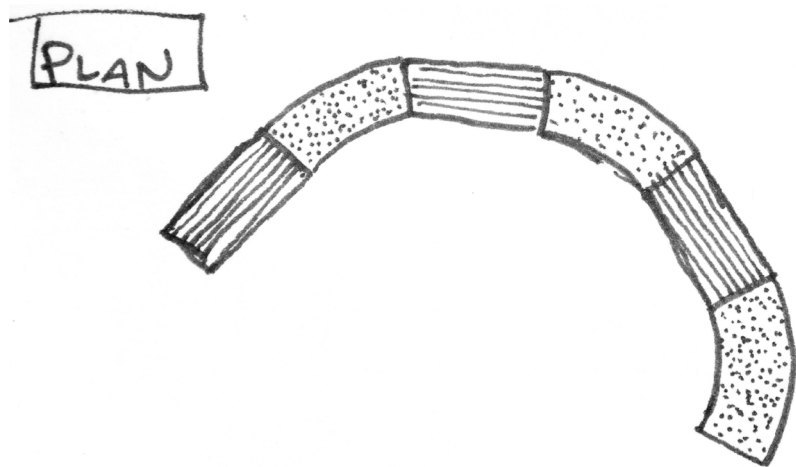
HALMFORBANDT

Formatets tre ulike retninger gjør muring med halm retningsdefiner i større grad enn med mursteinen. Halmens konstruktive retning må føres gjennom hele vegg, men ikke nødvendigvis i hele veggens lengde. Her ser man ulike forbandt der halmklossene benyttes konstruktivt.



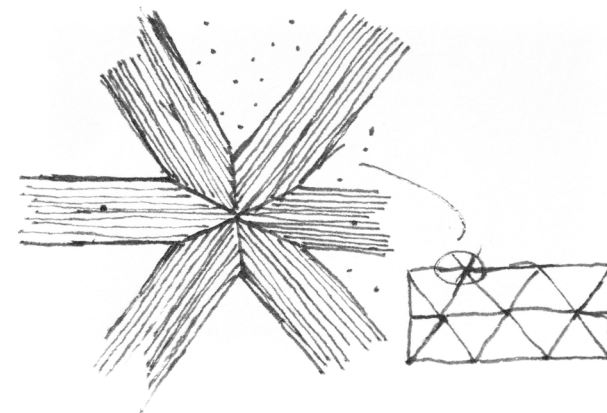
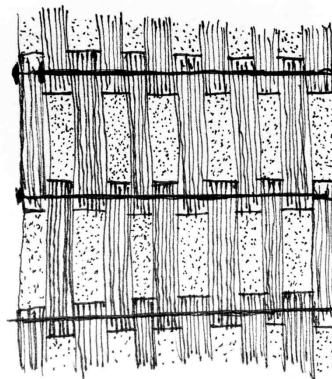
TEGLSTEINENS ELASTISITET

Halmens elastisitet på tvers av halmens fiberretning gir blokkene et formingspotensiale i to av blokkens tre ulike retninger. halmens retning er derfor avgjørende for hvilken retning materialet kan formes i plan og snitt.



STÅENDE FORMAT

En vegg av stående og liggende halmsteiner



ALTERNATIVE TEGLFORMAT

Teglformatet har en friere tolkning av formatets dimensjoner. Halmens lengde tillater i teorien formater som produseres i hele halmens

