



# HAMPPUTALO

TOIM. NOORA NOROKYTÖ & PÄIVI SIMI



DIGITAALINEN  
KIRJA TOIMII  
PARHAITEN KOKO  
RUUDUN TILASSA!

# HAMPPUTALO

TOIM. NOORA NOROKYTÖ & PÄIVI SIMI



Turun ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja 119

Turun ammattikorkeakoulu  
Turku 2018

ISBN 978-952-216-702-6 (pdf)  
ISSN 1796-9972 (elektroninen)

Graafinen suunnittelu ja taitto: Sarianna Forsström  
Valokuvat: Sarianna Forsström, Noora Norokytö, Joni Pietiläinen, Atte Pöytäkangas, Päivi Simi

Jakelu: <http://loki.turkuamk.fi>



<b>JOHDANTO</b> .....	<b>6</b>
<b>HAMPPURAKENTAMISEN HISTORIA JA ESIMERKKEJÄ MAAILMALTA</b> .....	<b>8</b>
Energiatehokasta ja ympäristöystävällistä rakentamista .....	13
<b>MATERIAALITIETO</b> .....	<b>14</b>
Tiesitkö tämän hampusta? .....	17
Tiesitkö tämän kalkista? .....	19
Lisäaineet .....	21
Hamppu-kalkkiseoksen valmistaminen.....	23
Perusresepti.....	23
<b>TEKNIIKAT</b> .....	<b>24</b>
Käsinvalu .....	29
Ruiskuvalu .....	31
<b>HAMPPURAKENTAMISEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS</b> .....	<b>32</b>
1. Suunnittelu .....	35
2. Hinta .....	35
3. Työmaasuunnittelu .....	35
4. Pohjatyöt .....	37
5. Runko .....	37
6. LVI .....	37
7. Lattia ja katto .....	37
8. Märkätilat .....	39
9. Muotitus ja valu .....	39
10. Kutistuminen .....	41
11. Kuivatus ja lopputyöt .....	41
<b>HAMPPUTALO</b> .....	<b>42</b>
Toteutus.....	45
Testirakennuksen avulla opittua .....	57
Kehittämiskohteita .....	59
<b>HAMPPUTALON ELINKAARI OSANA KIERTOTALOUTTA</b> .....	<b>60</b>
Maatumiskokeet.....	64
Materiaaliseloste.....	65
<b>KIRJALLISUUTTA, TUTKIMUKSIA JA LINKKEJÄ</b> .....	<b>66</b>

## ÄLYKÄSTÄ RAKENTAMISTA, LUONNOLLISESTI.

Rakennusmaailma vaikuttaa suuresti luonnonvarojen kulutukseen ja ihmisen hyvinvointiin. Suomalainen viettää sisätiloissa yli 90 % ajastaan. On aika muuttaa ajattelua ja toimintaa niin, että rakennettu ympäristö on osa luonnonympäristöä, joka tukee ihmisen hyvinvointia ja mahdollistaa turvallisen elämän myös tuleville sukupolville.

Mitä, jos rakennuksesi olisi niin älykäs, että se tasaisi luonnostaan sisäilman lämpötila- ja kosteuseroja sekä loisi miellyttävän akustisen ympäristön? Se myös kestäisi poikkeustilanteissa kylmiä lämmittämättömiä jaksoja tai pysyisi kesäisin viileänä ilman ylimääräisiä sähköä kuluttavia laitteita? Hamppurakentamisella ja luonnonmateriaaleilla on mahdollista päästä tähän. Lisäksi rakennuksen elinkaaren päässä sen voi palauttaa turvallisesti takaisin luontoon, ilman haitallisia päästöjä.

**Hampputalo** kertoo Suomessa uuden rakennusmateriaalin käytön mahdollisuuksista. Sen pohjana toimii tekijöiden käytännön kokemus sekä karttunut tieto ulkomaisilta verkostoilta ja tutkimuksista vuosien ajalta. Toivomme teoksen inspiroivan arkkitehtejä, suunnittelijoita ja rakennushankkeita toteuttavia tahoja.

Hamppurakentaminen voi tuoda uusia ratkaisuja kiertotalouden ja hiilineutraaliuden haasteisiin. Tavoitteena on myös edistää kotimaista kestävää tuotantoa ja työllisyyttä.

Hamppurakentaminen tulee olemaan hyvin tunnettu ja toteutuskelpoinen ratkaisu erilaisiin rakennushankkeisiin myös Suomessa. Uuden rakennusmateriaalin saattaminen osaksi valtavirtaa on hidas prosessi, mutta jonkun se on aloitettava. Suurkiitokset kaikille tässä pioneerityössä mukana olleille tahoille, apunne ja asenteenne on ollut korvaamatonta, kannustavaa ja eteenpäin vievää!

Turussa 30.9.2018

Iloa lukemiseen,

**Noora Norokytö**



**Päivi Simi**





***HAMPPURAKENTAMISEN HISTORIA  
JA ESIMERKKEJÄ MAAILMALTA***

# HAMPPURAKENTAMISEN HISTORIA JA ESIMERKKEJÄ MAAILMALTA

Hampun käyttö rakentamisessa ei ole täysin uutta Suomessa tai maailmalla. Suomessa hampun kuitua on käytetty ennen vanhaan hirsien tilkitsemiseen, ja nykyäänkin kosteutta kestävä ja luja hampukuitu on ollut myös putkimiesten luottomateriaali putkien tiivistämisessä.

Hamppurakenteet ovat kestäviä. Japanissa on edelleen pystyssä 300 vuotta vanha talo, jonka rungossa on käytetty kokonaisia hampun korsia. Intiassa Elloran Unescon maailmanperintökohteen luolarakenteet ovat säilyneet 1500 vuotta, ja joidenkin tutkijoiden mukaan juuri hampun lisääminen saveen ja kalkkirappaukseen on estänyt hyönteisten aiheuttamat vahingot pinnoilla.

Nykyisessä hampurakentamisen kehittämistyössä on tärkeää ymmärtää paikallisen materiaalin ja ilmaston erityisominaisuudet ja tehdä tuotekehitystä sen mukaan. Myös talojen yleissuunnittelussa tulisi huomioida paikalliset olosuhteet. Suomessa tämä tarkoittaa muun muassa viistokattoja, pitkiä räystäitä ja riittävän korkeaa sokkeliä.

Hampurakentamisen nykyinen tekniikka kehitettiin Ranskassa 1980-luvulla, kun etsittiin sopivaa materiaalia keskiaikaisten puupalkkirakenteisten (timber frame) talojen korjauksiin. Koko Euroopassa oltiin havahduttu laajamittaisiin vanhojen talojen kosteusvaurioihin siirryttäessä perinteisistä menetelmistä sementtipohjaisiin korjausrappauksiin, jotka estävät rakenteen hengittävyuden. Ranska oli ollut jo vuosia johtava kuituhampun viljelymaa Euroopassa, ja

kalkin käyttäminen rakentamisessa oli hyvin tunnettu, joten keksittiin hampupäistäreen yhteensopiisuus kalkkirappauksen kanssa.

Korjausrakentamisen lisäksi hampurakentaminen laajeni uudisrakennuksiin hyvien ominaisuuksiensa vuoksi. Materiaali on hengittävä, luonnollinen, terveellinen, se eristää ja varaa lämpöä. 2000-luvun Euroopassa markkinoille on tullut useita rakennusyrityksiä, jotka keskittyvät hampurakentamiseen.



*Lahonneita hirsirakenteita on mahdollista korjata hampu-kalkkimassan avulla.*

*Tämän englantilaisen Tudor-aikaisen talon lämmityskustannukset vähenivät merkittävästi, kun se eristettiin hampu-kalkkimassalla. Lisätietoa kohteesta löytyy linkit-osiosta.*



Ammattitaitoisten hamppurakentajien ympärille on kehittynyt kokonainen hamppurakentamisteollisuus, jonka tuotteita ovat valmiit sideaineseokset, sertifioidut hamppupäistäreet, harkot, elementit sekä hamppurakentamiseen kehitetyt työkalut, koneet ja laitteet.

## ENERGIATEHOKASTA JA YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISTÄ RAKENTAMISTA

Maailmalla on rakennettu hampusta tuhansia rakennuksia pienistä omakotitaloista suuriin viinivarastoihin ja monikerroksisiin kerrostaloihin. Rakentaminen ja asuminen vastaavat merkittävästä osasta maailman raaka-aineiden ja energian kulutuksesta. Rakentamisen ohjaus tiukkenee jatkuvasti, jotta alan kuormitusta voidaan vähentää. Samalla kun energiantuotannon päästöjä vähennetään, tulee rakentamisen materiaalivalinnat näyttämään nykyistä ratkaisevampaa osaa päästöjä vähennettäessä. Energiatehokkuuden lisäksi materiaalien aineosalista tulee olemaan kuluttajille näkyvämpi tulevaisuudessa.

Italiassa vuonna 2016 valmistunut Bedone Studion suunnittelema kerrostalokohde, Case di Luca, voitti kansainvälisen Green Building Solution Awards -palkinnon vuonna 2016. Rakennus on toteutettu betonirungolla ja ruiskutetulla hamppueristeellä. Rakennus on suunniteltu ympäristöön sijoittamisesta ja energiaratkaisuista lähtien niin, että se toimii dynaamisesti ja energiatehokkaasti. Italiassa hamppu-kalkkimateriaaleja ja harkkoja löytyy tuotenimellä Natural Beton ja ne ovat LEED-sertifioituja.

Vuonna 2018 australialainen hampusta tehty omakotitalo voitti GreenSmart Home -palkinnon. Myös tämä kohde on suunniteltu kokonaisuudessaan toimimaan

vähän energiaa kuluttavana talon suunnittelusta ja asemoinnista aina materiaaleihin ja teknologian käyttöön asti.

Vuonna 2017 Belgiassa rakennettu luontokoulu on mainitsemisen arvoinen esimerkki erityisesti projektin toteutustavan vuoksi. BC Architects & Studies painottaa projekteissaan sosiaalista ja ekologista kestävyyttä. He käyttävät projekteissaan paikallisia materiaaleja ja sitouttavat rakennuttajan ja asiakkaan yhteistoteutukseen.

Regional House of Edegheem toteutettiin vuonna 2017 useiden workshoppien avulla. Kohteesta vastasi pääurakoitsija ja rakentamiseen osallistui erityisesti arkkitehtiopiskelijoita. Kantavat polttamattomat saviharkot valmistettiin paikan päällä armeijan vanhassa tehdashallissa. Harkkojen ulkopuolelle tuli hamppuvaluseinää 325 neliötä, joka toteutettiin kahdessa viikossa workshop-tyyliin.



*Regional House of Edegheem Belgiassa. Tämän rakennuksen workshop-valutöihin osallistui 40 tekijää.*

Historiaa voidaan kirjoittaa myös Suomesta. Todistettavasti ensimmäinen lämmitetty hamppurakennus Suomessa valmistui Turun AMK:n kampukselle vuonna 2018 Rakenneratkaisu ja hampusta -hankkeen toimesta.

