

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2023

Kalevi Mannermaa

Polttamattoman saven käyttö rakentamisessa



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2023 | 50

Kalevi Mannermaa

Polttamattoman saven käyttö rakentamisessa

Savirakentaminen on kautta aikojen harjoitettu tapa muodostaa maaperästä turvallinen suoja ympäristön elementeiltä. Vanha perinne on usein ollut unohduksen partaalla. Ajoittain ja satunnaisesti savirakentaminen esiintyvyys nousee muiden luonnonvarojen poistuessa valikoimasta. Savituotteiden, eli polttamattomien savimateriaalien kehittäminen helposti mukautettavaksi on kannattavaa. Tätä käytäntöä ei ole esiintynyt laaja-alaisesti. Savirakentaminen on jäänyt käsityöksi monessa maailmankolkassa. Kehitys on kohdistettu muihin rakennusmenetelmiin. Mahdollisuus savirakentamiseen on hitaasti nousussa Suomessa. Polttamattoman saven saanti Suomen markkinoilta verrattuna runsaspitoisen savimäärään on kyseenalainen.

Opinnäytetyö esittelee savirakentamista maailmalla ja miten savimateriaalit soveltuisivat nykyisen Suomen rakentamiseen. Luonnonvarojen säästäminen ja kestävä käyttö tulisi olla Suomen yksi asiaa edistävä tekijä.

Tulevaisuus on kytköksissä tämänhetkisiin päätöksiin ja toimenpiteisiin. Savimateriaali kestäväenä kiertotalouden kandinaattina on monelle vielä uusi asia, mutta tämä aikojen saatossa kerääntynyt aines odottaa potentiaalia päästä osaksi talojen seiniin.

Opinnäytteen teksti antaa lukijalle yksinkertaisen esittelyn tietokokoelman, mitä savirakentaminen on ja mitä tulevaisuuden mahdollisuuksia sen käyttöönotossa piilee.

Bachelor's / Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

energy and environmental engineering

2023 | 50

Kalevi Mannermaa

Use of unburnt clay in construction

Clay construction is a time-honoured way of making soil safe from the elements. The old tradition has often been on the verge of oblivion. From time to time, and occasionally, the prevalence of earthworks rises as other natural resources disappear. The development of clay products, i.e., - non-fired clay materials that are easily adaptable, is profitable. This practice has not occurred on a large scale. Clay construction has remained a craft in many parts of the world. Development has been directed towards other construction methods. The potential for clay construction is slowly emerging in Finland. The availability of unburnt clay on the Finnish market is questionable compared to the abundant supply of rich clay.

In this thesis, clay construction around the world and how clay materials could be suitable for today's Finnish construction are presented. Saving and sustainable use of natural resources should be one of the factors that Finland should promote.

The future is linked to current decisions and measures. Clay as a sustainable circular material is still new to many, but this material, which has accumulated over time, has the potential to become a building material the walls of houses.

The thesis provides the reader with a simple introduction into a collection of information on what clay construction is and the future potential of its use.

Sisällys

1 JOHDANTO	7
2 SAVIRAKENTAMINEN	8
2.1 Pohjoisen ilmastoon soveltuva savirakennus	9
2.1.1 Saven käyttö rakentamiseen maailmalla	11
2.1.2 Shibam, Kaupunki Jemenissä	11
2.1.3 Morokon Kasbah, Saharan arabikauppalinnoitus	12
2.1.4 Vanhat savirakenteet Suomessa	14
2.1.5 Perinteiset kylätalot Saksassa	15
2.2 Keski-Euroopan rakennuskulttuuri	16
2.3 Saven ominaisuudet	19
2.4 Kevytsavimateriaalin ominaisuuksia	22
2.5 Saven esiintyvyys Suomessa	25
3 SUOMEN RAKENNUSKÄYTÄNNÖT	27
3.1 Tiilitalojen saneeraus syyt	27
3.2 Pohjanvahvistusmenetelmät Suomessa	29
3.3 Savimaamassojen käsittely Suomessa	30
3.4 Rakennussaven tuonti Suomeen	31
4 RAAKASAVEN SAANTI TIILITEHTAILTA	33
4.1 Wienerberger Oy	35
4.2 Raikkonen Oy	36
4.3 Tiilerin jauhosavi	36
5 KIERTOTALOUS	38
5.1 Saveen suhtautuminen rakennusmateriaalina	38
5.2 Saven otto kiertotalouteen	39
6 OMATOIMIRAKENTAMINEN	40
7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	45