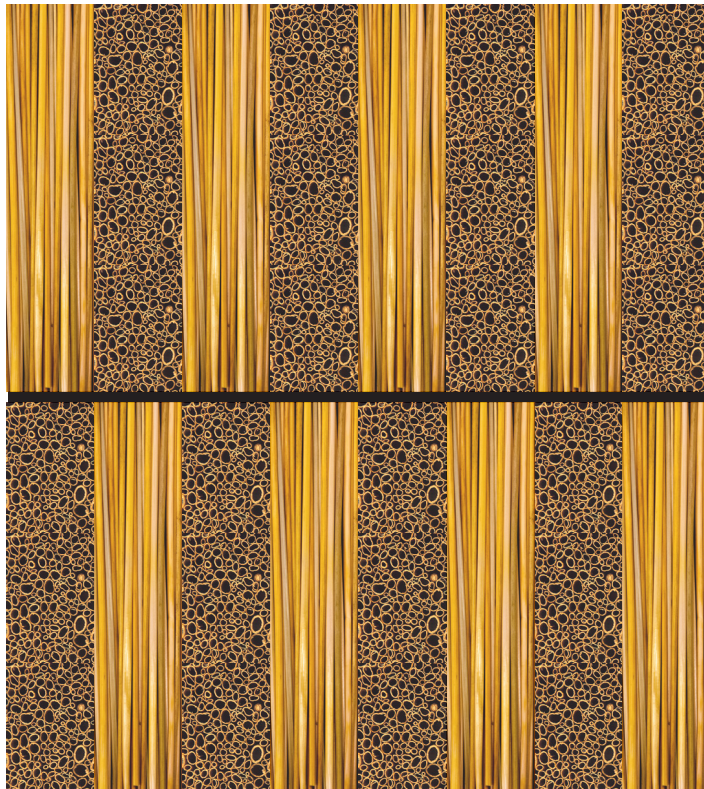


FAGVERKSFORMAT

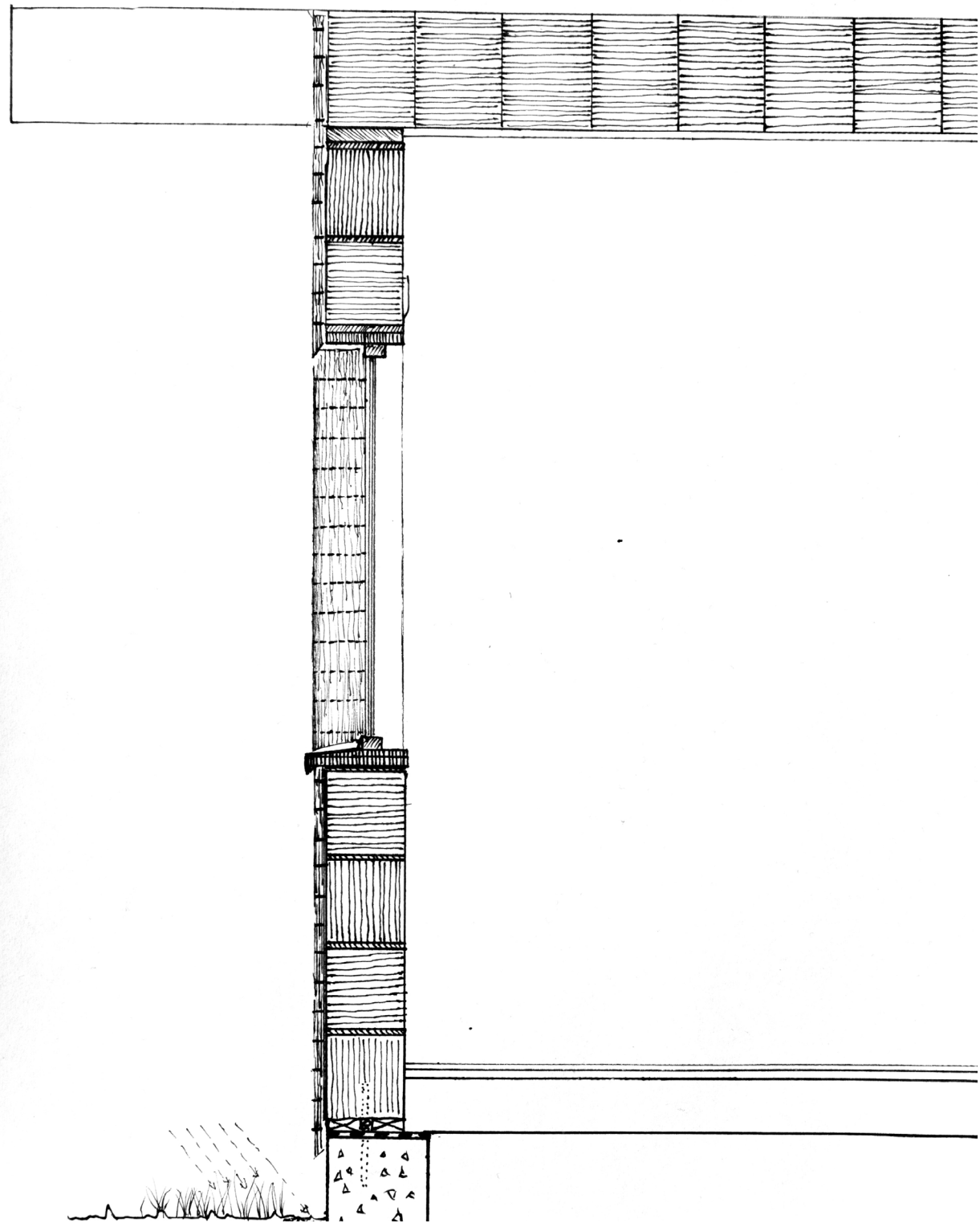
Her er halmten i et langt format der endene former 60 graders spisser. Disse kan