*Yksi Britannian tunnetuimmista hamppurakentamisen kohteista on Grand Design -ohjelmasta tutun Kevin McCloudin suunnittelema yhteisöasumiskohde The Triangle.*



## ***MATERIAALITIETO***

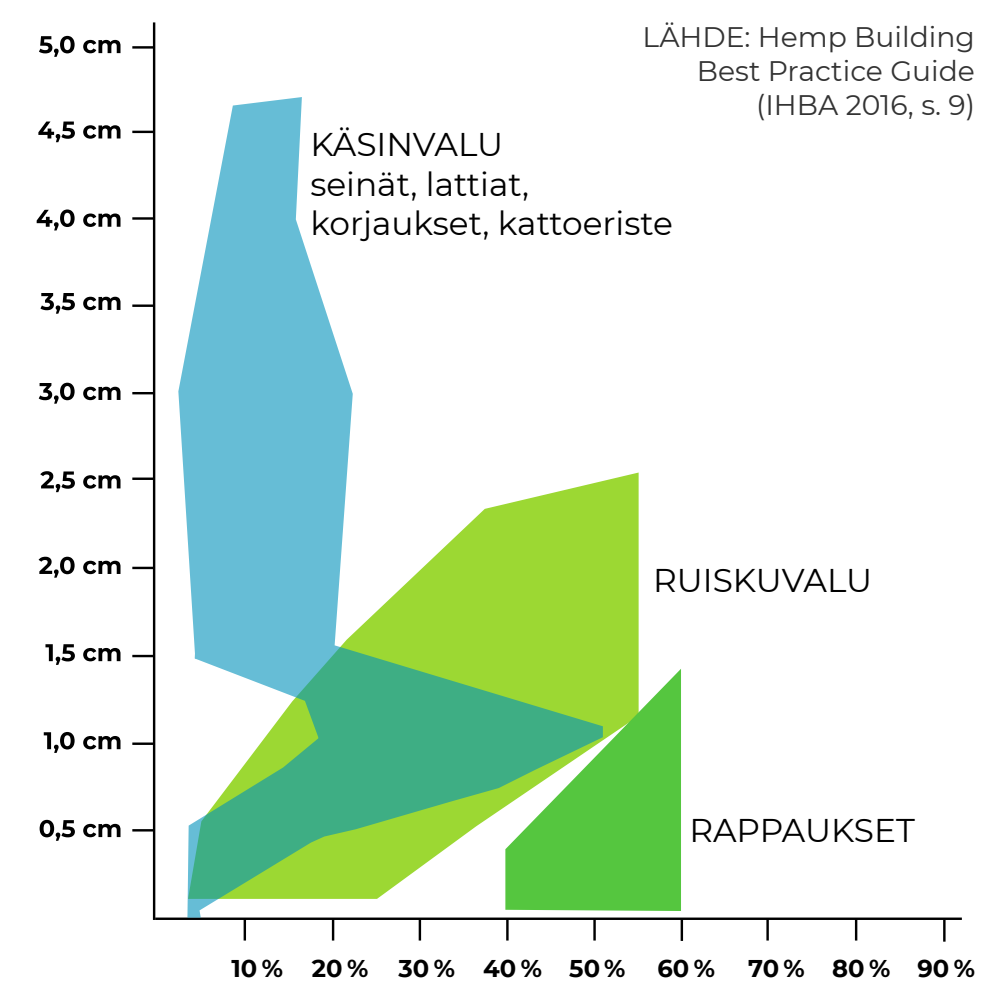




# MATERIAALITieto

Hamppurakentamisen raaka-aine koostuu runkoaineesta (hampun päistäre), sidosaineesta (sammuttettu kalkki) ja vedestä. Aineksista sekoitetaan massa, joka kuivuuessaan kovettuu reagoidessaan veden ja ilman hiilidioksidin kanssa. Suomen maaperästä saatavasta kalkista saadaan jalostettua pääasiassa niin kutsuttua ilmakalkkia (CL, Hydrated Lime). Sen lisäksi tarvitaan hydraulinen lisäaine, joka nopeuttaa kalkin asettumista ja lujuuskehitystä rakenteessa.

Rakentamiseen käytettävän päistäreen laatuksiree-reinä ovat seuraavat: pölyn määrä > 2 % painosta, kuitujen määrä > 2 % painosta, kuitujen maximipituus 100 mm.



Kuvaajassa näkyy hampun päistärekoko eri käyttötarkoitusten mukaan.

## TIESITKÖ TÄMÄN HAMPUSTA?

- Kuituhamppu (Cannabis Sativa) on vanha viljelykasvi, jonka kuitu on yksi maailman vahvimista luonnonkuituista. Sadosta on pitkää kuitua n. 30 % ja n. 70 % varren sisäosan huokoista ja puumaista päistärettä.
- Korren selluloosapitoisuus on 80 % luokkaa ja keskimääräinen hehtaarisato on n. 6-10 tonnia.
- Sato on korjattavissa vuosittain, ja maaperän kuntoa parantava kasvi sopii hyvin kiertoiljelyyn.
- Yhden peltohehtaarin tuottamalla sadolla saadaan päistäremateriaali keskikokoisen omakotitalon rakentamiseen.
- Myös kuituosaa voidaan käyttää rakentamisessa muun muassa eristämiseen.
- Muita hamppulajikkeita ovat öljyhamppu, jonka siemenet sisältävät hyvälaatuista öljyä, proteiineja, kuitua, mineraaleja ja vitamiineja, sekä lääkehamppulajikkeet. Viljelytukiin oikeuttavat hamppulajikkeet eivät saa ylittää 0,2 % THC-pitoisuutta. Hampun kasvattaminen päihteksi on laitonta Suomessa.
- Suomessa on toiminnassa kuituhampun viljely- ja jalostuslaitteisto, joten kotimaista materiaalia myös rakentamiseen on saatavilla. Markkinoilla on jo kotimaisesta kuidusta valmistettuja eristelevyjä.

Hampun laadulla on väliä. Rakentamiseen soveltuvan hampun laatuksiree muodostuu jo pelloilta lähtien. Prosessoinnissa tulee välttää korren liiallista litistämistä, jotta huokoisuus säilyy.



Seoksen tasalaatuisuuden varmistamiseksi kaikki raaka-aineet mitataan tarkasti.

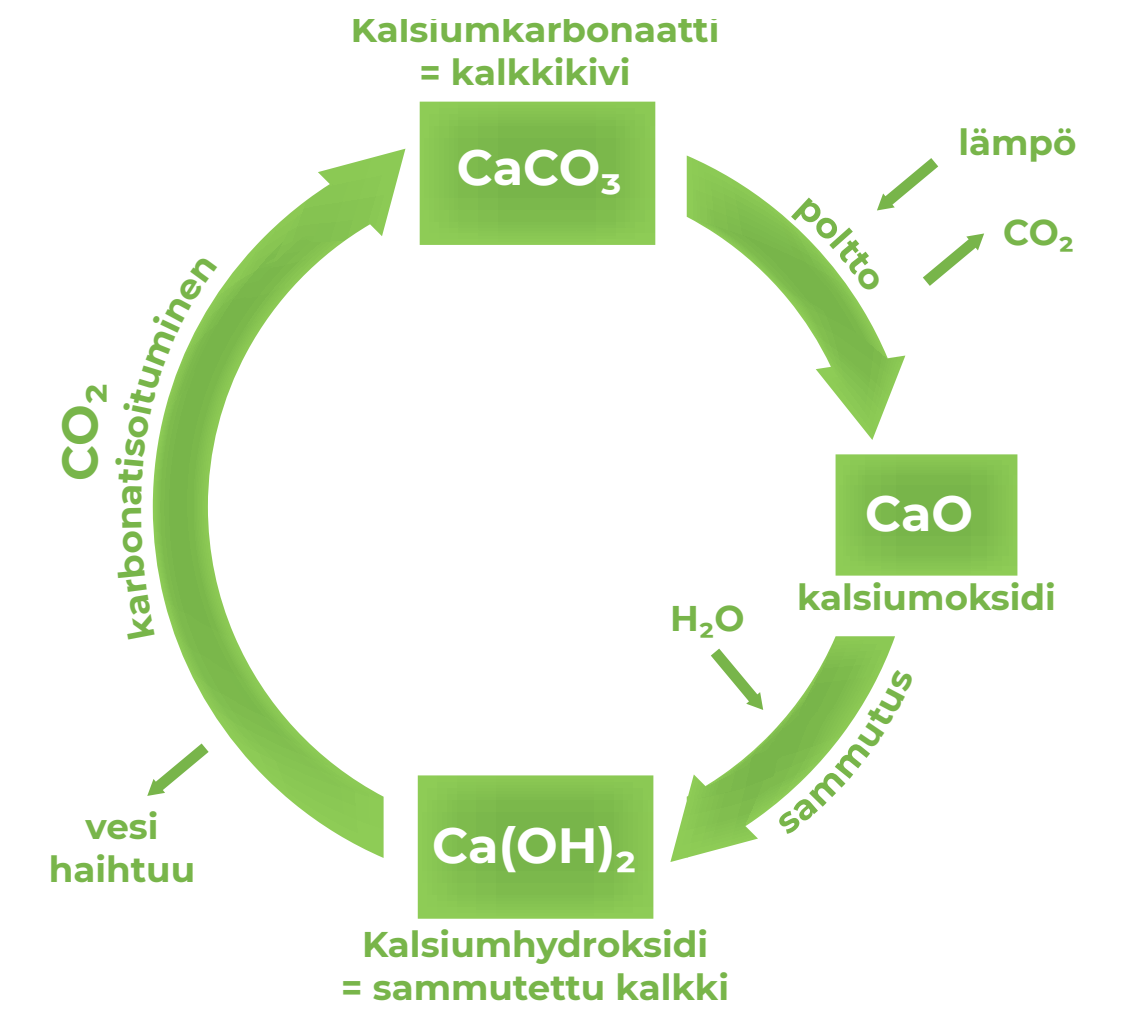
## TIESITKÖ TÄMÄN KALKISTA?

- Kalkkikivi on maailman eniten käytetty rakennusmateriaali. Sitä käytetään mm. betonin ja laastien valmistamiseen.
- Sammutettua kalkkia käytetään hammppurakentamisessa sideaineena, jolloin sen tulee olla mahdollisimman tuoretta ja hienojakoista.
- Suomen kallioperästä löytyvä kalkkikivi on pääasiassa kalsiittikiveä eli kalkkisälpää. Jos kalkkikiven sisältämän magnesiumin määrä nousee yli 3,5 %, sanotaan kiveä dolomiitiksi.
- Kalkki on hyvin emäksistä (pH 13), mikä tekee siitä torjunta-aineen hometta ja bakteereja vastaan.



Hamppu-kalkkimassan sekoitusjärjestykseen on erilaisia tapoja. Kalkin ja veden sekoittamisessa tarkkaillaan sidosaineen sopivaa koostumusta. Seos on sopivaa kermaisena "slurryna".

- Kalkkirappaukset ja -maalit ovat yhteensopivia hammppurakenteiden kanssa ulko- ja sisäpintoihin.
- Kalkki on monipuolinen tuote, jota voidaan käyttää maataloudessa nostamaan maan pH:ta sekä myös eläinten rehuna. Ympäristönsuojelussa kalkkia käytetään veden ja savukaasujen puhdistuksessa.
- Isoja kalkkikivikaivoksia on mm. Paraisilla, Lohjan Tytyrissä ja Kerimäen Louhella (Nordkalk Oy) sekä Pohjois-Suomessa Torniossa ja Kalkkimaalla (SMA Minerals Oy).



Kalkkasideaineeksi poltettava kivi on yleensä lähes puhtaasta kalsiumkarbonaattia ( $\text{CaCO}_3$ ). Poltettaessa n.  $1000^\circ\text{C}$  kuumuudessa siitä poistuu hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ) ja tuloksena on poltettu kalkki, kalsiumoksidi ( $\text{CaO}$ ). Kalkki sammutetaan lisäämällä siihen vettä ( $\text{H}_2\text{O}$ ), jolloin muodostuu kalsiumhydroksidia ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Kun vesi haihtuu ja sammutettu kalkki reagoi ilman hiilidioksidin kanssa, se karbonatisoituu jälleen kalkkikiveksi. Hammppurakenteissa kalkki jatkaa hiilidioksidin sitomista itseensä vielä vuosia valamisen jälkeen.