kuvat

Kuva 1. Ruokomaton käyttö savi-puumassaeristyksen kanssa (Westermarck;ym., 1998 s. 34).....	10
Kuva 2. Yemen: The Ancient “Manhattan of the Desert” (Cultureroadtravel, 2023).....	12
Kuva 3. Kasbah muurit (Vista Crate).....	13
Kuva 4. Savirakennukset Kasbah (Vista Crate).....	13
Kuva 5.Krouvinmäen rakennus (Strömforsin Yrityspuisto Oy, 2023).....	14
Kuva 6.Quedlinburg (harzbahn).....	15
Kuva 7. Savi hiukkaset (Aalto-yliopisto, 2023).....	19
Kuva 8. Maa-aines koot (Raision seudun koulutus kuntayhtymä, 2014).....	20
Kuva 9. keskimääräinen suomalaisen saven kemiallinen koostumus (Volhard;ym., 1994 s. 27).....	22
Kuva 10. Saven ja oljen välinen tiheys osuus (Volhard;ym., 1994 s. 50).....	24
Kuva 11.Suomen savi (Salonen;ym., 2002 s. 151).....	25
Kuva 12.Riittämätön liitos ulkoseinien (a ja b) välillä johtaa ulkoseinän (c) irtoamiseen toisistaan, mikä johtaa joko kantavan seinän osittaiseen tai täydelliseen sortumiseen (d). (ResearchGate, 2023).....	28
Kuva 13. Savirakennuksen tulostus 3DWASP:in nosturitulostimella (Westermarck;ym., 2023 s. 62).....	32
Kuva 14. Turun tuomiokirkko.....	34
Kuva 15.Tiiliharkot (Wienerberger).....	35
Kuva 16. Seppälän savijauho laastitöihin (Tiileri, 2023).....	37
Kuva 17. Hallirakennus rakennettu pääosin savesta, oljesta ja puusta (Saviyhdistys, 2010).....	41
Kuva 18. Hallin suurseinät ovat savirapattu (Saviyhdistys, 2010).....	42
Kuva 19. Pölkky savirakennus savusauna (Urpolan Kartano).....	43

Kuva 20. Ulkoseinärakenne muodostuu kolmesta materiaalista: rappaus, puupölkky- ja sahanpuruseoksesta (Westermarck;ym., 1998).....44

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on selvittää polttamattoman saven saantia rakentamiseen Suomessa. Kestävä kehitys ja luonnonmukainen rakentaminen on huomion keskipiste. Työskentelyssä pääasiallinen tavoite on etsiä tietoa savea käyttävästä tiilitehtaiden tuntijoilta, rakennus- ja maanrakentamisen asiantuntijoilta, savirakentamisen koulutusmahdollisuuksia ja olemassa olevaan kirjallisuuteen.

Opinnäytetyö esittelee savirakentamista menneiltä ajoilta, miten se näkyy tänä päivänä, saven ominaisuuksia, Suomen tilannetta saven hyödyntämisessä sekä tiiliteollisuuden käytäntöjä ja ajatuksia tämän hetkisestä tilanteesta.

Tiilimateriaalia ei kuitenkaan luokitella tässä teoksessa savimateriaaliksi sen ollessa poltetu maa-aines ja jalostettu lujaksi harkkotuoteksi.

Savirakentamisella tarkoitetaan nimenomaan polttamattomia savituotteita, joiden kovettuminen painottuu ilmakeivumiseen. Opinnäytetyö koettaa avata myös kiertotalouden ja omatoimirakentamisen mahdollisuuksia.

Aiheen valinta perustuu pienen askeleen ottamiseen kohti mahdollista savirakentamisen yleistymisestä pohjolan olosuhteissa. Tekstissä esitellään jo käytössä oleviin savirakennustaktiikoihin, jotka soveltuisivat parhaiten Suomen ilmastoon. Kirjoituksessa on myös pyrkimys kyseenalaistaa tämän hetken käsityksiä ja mieltymyksiä rakennuskäytännöissä. Yksinkertaisia ratkaisuja savirakentamisen edistämiseen ei tullut esiin. Tiedon saatavuus voi olla vanhentunutta, mutta toisaalta savirakentaminen on tuhansia vuosia vanha perinne. Päädyin tähän työhön saadakseni ratkaisun kirjalliseen muotoon ja esitelläkseni polttamattoman saven potentiaalia uusiomateriaalina. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuoda lukijalle enemmän ymmärrystä savirakentamiseen ja pohja mielipiteiden muodostamiseen.