“HALMTEGLVEGGEN”

Denne vegg benytter det kvadratiske teglformatet til en vegg som spiller på formatets ulike retninger. Dette gir også muligheten for “syng” tvers gjennom veggens som utnyttes til å feste en veggkledning av en kontinuerlig flettet matte av halm som kuttes ved veggens åpninger og brettes innover for å dekke vegg.

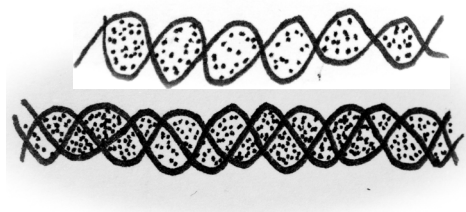
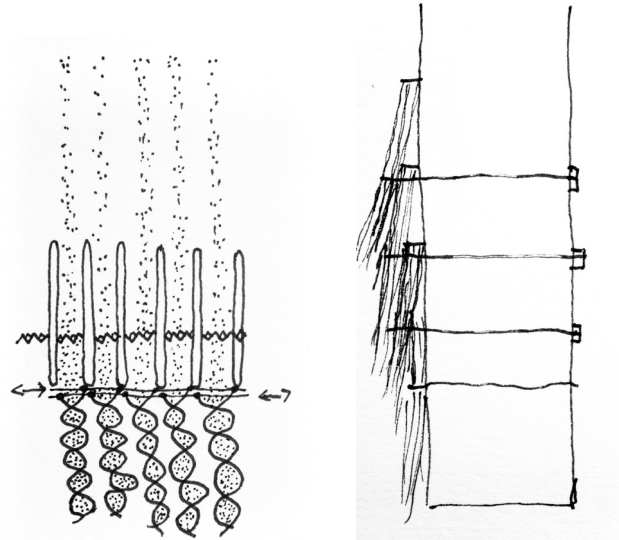
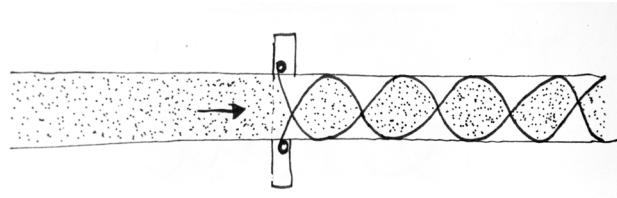


FORBANDTCOLLAGE



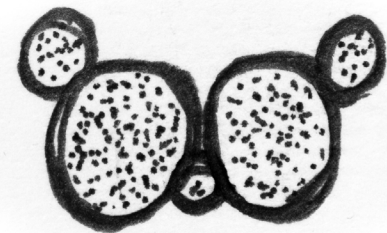


FLETTING

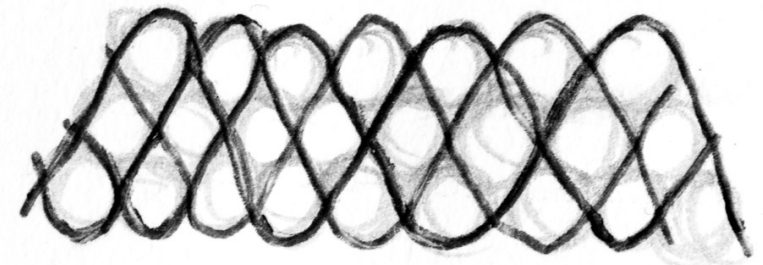


Ra II

I andre semester fikk jeg i oppgave å bygge en modell av båten Ra II, som er inspirert av båtbyggeskikken til de innfødte peruanerne. I denne oppgaven ble vi kjent med hvordan jeg ved å binde sivstråene sammen kunne bygge en båt.