## LISÄAINEET

Hamppurakentamisessa voidaan käyttää erilaisia luonnollisia lisäaineita parantamaan kalkin asettumista rakenteessa. Suomen maaperästä saatavasta kalkista saadaan jalostettua pääasiassa niin kutsuttua ilmakalkkia (Hydrated Lime), joka kovettuessaan reagoi kostean ilman hiilidioksidin kanssa. Käytännössä paksussa rakenteessa kalkki saa reagoimiseen vaadittavan hiilidioksidin vedestä ja kuivumisen jälkeen ilman kanssa reagoiminen on hyvin hidasta, vuosisatoja kestävä prosessi. Hamppurakentamisessa kalkille tarvitaan ilmakalkin lisäksi hydraulisia ominaisuuksia, jotka muodostavat rakenteelle kestävämmän sidoksen riittävän nopeasti (seinäalaa voidaan nostaa 2 metriä päivässä ja sama toistaa seuraavana päivänä).



*Kalkin kanssa sopivia lisäaineita on useita. Aiheesta on olemassa erilaisia koulukuntia, mutta yhtä ainoaa oikeaa reseptiä ei ole olemassa. Yksi käytännössä hyväksi todettu lisäaine on belgialainen Wolf Jordan, jossa on useita eri mineraaleja.*

*Hamppu + kalkki + lisäaineet + vesi = hamppurakentaminen*

Hamppurakentamisen johtavasta maasta Ranskasta löytyy hamppurakentamiseen useita valmiita tuotteita, joissa hydraulinen lisä saadaan sementillä, jota on tuotteissa noin 25 %. Sementti kuitenkin vähentää höyrynläpäisevyyttä rakenteessa ja lisää tuotteen energiaintensiteettiä. Hydraulinen reaktio on mahdollista saavuttaa myös muilla lisäaineilla. Italialaiset valmiit tuotteet sisältävät puhdasta dolomiittikalkkia, joka sisältää itsessään magnesiumia ja muita reaktiossa hyödyllisiä mineraaleja.

Ilmakalkkiin voidaan sekoittaa esimerkiksi tulivuoren laavasta saatuja pozzolaaneja, jotka sisältävät runsaasti silikaattia eli piidioksidia (SiO<sub>2</sub>). Muita hydraulisia lisäaineita voi olla muun muassa metakaoliini, teollisuuden lentotuhka, kaseiini tai silikaattipitoiset kiviainekset.

Euroopassa käytetään myös hydraulista luonnonkalkkia (Natural Hydraulic Lime), joka ei sisällä muita ainesosia kuin poltettua hydraulista kalkkia. Tällöin kalkkikiven polttoprosessissa on ollut mukana epäpuhtauksia, kuten saviainesta, joka tekee kalkista lievästi hydraulista.

*Sopiva hamppu-kalkkiseos muistuttaa lihapullataikinaa. Siitä ei saa valua kosteutta ja kaiken kalkin tulee olla veden kanssa reagoimassa.*



## HAMPPU-KALKKISEOKSEN VALMISTAMINEN

Hampun ja kalkkisidosaineen yhdistämiseksi voidaan käyttää erilaisia seossuhteita. Tärkeintä on saada sekoitettua yhtenäinen massa, jossa kalkki vuoraa päistarepartikkelit ja pääsee muodostamaan yhtenäisen sidoksen. Kalkki tarvitsee riittävästi vettä reagoimiseen. Veden annostelu vaatii kokemusta, sillä liika vesi hidastaa kuivumista ja tekee massasta raskaan, kun taas liian vähäinen vesi estää kalkin reagoimisen ja tekee rakenteesta hauraan.

Hamppu imee itseensä paljon vettä, minkä vuoksi se on hyvä kastella ensin. Hyvälaatuinen hamppu on pölytöntä, sillä pöly imee erittäin runsaasti vettä itseensä ja voi heikentää rakenteen laatua. Optimaalinen partikkelikoko päistäreelle on 10–25 mm. Kalkin tulee olla mahdollisimman tuoretta ja hienojakoista.

Sidosaineen määrä vaikuttaa materiaalin teknisiin ominaisuuksiin. Isolla sidosainemäärällä voidaan tehdä myös kantavaa seinää tai lattiaa, mutta tällöin materiaalin lämmöneristävyys heikkenee. Lattiassa voidaan käyttää lisäksi hiekkaa tuomaan kantavuutta.

*Huomioi turvallisuusohjeet kalkin kanssa työskenneltäessä. Käytä sekoittaessa käsineitä, suojalaseja ja hengityssuojaimia sekä huomioi yleiset turvallisuusasiat tasosekoittimen käytössä.*

*Myllymestari tekee laaduntarkkailua. Massa on sopivaa valettavaksi, kun koepallo pysyy hyvin kasassa ja sormella murtaessa hajoaa noin kolmeen osaan.*

## PERUSRESEPTI

Seos valmistetaan tilavuusmitoilla

- 3 osaa hampun päistärettä
- 1 osa sammutettua kalkkia
- 10–25 % hydraulista lisäainetta
- 1 osa vettä

### VALMISTUS:

1. Kaada tasosekoittimeen ensin hamppu ja lisää vähintään puolet vesimäärästä
2. Sekoita ja tarkkaile veden imeytymistä hamppuun.
3. Kaada kalkit ja mahdollinen lisäaine joukkoon ja sekoita.
4. Lisää joukkoon loput vedestä hitaasti valuttaen.
5. Jatka sekoittamista, kunnes massa on tasalaatuista.
6. Tee massasta koepallo käsissä puristaen. Massa on sopivaa, kun vesi ei valu sormien välistä, pallo pysyy hyvin kasassa ja sormella painaessa hajoaa noin kolmeen osaan. Lisää tarvittaessa vettä tai kalkkia.
7. Massa on valmista valettavaksi.

### HUOM!

*Tee koevaluja sopivan koostumuksen varmistamiseksi.*

*Perusreseptillä voi lähteä liikkeelle, mutta seoksen toimivuuteen vaikuttaa lukuisat tekijät, jotka saa selville vain käytännön kokemuksella.*





**TEKNIIKAT**



## TEKNIIKAT

Hamppurakentamisella tarkoitetaan hampun päistären ja sammutetun kalkin seoksesta valettavaa rakennetta. Massa valetaan liukuvaluna käsin kahden muotin väliin tai vaihtoehtoisesti ruiskutetaan siihen tarkoitetulla laitteistolla muottia vasten. Massasta tulee rakennusvaiheessa muotoiltava, itsensä kantava ja jäykistävä rakenne, joka eristää sekä säätelee lämpötila- ja kosteuseroja rakennuksessa. Seoksen lujuuskehitys on pitkään kestävä prosessi, materiaalin painumisesta ei tarvitse huolehtia.

***Suomessa kannattaa panostaa myös hamppuharkkojen ja -elementtien valmistamiseen, jolloin rakentamisaika pitenee ja rakentamisaikainen kosteudenhallinta paranee.***

Paikallavalun hyviä puolia ovat moninaiset arkkitehtoniset toteutukset ja saumaton eli ilmatiivis ja kylmäsillaton rakennustapa. Paikallavalun rajoitteina on, että se voidaan tehdä vain lämpötilan ollessa nollan yläpuolella, jolloin kevät ja kesä ovat valamisen toteutusaikoja. Lisäksi valuille täytyy antaa riittävästi aikaa kuivua ennen pintamateriaalien laittamista. Kuivumisen aikana täytyy huolehtia hyvästä tuuletuksesta ja ilmanvaihdosta. Seinistä haihtuu kuutiokaupalla vettä.

Periaatteessa myös kesäkauden ulkopuolella on mahdollista rakentaa sisätiloissa, esimerkiksi lisäeristettäessä tai korjattaessa sisäpuolelta, mutta tilojen lämpötilan on oltava plussan puolella. Mahdollisesti on huolehdittava tuuletuksen lisäksi myös lämmityksestä kuivumisen aikana.

Käsinvalutekniikassa on yleistä käyttää isoja paljuja massan kuljettamiseen myllyltä muottien väliin. Tämä on hidas ja työläs tapa, ja parempia on varmasti mahdollista kehittää ja ottaa käyttöön. Tiedossa on Highland Hemphouse -projekti USA:ssa, jossa rakennusurakoitsijat kehittivät materiaalille kuljettimen, joka vähensi työmäärän puoleen. Myös Putzmeisterin sementtipumppua on käytetty tähän. Se vaatii tiimiin tekniikkaosaajan, sillä pumppu voi tukkeutua.



*Iso tasosekoittaja on käytetyin sekoittaja hamppu-kalkkiseoksen valmistuksessa. Betonimyllyssä seos paakkuuntuu helposti.*



## KÄSINVALU

Ulkomailla omakotitalokohteita tehdään pääsääntöisesti käsinvolumenelmällä. Kokenut 4–6 työntekijän tiimi voi tehokkaimmillaan valaa noin 10 kuutiota päivässä. Työtä nopeuttaa myös pikalukitusmuottien käyttö sekä isot, vähintään 800 litran, tasosekoittimet. Suomessa ei olla vielä rakennettu yhtään omakotitaloa, mutta periaatteessa työmäärä voidaan laskea ulkomaisista esimerkeistä.

*Käsinvolumetekniikka on yksinkertainen, mutta vaatii kokemusta ja tietoa. Suosittelemme pätevän opastuksen saamista uuteen projektiin ryhdyttäessä hyvän lopputuloksen varmistamiseksi.*

*Liikennekäyttöön rekisteröity tasosekoitin kulkee kätevästi työmaalta toiselle. Kuva Britanniasta omakotitalotyömaalta.*



*Käsinvolumessa on tärkeää tiivistää huolellisesti alueet muottien reunoilta ja nurkista sekä runkotalppien ympäriltä.*



*Käsinvolumessa tiivistämiseen voidaan käyttää erilaisia työkaluja, esimerkiksi puisia tamppereita, mutta käsin tiivistämällä saadaan parempi tuntuma materiaaliin. Liiallista tiivistämistä on vältettävä.*

Käsinvolumella voidaan toteuttaa pieniä projekteja aina omakotitaloihin asti, kunhan työvoimaa on riittävästi. Omakotitalotyömailla voidaan käyttää useampaa tasosekoitinta, jotta työ etenee nopeasti. Massan sekoittamisesta vastaa myllymestari, jolta vaaditaan lihasvoimaa ja tarkkuutta. Seoksen tasalaatuisuus ja myllyn toiminta määrää koko tiimin työtahdin.

Muottityö on iso osa käsinvolumeprojektia. Pienemmissä yksittäisissä rakennushankkeissa voi muotittamiseen käyttää puulevyjä, mikä tulee huomioida kustannuksissa. Myös sisäseinään suunnitellut hamppuharkot tai savitiilet voivat toimia muottina, jolloin muotti tarvitaan vain ulkoseinän puolella. Lisäksi tarvitaan paljuja, saaveja ja ämpäreitä, joilla massa kuljetetaan muottien väliin.