2 SAVIRAKENTAMINEN

Savirakentamisella tarkoitetaan polttamatonta savimateriaalin käyttöä, jonka kovettuminen ei vaadi suuria lämpötiloja, toisin kuin tiilellä ja kevytsoralla. Plastisen savimateriaalin käsittelyssä keskeiset edut ovat ekologisuus ja monimuotoisuus. Savirakentaminen on vanha koettu ja hyvin yleinen rakennustapa ympäri maailman. Savea esiintyy runsaasti Suomen alueella. Savirakennukset ovat hengittäviä ja tasaavat sisäilman kosteusvaihteluita. Savi ja savirappaus ovat luonnostaan paloturvallista ilman haitallisia kemikaaleja. Savi on kestävä, hoidettuina savirakennukset kestävät jopa tuhansia vuosia. (Saviyhdistys; Ranki, Teuvo, 2023).

Usein monella mielikuva savesta on sen helposti hajoava, alkeellinen ja epäluotettava rakennusmateriaali modernimman rakentamisen keskuudessa. Savi on ns. varattomien ja huonojen aikojen rakennusaine. Kuitenkin konflikti- ja kriisialueilla kautta historian on turvauduttu rakennusmateriaalien niukkuudesta paikallisen maaston antamiin resursseihin rakentaa, ja savi on osoittautunut pika-rakentamisessa helposti työstettäväksi materiaaliksi. Esimerkiksi Saksassa maailmansotien jälkeisessä rakentamisessa käytettiin savea edullisten ja kohtuullisten arkkitehtuuriratkaisujen toteutukseen uusien rakennuksien rakentamiseen. Pian talouden palauduttua takaisin vakaaksi siirryttiin pois savirakentamisesta kohti teollisesti tuotettujen materiaaleja kuten tiili ja betoni. Tämän vuoksi savea rakennusmateriaalina ei ole kehitetty enempää, ja Euroopassa perinne savirakentamisessa on katkennut. Syitä on kaksi: Saven kuivuminen valurakentamistaktikoissa vie aikaa ja vaatii tietynmukaiset lämpimät olosuhteet. Toiseksi ulkoseinän pinnoitus esimerkiksi Suomen olosuhteissa on haasteellinen märkien sekä pakkaskelien takia. Nämä seikat rajoittavat ymmärrettävästi uudisrakentamista, ja nykyajan urbaanialueiden tahdikkaita aikamääreitä. Jotta savirakentaminen pystyisi kilpailemaan muiden rakennusmateriaalien kanssa, on sen kehityttävä asiakkaiden vaatimusten

tasolle. Vanhat maaseudun rakennustaktiikat ristikkotalojen rakentamiseen katsotaan liian paljon aikaa vieviksi. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 6.)

Toisaalta Japanissa katsotaan, että savi rakennusmateriaalina täyttää korkeimmatkin ilmastolliset ja esteettiset vaatimukset. Siellä rakennetaan yhä ylellisiä rakennuksia kuten kalliita omakotitaloja, teetaloja ja perinteisiä ravintoloita savesta ja puusta. Japanissa arvostetaan korkealaatuisen, taiteellisen, taitavasti tehdyn ja aikaa kestävä seinäpinnan luomista savirakennukseen. Savi on plastinen materiaali, josta muodostuu tasainen, stukkoseinän kaltainen seinä. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 6.) Ylimpiin savikerrospintoihin käytetään hyvin hienoa, huolellisesti muokattua savea, johon sekoitetaan hienointa, millimetrinpituisia olkikuitua, liuotettua paperia tai hyvin hienoa hiekkaa. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 6.)

Näin pintakerroksesta saadaan erittäin luja ja halkeamaton. Paloturvallisuuden parantamiseksi puuosat päällystetään savikerroksella, joka kiinnitetään alustaan narusidoksin. Hyvin tehty perinteinen savirakennus vie aikansa jopa muutamia vuosia, mutta lopputulos voi kestää jopa pari sataa vuotta. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 7.) Japanissa arvostetaan käsityökulttuuria, ja satojen vuosien tapa on säilynyt vahvana, toisin kuin Euroopassa. Kuitenkin tämäkin käsityötaito saattaa kadota väestön vanhetessa. Ratkaisukehitystä ympäristöystävällisempään arkkitehtuuriin voi löytyä ihmiskunnan historiasta. Käytännössä on todettu, että oikein rakennettu savirakennus ympäristöä huomioiden tulee olemaan yksi ajankohtainen vaihtoehto kestävä kehityksen ja rakentamisen aikakaudella.