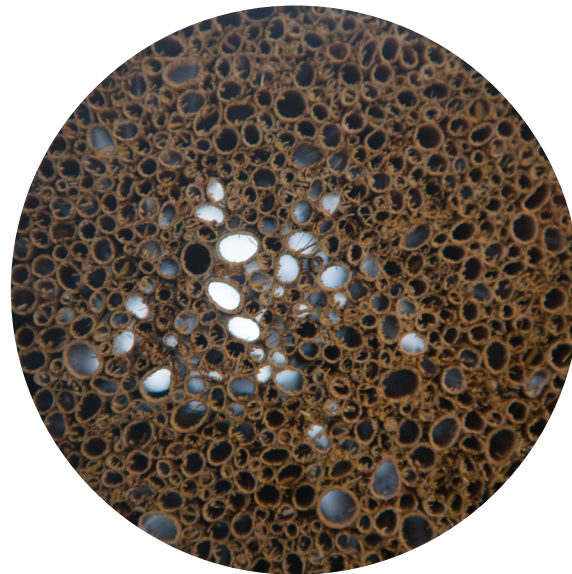
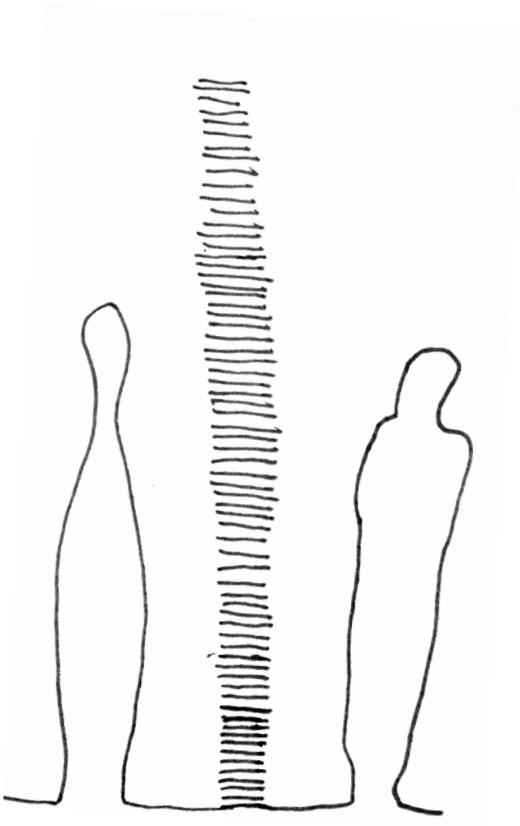


Sammenfletting av bunter som flettes sammen til en tykk vegg.



TRANSPARENS

Halmens sylinderform gir en interessant effekt med tanke på gjennomsyn og transparens. Et halmstrå uten node vil kunne sees igjennom, men kun når man ser rett gjennom strået. Veggene vil kun være transparente i feltet man går forbi og være lukket ellers som kan gi et spennende interaksjonsspekt. Lengden og diameteren på stråene vil variere graden av transparens og kan endres på ulike felter av veggene. Nattestid vil en slik vegg kunne aktiveres ved hjelp av lys.





BILDER

[HTTP://WWW.PAPER.NY.COM/GEHRY2/GEHRY_DISNEY.JPG](http://www.paper.ny.com/gehry2/gehry_disney.jpg) (LASTET 1.5.2013)

[HTTP://CONTENTCAFE2.BTOL.COM/CONTENTCAFE/JACKET.](http://contentcafe2.btol.com/contentcafe/jacket) (LASTET 20.04.13)

[ASPX?USERID=TS3APP&PASSWORD=TS276356&RETURN=T&VALUE=9783764371715&TYPE=L](http://www.paper.ny.com/gehry2/gehry_disney.jpg)
(LASTET 20.04.13)

[HTTP://WWW.THEECOLOGIST.ORG/GREEN_GREEN_LIVING/HOME/1327297/ARE_STRAW_BALES_THE_FUTURE_OF_SUSTAINABLE_BUILDING.HTML](http://www.theecologist.org/green/green_living/home/1327297/are_straw_bales_the_future_of_sustainable_building.html) (LASTET 20.04.13)

[HTTP://WWW.FORSKNING.NO/ARTIKLER/2009/SEPTEMBER/228762](http://www.forskning.no/artikler/2009/september/228762) (LASTET 20.04.13)

[HTTP://TERRALIBERA-GERTRUUD.BLOGSPOT.NO/](http://terralibera-gertruud.blogspot.no/) (LASTET 20.04.13)

BILDE AV VØLING: [HTTP://WWW.NORDHORDLAND.NO/PULS/ARTICLE2269288.ECE](http://www.nordhordland.no/puls/article2269288.ece) (LASTET 21.04.13)