*Ruiskuttaminen tapahtuu vaakasuunnassa. Ahtaat ja vaikeasti tavoitettavat kohdat täytetään käsin.*

## RUISKUVALU

Hamppu-kalkkiseoksen työstämiseen on kehitetty ruiskuvalulaitteita. Ranskassa laitteita valmistaa muutama yritys. Käytännössä niissä on aina oma yksikkönsä sidosaineen valmistamiseen ja oma yksikkönsä hampun syöttämiseen. Materiaalit kulkevat ilmanpaineella omissa letkuissaan suuttimeen, josta ulos tullessaan ne yhdistyvät ja tarttuvat seinään kantaen heti itseään. Ruiskuvalua varten tarvitaan joko väliaikainen muotti, jota vasten ruiskutetaan, tai pysyvä pinta.

Erona käsinvalumenetelmään on, että ruiskutus tehdään aina vaakasuunnassa ja ruiskutettu pinta tarvitsee vielä erikseen tasoittaa viimeistään päivän päästä valusta. Hyvä ruiskuttaja harjaantuu ajan kanssa tekemään tasaista jälkeä.



*Markkinoilla on erikokoisia ruiskuvalulaitteita. Kuvassa olevan laitteen käyttämiseen tarvitaan kolme työntekijää.*

Seinän voi tuoda ruiskuttamalla heti haluttuun syvyyteen ja käytännössä seinää voidaan nostaa jopa kahden metrin korkeuteen päivän aikana. Tämän vuoksi ruiskutus kannattaa tehdä aina lisäaineen kanssa tai valmiilla kaupallisilla sidosaineilla, jotta rakenne kantaa itsensä tarvittavalla nopeudella.



*Ruiskuvalutekniikka soveltuu erityisesti korjausrakentamiseen ja lisäeristämiseen.*

Ruiskuvalutekniikassa voidaan päästä käsinvalua nopeampaan työstövauhtiin pienemmällä työvoimalla, siksi sitä käytetään enenevässä määrin isoissa projekteissa ja kaupallisilla työmailla ulkomailla. Laitteen kanssa toimisessa tulee ottaa huomioon sen huolto ja mahdolliset käyttökatkokset johtuen tekniikan määrästä. Käytännössä koneen valmistelu- ja puhdistustoimet vievät työpäivästä tunnin. Laitteiden ja varusteiden puhdistamiseen on varattava joka tapauksessa aikaa aina, kun työskennellään kalkin kanssa.





## **HAMPPURAKENTAMISEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS**



# HAMPPURAKENTAMISEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

## 1. SUUNNITTELU

Tahdottaessa rakentaa talo hampusta se on alusta lähtien suunniteltava hamppurakentamisen näkökulmasta, sillä materiaali määrittää myös perustuksia ja runkorakennetta. Arkkitehdin ja suunnitteluinsinöörin tulee ymmärtää materiaalin ominaisuudet. Vaikka Suomessa ei ole vielä tehty virallisia teknisiä testejä hamppu-kalkkirakenteesta, kotimaisesta materiaalista löytyy jo kokemusta ja eurooppalaisia tutkimuksia voidaan suoraan hyödyntää suunnittelun pohjaksi.

Materiaalille ei ole vielä omia suunnitteluohjeita tai standardeja ulkomaillakaan, sillä käytännöt vaihtelevat maittain. Olennaista on, että suunnitteluvaiheessa on mukana luonnonmateriaaleihin tai hygroskoopisiin materiaaleihin perehtynyt arkkitehti ja/tai suunnitteluinsinööri, jotta suunnitelmat ovat hyvin perusteltuna rakennusvalvonnalle.

- Rakennuksen kuormitukset lasketaan kantavan rungon varaan.
- Lambda-arvo: 0,06–0,09 W/Km
- Kuivan materiaalin kuutiopaino 300–400 kg, märkäpaino noin 700 kg
- Puristuslujuus 0,2 MPa

Väliseinät on hyvä tehdä massalla, jonka sidosainepitoisuus on ulkoseinää korkeampi, tällöin paino mitoitetaan 400 kg mukaan.

Jos rakennukseen halutaan yhtenäinen vaippa lattiasta kattoon, voi ala- ja yläpohjan ulko-osat toteuttaa

vähintään 150 mm valulla ja laittaa kuitueriste sisäpuolen kerrokseksi, näin vähennetään kuivumisaikaa.

## 2. HINTA

Hankkeissa toteutetuissa kohteissa materiaalin kuutiokannaksi tuli 200 € (sis. alv). Hinta on laskettu kuluttajahinnoilla. Ulkomailla hinta asettuu yleisesti tavanomaisen rakentamisen ylähaarukkaan. Huomioitavaa on, että rakentamisen kokonaishinnan voi olettaa laskevan kehittämissivaiheen jälkeen. Lisäarvoa asiakkaalle tuo matala energiankulutus asumisvaiheessa, materiaalin lyhyt ainesosalista sekä sisäilman laatu.

## 3. TYÖMAASUUNNITTELU

Työmaasuunnittelussa tulee huomioida etenkin paikallaanvalun aikataulutus. Hamppuvalut tulee ajoittaa kevääseen ja kesään, jolloin rakenteelle saadaan optimaalinen kuivumisaika. Perustus- ja runkotyöt voi tehdä hyvissä ajoin ennen valuja, jolloin sekä sähkö- ja putkitöiden toteuttamiselle jää myös aikaa ennen valutöitä.

Työmaalle tulee järjestää vettä sekä massan sekoittamiseen että työkalujen ja laitteiden puhdistamiseen. Lisäksi tarvitaan sähköä, riippuen käytettävistä laitteista, sekä tilaa sekoittimelle, kalkille ja hampulle. Kalkin pölyäminen sekoitusvaiheessa kannattaa huomioida sekoituspaikan valinnassa.

## CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



CASA TRASPIRANTE - COMFORT ABITATIVO INTERNO - CAPACITA' DI CATTURARE CO2 DALL'AMBIENTE  
MATERIALE NATURALE - RISPETTO DELL'AMBIENTE - REGOLAZIONE NATURALE DELL'UMIDITA'

PENSARE - COSTRUIRE - ABITARE - SOSTENIBILE IN CALCE E CANAPA

LA CANAPA OGGI NELL'EDILIZIA:

Garantisce resistenza al fuoco, inappetibilità ad insetti e roditori e resistenza alla formazione di muffe e batteri. La calce utilizzata in edilizia fin dall'antichità per sanificare gli ambienti, facilita il passaggio del vapore acqueo attraverso le murature, riducendo i problemi legati ad umidità e condensa. Natural Beton, così chiamata la miscela di canapa e calce, si ottiene combinando il truciolo vegetale di canapa con un legante a base di calce ed additivi naturali. Il Politecnico di Milano, dichiara che i sistemi isolanti a base di calce e canapa impediscono il passaggio di calore dall'ambiente interno a quello esterno e viceversa, limitando gli sbalzi di temperatura. La temperatura interna dell'edificio, così come il livello di umidità vengono mantenuti pressoché costanti, rendendo l'ambiente più confortevole e riducendo al minimo i consumi termici di riscaldamento e raffreddamento degli edifici.



**equilibrium.** Rivenditore Autorizzato PAULETTI SUPERFICI

**BIOEDILIZIA IN CANAPA E CALCE**

**INVOLUCRO IN NATURAL BETON®**  
VILLE SINGOLE e GRANDI COMPLESSI ABITATIVI

- Muratura di tamponamento isolante
- Isolamento copertura e sottofondo
- Elevato risparmio energetico e comfort abitativo.
- Alta traspirabilità e massima salubrità

**NUOVA COSTRUZIONE**

**RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA**

- Cappotto isolante
- Isolamento sottofondo
- Tavolati drenanti
- Isolamento

[www.equilibrium-bioedilizia.it](http://www.equilibrium-bioedilizia.it)

Le case di canapa conqu...  
La casa del futuro...  
La prima villetta in canapa e calce...  
Equilibrium, che innovatori...  
DAL 2011 - PRIMI IN ITALIA  
1  
PREMI ALL'AMIC DELLA

innovatori d'impresa weItaly  
premio impresa ambiente

Hamppurakentamista tukevia argumentteja ovat mm. raaka-aineiden kestävyys, tekniset ominaisuudet ja hyvä sisäilman laatu. Kuva rakennustyömaalta Veronasta, Italiassa.



Lattialämmityskaapelit voidaan jättää hamppuvalun sisään.

Jos kalkin ja hampun tilaa suursäkeissä, se täytyy huomioida logistiikassa ja materiaalien sijoittelussa. Raaka-aineita voi mahdollisuuksien mukaan tilata useammassa erässä, ja joka tapauksessa tulee varautua niiden suojaamiseen sateelta. Varsinkin kalkki reagoi herkästi veden kanssa, joten toimitus kannattaa jättää juuri ennen valuja tapahtuvaksi. Näin voidaan varmistaa myös kalkin tuoreus. Mikäli kalkkia tai hampun joutuu säilyttämään pidempään, ne täytyy varastoida kuivassa tilassa.

Jos rakennuksessa ei ole vielä vesikattoa suojaamassa valuja, sen suojauksessa on huomioitava, ettei se estä ilman kiertoa ja tuulettumista missään vaiheessa. Rakennuskohteen budjetoinnissa tulee huomioida sääsuojaus. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon valujen toteutus katon ja seinien liitoskohdissa.

## 4. POHJATYÖT

Hamppurakenne ei sovellu perustukseksi. Rakenne tulee suojata sekä alhaalta että sivulta tulevalta suoralta kosteudelta. Tuulettuva alapohja soveltuu hyvin hamppurakenteille. Sokkelin ja hamppuvalun väliin tulee laittaa kapillaarikatko, esimerkiksi bitumimattoa. Jos rakenne on lähellä maata, voidaan ensimmäiset valukerrokset tehdä kalkin ja hiekan sekoituksella, ja lisätä orgaaninen hamppu vasta ylempään valukerrokseen.

## 5. RUNKO

Puurunko asennetaan yleensä rakenteen keskelle, jolloin kylmäsiltojen määrä on vähäinen ja hamppurakenne estää rungon vääntymisen. Rungon voi tuoda myös rakenteen sisä- tai ulkoreunaan, jolloin esimerkiksi ulkolaudoituksen kiinnittäminen on helpompaa tai muottityöhön voi tuoda näin helpotusta. Rungon

sijoittamisessa tulee ottaa huomioon seuraavat seikat: Jos runko jää valun sisälle, tulee sisäpuolen valun olla runkotolpan kohdalla vähintään 50 mm paksu, ulkoseinän puolella valun tulee olla vähintään 100 mm runkotolpasta. Liian ohut valu runkotolppien kohdalla aiheuttaa herkästi heikkouksia rakenteeseen.

Kantavana runkona voivat toimia myös tiilet ja harkot sekä betonipalkit ja -tolpat. Teräsrunkoa käytetään ulkomailla mm. kerrostalokohteissa, tällöin teräs tulee ruostesuojata asianmukaisesti kalkin ja kosteuden aiheuttamalta kemialliselta reaktiolta.

## 6. LVI

Paikallaanvalussa LVI-työt tehdään valmiiksi ennen valuja ja putket voidaan jättää valun sisään. Materiaaliin on myös mahdollista kovertaa urat sähköputkille jälkikäteenkin.

## 7. LATTIA JA KATTO

Hamppu-kalkkiseoksella voidaan tehdä eristävät rakenteet seinien lisäksi myös lattiaan ja kattoon. Tällöin minimoidaan kylmäsiltojen muodostuminen, kun rakennus voidaan toteuttaa yhtenäisenä vaippana. Seossuhteilla voidaan vaikuttaa materiaalin tekniseen suorituskykyyn. Esimerkiksi lattiaan saadaan lisää kantokykyä lisäämällä kalkin osuutta sekä hiekkää, kun taas kattoon saadaan lisää eristävyttä lisäämällä hampun osuutta.