2.1 Pohjoisen ilmastoon soveltuva savirakennus

Arkkitehti- ja diplomi-insinööri Franz Volhard on tutkinut savirakentamisesta soveltamalla kevytsavitekniikoita painottavan täyteaineen kuten oljen, ruo'on, puuhakkeen tai muun kuivan orgaanisen materiaalin lisäämistä saveen. Näin saadaan ominaisuuksia savirakenteisiin, jotka soveltuvat myös eurooppalaisiin rakennusdirektiiviin. (Volhard & Westermarck, 1994.)

Kevytsavella tarkoitetaan rakennusmateriaalia, jossa nestemäiseen saveen on sekoitettu sopivaa täyteainetta, esim. olkea. Materiaalissa yhdistyvät saveen hyvät ominaisuudet lämmöneristykseen ja yksinkertaiseen työstettävyyteen. Kuivan kevytsaven paino on halutun koostumuksen mukaan 300–1200 kg/m³. (Saviyhdistys; Ranki, Teuvo, 2023.) Kevytsavimassa voidaan valaa kantavan puurungon väliin tai siitä voi valmistaa erilaisia harkkoja tai elementtejä, joita käytetään rakentamiseen niiden kuivuttua. Lämmöneristys riippuu saveen ja oljen suhteesta: 450 kg/m³ painavalla 400 mm paksulla seinärakenteella saavutetaan U-arvo, 0,28 W/m³ K. (Saviyhdistys; Ranki, Teuvo, 2023.)



Kuva 1. Ruokomaton käyttö savi-puumassaeristuksen kanssa (Westermarck, Heuru & Bengt, Luonnonmukaiset rakennusaineet, 1998, s. 34)

2.1.1 Saven käyttö rakentamiseen maailmalla

Maailmalla on hyödynnetty useita erilaisia maanperän muotoja asuntojen rakentamiseen. Mudasta savesta ja hiekasta tehdyt seinämuuraukset ja rappauslaastit ovat helposti muokattavia materiaaleja, jota on jo käytetty muinaisten korkeakulttuurien ajasta lähtien. Esittelyssä on muutama esimerkki rakennelmaa savirakentamisen menneisyydestä:

2.1.2 Shibam, Kaupunki Jemenissä

Shibam, joka on nykyään Unescon maailmanperintökohde, tunnetaan ainutlaatuisesta arkkitehtuuristaan. Kaikki Shibamin talot on tehty savitiilestä, ja noin 500 niistä on tornitaloja, jotka ovat 5–11-kerroksisia ja joissa on yksi tai kaksi huonetta jokaisessa kerroksessa. Vaikka Shibam on ollut olemassa arviolta 1700 vuotta, suurin osa kaupungin taloista on peräisin 1500-luvulta. Monet niistä on kuitenkin rakennettu uudelleen useita kertoja viime vuosisatojen aikana. Shibamia kutsutaan usein "maailman vanhimmaksi pilvenpiirtäjäkaupungiksi", ja se on yksi vanhimmista ja parhaista esimerkeistä vertikaalisen rakentamisen periaatteeseen perustuvasta kaupunkisuunnittelusta. Kaupungissa on joitakin maailman korkeimpia mutarakennuksia, joista osa on yli 30 metriä korkeita, mikä tekee niistä varhaisia kerrostaloja. Rakennusten suojaamiseksi sateelta ja eroosiolta seinät on huollettava säännöllisesti levittämällä uusi kerros mutaa. Rakennuksia

uhkaavat usein tuuli, sade ja lämpöeroosio, ja ne vaativat jatkuvaa huoltoa rakenteidensa säilyttämiseksi. (Wikipedia, 2023)



Kuva 2. Yemen: The Ancient “Manhattan of the Desert” (Cultureroadtravel, 2023)

2.1.3 Morokon Kasbah, Saharan arabikauppalinnoitus

Jo 1700-luvulla Saharan kauppareittien keskittymään rakennettiin maaperää hyödyntäen linnoitusrakenteita. Nykyiset rakennukset ovat 1800-luvun loppupuolelta Si Hammadi el Glaoui valtakauden ajalta lähtien pystytetty. (Getty, 2016.) Ksour- ja Kasbah-kohteet ovat merkittäviä esteettisten, sosiaalisten ja kulttuuristen arvojensa vuoksi ja todisteina Saharan eteläpuolisen alueen historiallisesta kehityksestä, mutta niitä uhkaa vanheneminen ja hylkääminen, mikä johtaa asteittaiseen rappeutumiseen ja lopulta romahtamiseen (Institute, 2016).