Lattiaa ei ehkä ole järkevää toteuttaa kokonaan hamppu-kalkkiseoksella, sillä nykyisten rakennusmääräysten ja lämpöarvo vaatimusten mukaan lattiasta tulisi hamppurakenteena niin paksu, että kuivumisaika venyisi kohtuuttomaksi. Pelkän päistäreän lämmönjohtavuus on 55 W/m<sup>2</sup>\*K. Arvoa voi käyttää lasket-

taessa kattoon tulevaa eristemassaa, jossa käytetään sidosainetta minimaalinen määrä.

Hamppurakenne on yhteensopiva myös lattialämmityksen kanssa. Lattialämmitys voidaan asentaa lähelle hamppuvalun pintaa ja kaapelin vuoraava viimeinen valukerros voidaan tehdä kalkista ja hiekasta. Ulkomailla lämmityskaapelit asennetaan usein seinään, jolloin seinä voi toimia lämpövarastona. Tämä voisi olla myös Suomessa kokeilemisen arvoista.

## 8. MÄRKÄTILAT

Suomen rakennusmääräykset vaativat kylpyhuoneiden ja saunojen lattioihin ja seiniin aina veden-eristyksen. Luonnonmukainen kosteuseristys hamppurakenteelle saadaan Tadelakt-menetelmällä. Tämän perinteisen marokkolaisen rappaustekniikan erikoisuutena on, että sillä työstetty seinä tai lattia näyttävät marmorilta, vaikka raaka-aineina on käytetty vain hienorakeista kalkkia ja saippuaa. Nämä muodostavat kemiallisen reaktion avulla vedenkestävän kalvon, ja sillä voidaan valmistaa myös kokonaisia kylpyhuonekalusteita. Myös italialaisella Stucco Lustrolla saadaan vettä pitävää rappausta. Stucco Lustron ja Tadelaktin varjopuolia on se, että ne vaativat erityistä ammattiosaamista ja riippuu rakennusvalvonnasta, miten tällaiseen vedeneristykseen suhtaudutaan.

Jos tilaan tulee nykyaikainen hengittämätön kosteuseristys, tulee hamppurakenteen ja vesieristettävän pinnan välille jättää tuuletusrako.

## 9. MUOTITUS JA VALU

Muottityö on iso osa projektia. Pienemmissä yksittäisissä rakennushankkeissa voi muottittamiseen käyt-

tää puulevyjä, mikä tulee huomioida kustannuksissa. Tärkeää on, että levy ei anna periksi tasoittamisen aikana. Ulkomailla käytetään pikalukittavia muovisia muotteja.

Puumuotit kiinnitetään runkoon pitkillä ruuveilla. Apuvälineinä kannattaa käyttää esim. sähköputken pätkiä, jotka on valmiiksi leikattu sopivaan mittaan, jolloin muotti jää automaattisesti oikean etäisyyden päähän rungosta. Ruuvit tulevat tämän putken sisään ja muottia irrotettaessa putkista jääneet kolot voidaan täyttää valumassalla. Muottien yläreunaan voi asentaa myös tuennan, joka pitää ne erillään toisistaan juuri oikealla mitalla.

Liukuvalutekniikalla muotin korkeus on n. 50–60 cm, jolloin valua pääsee tiivistämään käsin. Muotin voi irrottaa ja siirtää seuraavaksi kerrokseksi heti, kun muotti on valettu ylös asti. Käytännössä pientalorakentamisessa saadaan koko talon kiertävä ensimmäinen 60 cm:n kerros yhden työpäivän aikana valmiiksi. Muotin voi jättää yöksi ja aloittaa seuraava työpäivä muotin siirtämisellä.

Rakenteisiin, jossa valun tulee kannatella itseään, kuten ovien ja ikkunoiden yläosat sekä katon valu, tulee muotit jättää tueksi pidemmäksi aikaa. Tällöin muotin ja valun väliin kannatta jättää esimerkiksi irrottettava muovikaistale, joka estää valun tarttumista muottiin. Kattovalun muottitus olisi hyvä olla paikallaan n. 3 viikkoa.

Massaa levitetään kerralla n. 15 cm tasainen kerros, joka tiivistetään kevyesti. Tärkeintä on tiivistää reunat, kulmat ja erikoiskohdat, kuten putkien ympärykset, huolella. Valua ei tehdä seinä kerrallaan, vaan koko rakennus tai huonekokonaisuus pyritään valaamaan tasaisesti ympäri. Muotin täytyessä kerros kerrokselta ne nostetaan kerralla koko rakennuksen ympärystä. Näin kulmiin ei tule heikkoja liitoskohtia.

*Runko sijoitetaan yleensä valun keskelle. Näin parannetaan paloturvallisuutta ja minimoidaan kylmäsiltojen määrä.*



**HUOMIO:** Poista kuivunut materiaali ja kostuta tarvittaessa vanha pinta, ennen kuin alat asentamaan seuraavaa kerrosta.

Ainakin Belgiassa ja Puolassa paikallaanjäätettävänä muotteina käytetään valmiita ruokomattoja. Niitä voidaan rullata ylöspäin sitä mukaa kun seinä nousee. Ruokomatto antaa seinän kuivua ja se on hyvä rappauspohja. Myös Suomessa on saatavilla valmiita ruokomattoja joiden käyttöä kannattaa kokeilla.

## 10. KUTISTUMINEN

Valuun voi tulla kutistumia riippuen työstötavasta ja massan laadusta. Kutistumat runkopuiden ympärillä ovat muutaman millin luokkaa. Työstäessä käsin tiivistäminen kannattaa tehdä viistosti runkoa päin. Kutistumat voidaan paikata kuidulla tai uudella massalla.

## 11. KUIVATUS JA LOPPUTYÖT

Rakennus tulee suojata niin, ettei suora sade pääse kastelemaan rakenteita, ja rakenne pääsee kuivumaan joka suuntaan. Älä peitä seinää tai jätä mitään tavaroita kiinni seinään sen kuivumisen aikana.

Hamppurakenteen vaatima useamman kuukauden kuivumisaika voidaan nähdä heikkoutena. Vaarana on, että nykyisten rakentamisen aikataulutusten tapaan rakentamisessa kiirehditään ja saadaan aikaan

huonoja lopputuloksia. Vaikka rakenne pinnoitetaan hengittäväillä materiaaleilla, hidastavat ne kuivumisai-kaa merkittävästi liian aikaisin asennettuna. Jos on tarve aloittaa sisätöitä, kannattaa ulkoseinä pitää mahdollisimman kauan auki, jotta kuivuminen voi jatkua ulospäin.

Materiaali ei homehdu herkästi sen sisältämän kalkin vuoksi. Niin kauan kuin rakennusaikaista kosteutta on seinissä, tulee varautua hajuhaittoihin. Kuivatuksen kannalta tärkeintä on huolehtia hyvästä ilmanvaihdosta.

Kuivuminen ja asettuminen ovat kaksi eri asiaa. Hydraulinen lisäaine nopeuttaa asettumista eli lujuuskehitystä. Rakenne asettuu ja kuivuu nopeammin pinnoilta kuin sisältä. Lujuuskehitys sisäosissa on hidasta etenkin paksuilla rakennekerroksilla.

Ainakin Belgiassa kohteita toteutetaan niin, että sei-niin asennetaan yksi kalkkirappauskerros (n. 1–1,5 cm) tuoreelle valupinnalle, osa toimijoista lisää tuoreelle rappauspinnalle myös kerroksen kalkkimaalia. Tämän pitäisi auttaa veden poistumista seinästä eli se estää seinäpinnan kiinnimenon. Tämä voi olla Suomessakin kokeilun arvoista.



*Hamppu-kalkkiseoksesta on mahdollista valmistaa elementti- ja harkkotuotteita. Hamppu voidaan yhdistää myös saven kanssa toimiviksi tuotteiksi.*

*Pienet kutistumat ovat mahdollisia valun kuivuessa. Valua ei kostuteta kuivumisaikana, mutta ilmankosteuden olisi hyvä olla noin 50 % RH luokkaa.*



## ***HAMPPUTALO***



# HAMPPUTALO

Suomen ensimmäinen lämmitetty hampputalo valmistui syksyllä 2018 Turun ammattikorkeakoulun kampuksen pihamaalle. Pieni 10 neliön rakennus tehtiin koealustaksi erilaisille hamppurakenteille ja lämpötekniisten ominaisuuksien mittaamiseen pidemmällä aikavälillä.

Samalla testattiin erilaisia valutekniikoita käytännössä. Hampputalon avulla saatiin arvokasta käytännön kokemusta jatkokehittämistä varten.

## RAKENNUSLUPA

Rakennukselle haettiin ja saatiin viiden vuoden tilapäinen rakennuslupa Turun rakennusvalvonnasta. Rakennuksen pienestä koosta huolimatta rakennuslupa oli tarpeellinen, sillä siihen tuli lattialämmitys.

Rakennusvalvonnassa suhtauduttiin myönteisesti uuden materiaalin testaamiseen, eikä luvan saamiselle ollut esteitä.



Rakennuksen arkkitehtikuva on Tapio Keiramons käsialaa, suunnittelijana toimi Juho Akola ja piirtäjänä Sami Ollonen. Suunnitelmat ja toteutus elivät rakentamisen mukana.

Turun ammattikorkeakoulun kampuksella sijaitseva testirakennus on ensimmäinen lämmitetty hamppurakennus Suomessa.



*Runko toteutettiin tuplarunkona, jolloin muottien ja ulkolaudoituksen kiinnittäminen helpottui.*

## PERUSTUKSET

Rakennus oli tarkoitus toteuttaa kierrepaalujen varaan, mutta maaperän haasteista johtuen, rakennuksen sokkeli päätettiin toteuttaa 400x400x80 mm betonilaatoilla. Kaksi kerrosta laattoja ladottiin sorapatjan päälle. Routaeristystä ei tehty, jotta voidaan seurata roudan vaikutusta rakenteisiin. Joka sivustalle jätettiin kaksi tuuletusrakoa, jotka verkotettiin jyrsijöiden varalta. Sokkelin kosteuskatko tehtiin 400 mm:n bitumikaistalla.



*Betonilaattaperustuksen ja alajuoksun välissä on bitumikaista kosteuskatkona.*

## RUNKOTYÖT

Seinän paksuudesta johtuen (400 mm) runko toteutettiin kaksoisrunkona, jotta muotin kiinnittäminen helpottuisi. Runkopuutavaran määrä tuplaantui, mutta muutoin olisi ollut haasteellista löytää tarpeeksi pitkiä ruuveja muottien tai ulkolaudoituksen

kiinnittämiseen runkoon. Tuplarunko oli käytännöllinen, mutta runko kannattaa suunnitella kuhunkin kohteeseen yksilöllisellä tavalla, jolloin materiaalimekaniikka voidaan optimoida.

## SÄHKÖTYÖT

Sähköjohdot pistorasioihin ja lamppuihin putkittiin ja kiinnitettiin runkopuihin ennen hamppuvalua. Sähköinen lattialämmityskaapeli on asennettu hamppuvalun pintaan. Käytännössä lattiavalu tuotiin aluksi noin 380 mm korkeuteen ja annettiin kuivua. Kaapeli asennettiin valun pintaan ja se peitettiin tuoreella noin 20 mm hamppumassakerroksella.

Kerroksen päällä on ilmarako ja laualattia. Lattialattia huolimatta lämmitys on toiminut hyvin. Ilmanvaihto on järjestetty rakennuksessa asentamalla tuloilma-aukko seinän yläosaa. Poistoilma on säädettävä.



*Sähköjohtojen putkitus jätettiin hamppuvalun sisään.*





Muottityön suunnittelu ja toteutus ovat tärkeä osa projektia. Huolellisella suunnittelulla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakentamisen aikatauluun ja hintaan.

## KATTO

Kattotuolien asentamisen jälkeen rakennus sääsuojattiin pressulla ja vesikatto rakennettiin vasta myöhemmin. Eristäminen toteutettiin lopulta hampukuidulla, sillä paksun kattovalun tekeminen sateisena syksynä vasten talvea tuntui riskiltä.

Sisäpuolelta alkaen kerroksina on kattopaneeli, ilmansulkupaperi, kuitueriste noin 380 mm, aluskate, tuuletusrako, ponttilauta ja bitumihuopa.



Katon eristämisessä käytettiin hampukuitua



Esimerkki ohjureiden käytöstä. Ruuvit porataan suoja-putkien sisälle, jolloin aukot ovat jälkikäteen helposti täytettävissä. Putket tehdään mittatarkkoina.

## MUOTITUS

Muottilevyinä käytettiin havuvaneria ja OBS-standardimittaisia levyjä, joista puolittamalla saatiin 600 mm korkeat muotit. Alimpiin valukerroksiin pystyttiin käyttämään samaa muottilevyä, mutta rakennuksen pulpettikaton vuoksi muotteja piti leikata kiilamuotoon, mikä hidasti viimeisiä valuja.

Muotit kiinnitettiin ruuveilla, jotka ruuvattiin sähköputkista leikattujen ohjureiden sisään. Muotitus tehtiin aina yksi kerros kerrallaan, ja käytännössä yhden päivän aikana valettiin yksi kierros ja muotit jätettiin yöksi paikoilleen. Seuraava työpäivä aloitettiin muotien nostolla seuraavaan kerrokseen. Muottikerrosten limitykseksi jäi noin 10 cm.



*Käsinvaletussa seinässä voi nähdä jokaisen kerroksen työstöjäljen. Ohju-  
reiden jättämät jälkikäteen täytettävät  
reiät ovat hyvin nähtävissä kuvassa.*

## VALUTYÖT

Valutyöt aloitettiin juhannusviikolla. Vaihtelevalla työntekijämäärällä valuja tehtiin kuutena päivänä. Minimissään oli kolme henkilöä töissä ja parhaimmillaan kymmenkunta talkoolaista. Optimaalinen työntekijämäärä käsinvalamiselle ko. kohteessa oli noin 5 henkilöä. Käytössä oli myös ruiskuvalulaite, jonka käyttöä testattiin laitevalmistajan ohjauksessa yhtenä päivänä. Valuja jatkettiin elokuun lopulla muutamana päivänä. Massaa valmistettiin 1–5 myllyllistä päivässä riippuen valujen vaiheesta ja paljonko oli työvoimaa käytössä.

Sekoittimeksi oli vuokrattu lähinnä savirakentamisessa käytetty 800 litran tasosekoitin, joka sai virtansa hydraulisesti vanhasta Fergusonista. Yksi sekoituserä sisälsi noin 600 litraa hampppua, 160 litraa sammutettua kalkkia ja 160 litraa vettä, joten hampun ja kalkin sekoitussuhde oli 3,5:1:1. Ensin sekoitettiin hamppu ja puolet veden määrästä, jotta hamppu saatiin kos-

tutettua. Sitten lisättiin kalkki ja annettiin sekoittua kunnolla. Lopuksi lisättiin loput vedestä tasaisesti valuttamalla ja annettiin pyöriä, kunnes massa oli tasaista. Valmis massa kannettiin sangoissa ja paljuissa muottien väliin. Massa levitettiin noin 150 mm tasaisiin kerroksiin, jonka jälkeen reunat ja kulmat tiivistettiin käsin, rakenteen keskiosat taputeltiin kevyemmin yhteen. Jos loppupäivästä näytti siltä, että kierros oli jäämässä vajaaksi, valut lopetettiin loivenevasti.

Lattiasta valettiin ensin noin 20 cm ja annettiin kuivua reilun kuukauden, jolloin lattiapinta nostettiin 380 mm:iin. Asennusvaraa lattialämmitysjohtoille jätettiin 20 mm. Hamppuvalu lattiaan toteutettiin harvalaudoituksen päälle, eikä muottia poistettu jälkikäteen. Uudisrakentamista varten lattiavalu on toteutettava eri tavalla, jotta ei tehdä riskirakenteita. Ikkunan ja oven yläpuolen alamuotti jätettiin pidemmäksi ajaksi paikoilleen, jotta massa sai rauhassa asettua.



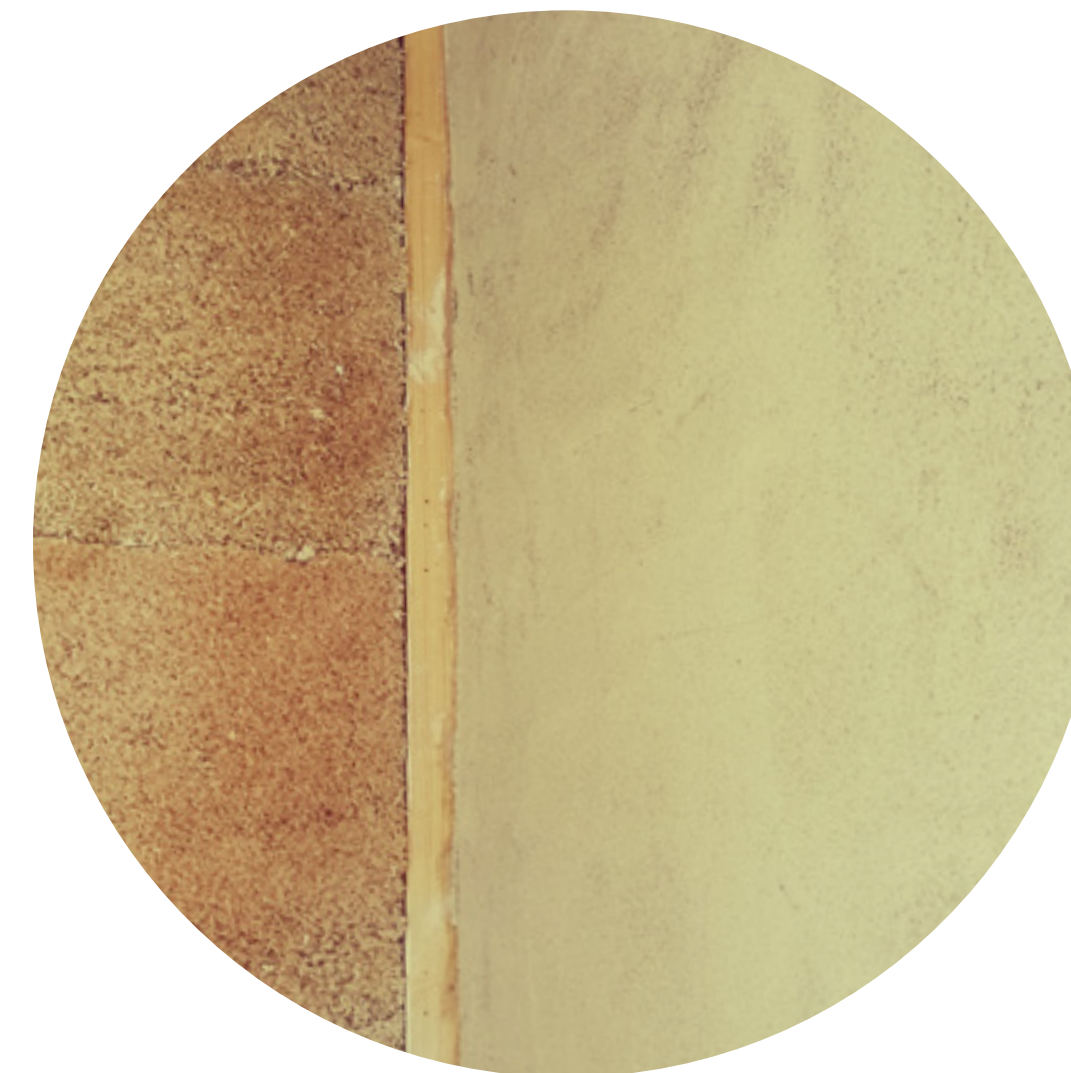
*Koerakennuksen takaseinä toimi ruiskuvalutekniikan harjoittelualustana.*



*Paksu seinä mahdollistaa kauniiden yksityiskohtien toteuttamisen. Tässä esimerkkinä jalopuusta tehty ikkunasyvennys.*

## PINTA-TYÖT

Rakennus sai lautaverhouksen tuuletusraolla marraskuussa 2017, jotta seinät olisivat paremmin säältä suojattuna. Mikäli syksy ei olisi ollut niin sateinen, verhoukseen olisi jätetty tehtäväksi vasta seuraavana vuonna. Rakennuksen yhdelle seinälle päätettiin asentaa tuulensuojalevy vasten hamppu-kalkkirakennetta. Tuulensuojalevyn ja pintalaudoituksen väliin jätettiin tuuletusrako. Ajatuksena oli saada tietoa levyn tarpeellisuudesta tai tarpeettomuudesta. Tiedossa oli tapaus, jossa rakennusvalvonta olisi määrännyt tuulensuojalevyn jäykistämään rakennetta uudisrakennuksessa, johon haluttiin ulkoseinät hamppu-kalkkimassasta. Asentamisessa otettiin tietoinen riski, sillä rakenteet eivät olleet kuivuneet pintakerrosta lukuun ottamatta.



*Hamppu-kalkkiseinä toimii hyvänä rappauslustana sekä kalkki- että savirappauksille.*

Sisäseinät on kahteen kertaan kalkkirapattu. Vinkkinä kerrottakoon, että uutta kosteuskuormaa keventääkseen voi seinät rapata vain yksi seinä kerrallaan. Tämä tietysti vie enemmän aikaa, mutta muussa tapauksessa riittävästä tuuletuksesta on huolehdittava.

Kalkkirappauksen voi maalata, kunhan valitsee luonnomukaisen ja varmasti hengittävän maalin.

## HAASTEKOHDAT

Kuivumisen hallinta osoittautui haasteelliseksi tehtäväksi erittäin sateisen kesän ja syksyn vuoksi. Haasteellisuuteen vaikuttivat myös uuteen materiaaliin liittyvä kokemattomuus. Tasapainoa oli haettava säiden, kalkin tasapainoisen reagoimisen, tuuletuksen, lämmityksen ja lähestyvän talven kanssa sekä tietysti



*Käsinvaletun ja ruiskuvaletun kerroksen rajapintaan syntyi halkeama kuivumisen aikana, sillä työstötapa ja sidosaine olivat erilaiset.*



Haastavien kohtien työstäminen vaatii erityistarkkuutta ja huolellisuutta. Vajaasti täytettyjä kohtia voi paikata jälkikäteen.

käytettävissä olevien resurssien rajoissa. Kuivumisen hallinta on tärkeimpiä kehitettäviä kohteita myös jatkossa.

Kun rakennuksen väliaikainen ovi ja ikkuna asennettiin syksyllä, sisäpuolelle laitettiin rakennuspuhallin lämmittämään tilaa. Lisäksi vuokrattiin kuukaudeksi erillinen kosteudenpoistaja. Kun pakkaset saapuivat ja sisäilma alkoi kuivumaan, jätettiin kosteudenpoistaja pois. Rakennus pidettiin lämpimänä koko talven ajan. Kosteudenpoistoa jatkettiin keväällä 2018 sisäseinien kalkkirappauksen jälkeen. Yllättäen laite on poistanut tehokkaimmin kosteutta loppukesällä 2018, joten seinissä on ylimääräistä kosteutta vielä vuoden kuluttua valusta.

Rakenteissa ei ole havaittu jäätyksen aiheuttamia vaurioita. Kuivuminen jatkui kevään edetessä, joskin prosessi on ollut hidasta.



Syyskuussa 2018 havaittiin, että tuulensuojalevyn pinta oli edelleen kostea ja se tuli poistaa. Levy oli hidastanut kosteuden poistumista ulos.

Kutistumia tai halkeamia on havaittu muutamissa kohdissa. Ruiskuvalukerroksen ja käsinvalukerroksen väliin tuli halkeama, joka johtui selvästi niissä olevista erilaisista sidosaineista sekä työstötavasta. Kutistumista tai rungosta irti olevia kohtia oli paikoissa, jonne massan asentaminen oli hankalampaa. Isompia rakoja on mahdollista paikata uudella massalla tai hammppukuidulla.

## KOSTEUSVAURIOITA

Kosteasta syksystä johtuen pahimmin ja pisimpään kosteana pysyvään ulkonurkkaan ilmaantui aivan pintakerrokseen mustaa kasvustoa. Myös kynnyksen alle tuli homekasvustoa, kun kynnystä suojannut muoviesti tuulettumisen. Muovin ja vaurion poiston jälkeen uutta kasvustoa ei enää ilmaantunut.

Seiniin tehtyjen koeporausten mukaan, näkyviä haittoja ei havaittu rakenteen sisällä, mutta koemielessä asennetun tuulensuojalevyn ja rakenteen välissä havaittiin sekä kosteutta, että samaa tummaa kasvustoa, mitä muodostui rakennuksen kosteana pysyvään ulkonurkkaan.



Hamppurakenteen ja tuulensuojalevyn väliin oli luultavasti jäänyt mikrobeja jo syksyllä 2017, kun levy asennettiin. Muutokset eivät olleet levinneet hammppurakenteeseen muutamaa millimetriä syvemmälle.



Testirakennuksen avulla saatiin hyvää kokemusta hamppurakentämisen vaiheista käytännössä.

## TESTIRAKENNUKSEN AVULLA OPITTUA

- Hyvä suunnittelu, riittävän väljä aikataulus, materiaalin tuntemus ja huolellinen rakennustiimi ovat onnistuneen hamppurakennus-hankkeen lähtökohtia.
- Varaa aikaa työvälineiden puhdistamiseen jokaisen työpäivän jälkeen.
- Seossuhde 3:1 on parempi kuin 4:1. Näin varmistetaan kalkin luoma yhtenäinen sidos ja suojataan orgaaninen aines.
- Pelkkä "ilmakalkki" ei riitä sidosaineeksi, tarvitaan hydraulinen lisäaine, tai osa kalkista on korvattava maksimissaan 25 % pitoisuudella hydraulisella materiaalilla.
- Ennen rakennusprojektiin ryhtymistä, tee aina koevaluja oikean seossuhteen ja käsittämisen saamiseksi materiaaliin, jos et käytä valmiita tuotteita.
- Rakennusprojektin aloittajan on hyvä käydä hamppurakentämiskurssi pätevän kouluttajan opastuksella, tai osallistua ensin johonkin toiseen työmaaprojektiin harjoituksen saamiseksi.
- Paikallaanvalua varten on varauduttava rakennuksen säänsuojaukseen kaikilla ulkopinnoilla, säänsuojan ja rakennuksen väliin on jätettävä reilu tuuletusala.
- Jos tavoitteena on yhtenäinen valu lattiasta kattoon, kannattaa lattia ja kattorakenne suunnitella niin, että hampuu-kalkkiseos kattaa koko uloimman vaipan. Eristekerroksen sisäpuolella voidaan käyttää myös muuta kuitueristettä. Näin lyhennetään kuivumisaikaa ja saadaan eristävyttä pienemmällä kerrospaksuudella.

- Paksuja seiniä paikallaanvalettaessa on varauduttava pitkään kuivatusaikaan. Ulkoseinä tulisi jättää pinnoittamatta niin pitkään kuin mahdollista, mielellään vasta seuraavana kesänä, jotta rakenteet pääsevät kuivumaan ulospäin. Ohuempia seiniä ja restaurointikohteita on helpompi toteuttaa paikallaanvaluna.
- 300 x 300 x 150 mm koepalikoiden kuivumisaika ulkona kosteassa kesässä on kestänyt 2 kuukautta.
- Orgaanisena materiaalina hampukalkkirakenne on mahdollista saada homehtumaan. Ulkopuolisen kosteuden aiheuttaja tulee poistaa tai huolehtia, että rakennusaikainen kosteus pääsee poistumaan ilman esteitä.
- Kaikki vauriokohdat on mahdollista korjata poistamalla ne ja työstämällä pinnat uudestaan.



Yhdessä nurkassa, jossa oli käytetty erilaisia sidosaineita testimielessä, kosteus vaikutti haihtuvan hitaammin pois rakenteesta. Epäkelpot kohdat poistettiin ja paikattiin toimivalla seoksella.



*Vaikka rakenteissa oli jäljellä kosteutta pakkasten saavuttua, ei hammppurakenteissa havaittu jäätyminen aiheuttamia vaurioita. Kuivumisprosessi jatkui kevään tultua.*

## KEHITTÄMISKOHTTEITA

### MUOTITUS

Muotitus on aikaa vievää. Työmaalla leikattavat muotivanerit voisi olla korvattavissa muulla kevyemmällä ja/tai kestävämmällä materiaalilla. Myös uudenlaisten muottien kiinnitystapojen kehittäminen nopeuttaisi rakentamista. Ulkomailta on saatavilla valmiita toimivia muottiratkaisuja.

### HARKOT JA ELEMENTIT

Suomessa kannattaa kehittää harkko- ja elementti tuotteet kosteudenhallinnan vuoksi. Kehittämisen arvoista on rakennustapa, jossa sisäpuolelle muurataan hammppuharkot ja ulkopuoli paikallaanvaletaan yhtenäisen vaipan muodostamiseksi. Tällöin kuivumisaika lyhenee ja sisällä päästään jatkamaan töitä nopeammin.



*Harkkojen ja elementtien kehittäminen mahdollistaa ympärivuotisen rakentamisen. Materiaalin hyödyksi tulee sen keveys. Kuva opiskelijan kehittämistä harkkoprototaista.*

## LOGISTIIKKA

Massan kuljetus sekoittimelta muotteihin tapahtuu vielä toistaiseksi käsiparein. Kuljettimen kehittäminen nopeuttaisi työtä olennaisesti.

### KUIVUMISEN HALLINTA

Hamppu-kalkkirakenteen kuivumisen hallinta vaatii ymmärrystä. Pinnat eivät saa kuivua liian nopeasti, jotta ne eivät estä kosteuden poistumista syvemmältä rakenteesta. Yksi kokeiltava teoria on laittaa yksi kerros kalkkirappausta tuoreen seinän pintaan. Rappaus voi auttaa kosteuden poistumista syvemmältä pitämällä pinnan huokoset auki.

Kalkki tarvitsee vettä reagoimiseen: optimaalinen ilmankosteus kalkin reagoimiselle on 60 %.

### KOSTEUDEN MITTAUS

Hamppu-kalkkirakenteelle tarvitaan oma kalibrointi. Suhteellista ilmankosteutta mittaavat laitteet eivät anna oikeaa kuvaa tai voi johtaa virheelliseen tulkintaan.



*Ulkomailla kiinnitykset tehdään suoraan hammppurakenteeseen. Testitalossa laudoitus kiinnitettiin runkoon.*



***HAMPPUTALON ELINKAARI  
OSANA KIERTOTALOUTTA***



# HAMPPUTALON ELINKAARI OSANA KIERTOTALOUTTA

**Rakeneratkaisuja hampusta**

**TESTAAMME TÄLLÄ PELLOLLA, MITEN HAMPPU-KALKKI-RAKENNE MAATUU PELTOON ja onko sillä savimaan rakenteeseen positiivisia vaikutuksia.**

Rakeneratkaisuja hampusta -hankkeen tavoitteena on edistää hampukalkki-rakenteen yleistymistä varti-eräetettäväksi vaihtoehtoksi rakentamisessa sen energiatehokkuuden ja ekologisuuden vuoksi.

Materiaalin maatumismäärittelyllä saadaan tietoa pellolta ja kaivoksista saadun materiaalin kierrätettävyydestä takaisin peltoon lannoitteeksi jolloin rakenteesta ei missään sen elinkaaren aikana syntyisi jätettä.

HANKKEEN KOKONAISBUDJETTI ON 100 595 €

HANKE TOTEUTETAAN AJALLA 1.6.2017 - 30.9.2018

Yhteystiedot: Noora Norokytö / 040 355 0900 / noora.norokytö@turkuamk.fi  
<http://rakennetaanhampusta.turkuamk.fi>

**TURKU AMK**  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Vipuvoimaa EU:lta**  
2014-2020

Osana hankkeen toimenpiteitä tehtiin maatumiskokeita Livian maaseutuopiston Tuorlan yksikön maapalstalla.

Suomessa lähes viidesosa kaikesta syntyvästä jätteestä tulee rakennusteollisuudesta, joko itse rakentamisessa tai viimeistään purkuvaiheessa. Sitran raportin mukaan jopa 15 % rakennusmateriaaleista menee jätteeksi jo rakennusaikana. Rakennusteollisuudella on jo taloudelliset syyt minimoida jätteen määrää, sillä jätteen käsittelykulut voivat olla huomattavat. Kiertotaloudessa resurssit säilytetään silloinkin, kun tuote on käyttökänsä päässä, joten hampputalo on ihanteellinen ratkaisu.



Hampputalon elinkaari voidaan suunnitella kestämään vähintään sata vuotta. Sen rakentamisessa ei synny jätettä ja se on myös purkuvaiheessa täysin kierrätettävissä. Hampun viljely sitoo hiilidioksidia ensin kasviin, ja sitoutuminen rakenteessa jatkuu vielä vuosia kalkin karbonatisoituaessa. Talot toimivat siis hiilinieluinä. Lisäksi kuljetuskustannukset, sekä euroina että hiilidioksidipäästöinä, saadaan minimoitua, kun materiaali on saatavissa kotimaisena.

Hamppu on hyvä kasvi viljelykiertoon. Sen viljelyssä ei käytetä torjunta-aineita ja se lisää eloperäisen aineksen määrää maaperässä. Myös voimakas paalujuuri kuohkeuttaa maata. Kun keskikokoisen omakotitalon rakentamiseen hampusta tarvitaan noin yhden hehtaarin hamppusato, se voidaan rakennuksen elinkaaren päässä palauttaa murskattuna takaisin peltoon. Hamppu toimii orgaanisena aineena edelleen maanparantajana, ja kalkki nostaa maan pH:ta viljelykasveille suotuisaan suuntaan.

Kalkitus on maataloudessa normaali toimenpide, jolla maan kasvukunnosta huolehditaan. Suomen maaperä on luontaisesti liian hapan monille viljelykasveille, jolloin maata kalkitsemalla pH-luku voidaan nostaa tarvittavalle tasolle. Kalkitussa maassa kasvit pystyvät käyttämään annetun ravinteet paremmin hyödyksi. Useimmat viljelykasvit viihtyvät lievästi happamassa maassa, jonka pH on 6-6,5. PH:n ollessa liian matala myös maan mikrobisto kärsii. Muun muassa lierot viihtyvät parhaiten lähes neutraalissa maassa.





## MAATUMISKOKEET

### KOE 1

- Kesällä 2016 tehtyjä hamppu-kalkkielementtejä murskattiin Livian maaseutuopiston Tuorlan yksikössä ja levitettiin koepalstalle kesäkuun alussa 2017.
- Palsta äestettiin lautasäkeellä levittämisen jälkeen.
- Kesän aikana palstalla ei kasvanut mitään rikkaruohoja lukuun ottamatta.
- Syksyllä pelto kynnettiin ja keväällä taas äestettiin ja palstalle kylvettiin viljaa.
- Kahden kesän jälkeen silmämääräisesti tarkasteltuna päistärettä ei enää erottanut maasta.
- Maanäytteestä pH-liuskoilla mitattu näyte kertoi, ettei maan pH ollut laskenut.

### KOE 2

- Koemielessä kooltaan 600 x 500 x 120 mm:n hamppu-kalkkielementin palanen upotettiin kukkapenkkiin kesällä 2016.
- Kahden kasvukauden jälkeen harkko oli edelleen kasassa, mutta pehmennyt.
- Materiaalista tehtyjä harkkoja voisi ajatella käytettävän esimerkiksi tilapäiseen maanalaiseen tuentaan.

## MATERIAALISELOSTE

Kiertotaloudessa materiaalit ja tuotteet kiertävät. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuotteisiin ei lisätä aineita, jotka estävät niiden kierrättämisen tuotteiden elinkaaren lopussa.

Euroopassa on hamppurakentamisen sideaineina käytössä joitain tuotemerkkejä, joissa kalkkasideeineeseen on lisätty jopa 25 % sementtiä. Asiaa voidaan lähestyä kahdelta näkökulmalta; toisaalta sementin lisäys estää rakennusmateriaalin uudelleenhyödyntämisen maataloudessa, mutta toisaalta se silti vähentää rakentamisen hiilidioksidipäästöjä verrattuna siihen, jos koko talo oltaisiin tehty betonista.

Hamppurakentaminen ilman sementtiä on kuitenkin mahdollista luonnon hydraulisten lisäaineiden kanssa. Talosta on hyvä olla olemassa 'tuoteseloste', jotta materiaalien alkuperä voidaan tiedostaa.

Suomi on sitoutunut vähentämään hiilipäästöjä osana eurooppalaista energia- ja ilmastopolitiikkaa. Suunnittelun merkitystä ei voi korostaa liikaa. Rakentajien ja suunnittelijoiden tietämyksen lisääminen uusista vaihtoehdoista on tärkeää rakentamisen ympäristövaikutusten vähentämisessä. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaan kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergialuokkaa vuoden 2020 jälkeen.

Hamppurakentamisella voidaan vastata tähän haasteeseen. Materiaali puskuroi lämpötilan vaihteluja. Talvella se varastoi lämpöä, joten voidaan säästää lämmityskustannuksissa. Kesällä se pysyy viileänä, eikä erillistä jäähdystystä tarvita.

Hamppurakentamisen hyödyt osana kokonaisvaltaista asumista nyt ja tulevaisuudessa ovat merkittävät. Hampputalo voidaan toteuttaa 100-pro-

senttisesti luonnon omilla raaka-aineilla, ilman muoveja ja haitallisia kemikaaleja. Rakenne on hiilineutraali, sen ominaisuudet eristävänä ja lämpöä varaavana materiaalina vähentävät sekä rakennusten energiankulutusta että rakennusmateriaalien tuotannosta johtuvaa energiankulutusta. Lisäksi rakenteen hengittävyys parantaa rakennusten sisäilman laatua.



*Kahden kasvukauden jälkeen hamppu-kalkki murskeen levittämisestä, päistärestä ei näkynyt enää merkittäviä jälkiä maassa.*

## VALTIONEUVOSTON PÄÄTÖS RAKENNUSJÄTTEISTÄ 295/1997

- Päätöteuttajan on muiden osapuolten kanssa suunniteltava ja toteutettava rakentamisen siten, että
  - jätettä syntyy mahdollisimman vähän
  - kaikki käyttökelpoinen tavara otetaan talteen ja käytetään uudelleen mahdollisuuksien mukaan
  - rakennusaineita käytetään säästeliäästi ja käytetään kierrätysmateriaalia uusien tarvikkeiden sijasta
  - jätteistä ei aiheudu vaaraa eikä haittaa ympäristölle tai terveydelle.

# KIRJALLISUUTTA, TUTKIMUKSIA JA LINKKEJÄ

## KIRJALLISUUTTA

Allin, S. 2012. Building with hemp. Kenmare; Seed Press.

Stanwix, W.; Sparrow, A. 2014. The Hempcrete book. Designing and building with hemp-lime. Cambridge: Green books.

## TUTKIMUKSIA

Ahlberg, J; Georges, E. & Norlén, M. 2014. The potential of hemp buildings in different climates. A comparison between a common passive house and the hempcrete building system. Uppsala Universitet. Examenarbete 15 hp. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:722306/FULLTEXT01.pdf>

Arrigoni, A.; Pelosato, P.; Melià, P.; Ruggieri, G.; Sabbadini, S. & Dotelli, G. 2017. Life cycle assessment of natural building materials: the role of carbonation, mixture components and transport in the environmental impacts of hempcrete blocks. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617303876>

Daly, P.; Ronchetti, P. & Woolley, T. 2009. Hemp Lime Bio-composite as a Building Material in Irish Construction. <http://www.equilibrium-bioedilizia.it/sites/default/files/allegati/Hemp%20Lime%20Bio-composite%20as%20a%20Building%20Material%20in%20Irish%20Construction.pdf>

Mazhound, B.; Collet, F.; Pretot, S. & Lanos, C. 2017. Mechanical properties of hemp-clay and hemp stabilized clay composites. Construction and Building

Materials Volume 155, 30 November 2017, Pages 1126-1137. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817317282>

Sinka, M; Radina, L.; Sahmenko, G.; Korjakins, A. & Bajare, D. 2018. Enhancements of lime-hemp concrete properties using different manufacturing technologies. [https://www.researchgate.net/publication/293927078\\_ENHANCEMENT\\_OF\\_LIME-HEMP\\_CONCRETE\\_PROPERTIES\\_USING\\_DIFFERENT\\_MANUFACTURING\\_TECHNOLOGIES](https://www.researchgate.net/publication/293927078_ENHANCEMENT_OF_LIME-HEMP_CONCRETE_PROPERTIES_USING_DIFFERENT_MANUFACTURING_TECHNOLOGIES)

Sitra. 2018. Material economics. A Powerful Force for Climate Mitigation, Transformative innovation for prosperous and low-carbon industry. <https://media.sitra.fi/2018/06/12132041/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation.pdf>

Strandberg, P. Tutkimuksia 2008-2014. mm. Material properties and Full-Scale Rain Exposure of Lime-Hemp Concrete Walls. Measurements and simulations. <http://www.lunduniversity.lu.se/lucat/user/df000023b6c79b6467b330e5b8e63a53>

Sutton, A.; Black, D. & Walker, P. 2011. Hemp Lime. An introduction to low-impact building materials. Information paper IP14/11.2011. [http://www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/projects/low\\_impact\\_materials/IP14\\_11.pdf](http://www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/projects/low_impact_materials/IP14_11.pdf)

Walker, R. & Pavía, S. 2013. Moisture transfer and thermal properties of hemp-lime concretes. Construction and Building Materials. Volume 64, 14 August 2014, Pages 270-276. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061814003985>

## SUOMALAISIA OPINNÄYTETÖITÄ

Lahtinen, A. 2014. Hamppubetoni rakennusmateriaalina. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77665/Antti\\_Lahtinen.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77665/Antti_Lahtinen.pdf?sequence=1)

Miinin, J. & Nuutinen, T. 2014. Hamppu-kalkkikomposiitin valmistus suomalaisista raaka-aineista ja sen kosteustekninen toiminta seinärakenteena. Karelia-ammattikorkeakoulu. <https://theseus.fi/handle/10024/75325>

Komsi, J. 2018. Thermal Properties of Hempcrete, a Case Study. Metropolia ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/handle/10024/6/browse?type=author&value=Komsi%2C+Jere>

Ollonen, S. 2018. Hamppu-kalkkikomposiitti suomalaisessa korjausrakentamisessa. Turun ammattikorkeakoulu.

## MUITA ARTIKKELEITA JA LINKKEJÄ

Le prompt Vicat . Hemp solutions. Application guide. Concrete and hemp mortars. <http://cornishlime.co.uk/wp/wp-content/uploads/Hemp-and-Prompt-Solutions.pdf>

Museoviraston korjauskortisto nro 22. Kalkkirappauksen korjaus. 2001. Vantaa. Tummavuoren kirjapaino Oy. <https://www.museovirasto.fi/uploads/Meista/Julkaisut/korjauskortti-22.pdf>

Singh, M; Divija Mamania & Vasant Shinde. The scope of hemp (Cannabis sativa L.) use in Historical conservation India. Indian Journal of Traditional Knowledge Vol. 17(2), April 2018, pp. 314-321. [https://www.researchgate.net/publication/323265168\\_The\\_scope\\_of\\_hemp\\_Cannabis\\_sativa\\_L\\_use\\_in\\_Historical\\_conservation\\_in\\_India](https://www.researchgate.net/publication/323265168_The_scope_of_hemp_Cannabis_sativa_L_use_in_Historical_conservation_in_India)

Clarke, R. Hemp Museum Tour of Nagano Prefecture, Japan. Journal of Industrial hemp. April 2006. [https://www.researchgate.net/publication/232842791\\_Hemp\\_Museum\\_Tour\\_of\\_Nagano\\_Prefecture\\_Japan](https://www.researchgate.net/publication/232842791_Hemp_Museum_Tour_of_Nagano_Prefecture_Japan)

©BC architects & studies  
<http://studies.bc-as.org/following/studies.bc-as.org/Hempcrete-workshop-Edegghem>

Highland Hemphouse  
<http://www.highlandhemphouse.com/>

International Hemp Building Association. 2016. The Best Practice Guide. <https://internationalhempbuilding.org/hemp-building-best-practice-guide-2/> (ladattavissa IHBA:n jäsenille).

International Hemp Building Association. <https://internationalhempbuilding.org/>

**Hampputalo** tuo esille perustietoa hamppurakentamisesta, joka on Suomessa vielä uutta. Hampputalon pohjana toimii tekijöiden käytännön kokemus sekä karttunut tieto ulkomaisilta verkostoilta ja tutkimuksista vuosien ajalta.

Ilmastohaaste edellyttää rakennusmateriaalien kehittämistä hiilineutraalimpaan suuntaan. Samalla parannetaan energiatehokkuutta koko elinkaaren ajalla ja myös kiertotalouden periaatteet saadaan toteutumaan asukashyvintia unohtamatta. Euroopassa hamppumateriaalista valmistetaan omakotitalojen lisäksi isoja kaupallisia kohteita, kuten kerrostaloja ja teollisuusrakennuksia. Hamppurakentamisen suosio kasvaa eri mantereilla ja se on täysin varteen otettava vaihtoehto myös Suomessa.

Hampputalo sisältää tietoa suunnittelutyön pohjaksi ja työmaalla toimimiseen. Siinä on kuvattu myös rakentamisprosessin eri vaiheet ja kiertotalouden toteutuminen materiaalin suhteen.