Kuva 3. Kasbah muurit (Vista Crate, ei pvm)

Nykyään Kasbah-kohteet ovat avoinna historiallisena nähtävyytenä ja paikallisen arkkitehtuuriperinnön konservointi- ja kunnostuskeskuksen ”Centre de conservation et de Rehabilitation du patrimoine architectural Atlasique et Subatlasique” (Cerkas) ylläpidossa. Rakennukset on tehty suurelta osin paalutetusta maasta ja mutatiilestä, mikä on yksi vaikuttavimmista ja parhaiten säilyneistä esimerkeistä maaperän hyödyntämisestä arkkitehtuurissa.



Kuva 4. Savirakennukset Kasbah (Vista Crate, ei pvm)

2.1.4 Vanhat savirakenteet Suomessa

Savirakentamista on esiintynyt myös Suomessa. Arkeologiset löydöt todistavat savea käytetyn Suomessa jo kivikautisten asumusten rakennusaineena (Ranki, 2007). Muinainen rakennustyyppi on savella vuorattu puurakenteinen kota, jonka risupunokset on toisinaan vuorattu savella. (Haalahti, 2020). Suomessa savella on perinteisesti rapattu hirsitalojen sisäseiniä, mutta keskieurooppalaista ristikkorakennetta savitäytteineen ei Suomessa ole löydetty. Varsinaisen savirakentamisen historia alkoi Suomessa niistä koerakennuksista, jotka pystytettiin arkkitehti F. Cointreauxin kirjoitusten perusteella 1800-luvun vaihteessa. Rakennustapa perustui kantaviin pääosin savesta ja hiekasta koostuviin massiivisaviseiniin, jotka rakennettiin lähes poikkeuksetta valutekniikalla. Mahdollisten suomalaisten kiertävien savirakentajien tietotaito on jo kuitenkin ehtinyt painua unohdukseen. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 9.)



Kuva 5. Krouvinmäen rakennus (Strömforsin Yrityspuisto Oy, 2023)

Savitalona tunnettu Krouvinmäen rakennus on vuodelta 1784. Krouvinmäki muutettiin ruukin työväen asuintiloiksi vuonna 1805, ja se kunnostettiin

majoitustilaksi Museoviraston valvonnassa vuonna 1991. Vuonna 2018 se siirtyi Loviisan kaupungilta yksityiseen omistukseen ja remontoitiin uudelleen.

(Strömforsin Yrityspuisto Oy, 2023)

2.1.5 Perinteiset kylätalot Saksassa

Historiallisesti ristikkorakenteiset talot rakennettiin Saksassa keskiajalla.

Ensimmäiset rakennukset ovat vuodelta 1347, ja ne sijaitsevat Saksassa Quedlinburgissa.



Kuva 6. Quedlinburg (harzbahn, ei pvm)

Paikalla on historiallinen merkitys arkkitehtuurisena monumenttina. (ibuilder, 2021) Savea käytetään kantamattomana, tyhjän tilan täyttöaineena. Sään vaihteluilta savityöt tulisi suojata kattorakenteella. Pohjoisten ilmastovyöhykkeiden sateiset kesät ovat vaikuttaneet tämän rakennustavan esiintymiseen laajasti. Kattokuormituksen siirtyminen seinätukiin edellyttää myös lisäturvallisuutta maanjäristysalueilla. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 10.)

2.2 Keski-Euroopan rakennuskulttuuri

Saksassa savirakentamisen historia perustuu pääasiassa ristikkorakentamiseen. Poikkeuksena ovat massiiviset savirakennukset, ja ne rajoittuvat yksittäisille alueille, tiettyihin aikakausiin myöhäiseen 1700-lukuun, sekä 1800-luvun puoliväliin ja maailmansotien jälkeisiin pula-aikoihin. Ristikkorakentaminen oli 1800-luvun loppuun asti tavanomainen. Monet syyt ja kehityssuuntaukset johtivat ristikkorakentamisen syrjäytymiseen:

- luonnonkiven ja tiilen yleistyminen.
- puuvarat vähenivät 1600-luvulta lähtien, ja ristikkorakentamiseen tarvittiin paljon puuta.
- palovaara riski puusta rakennetuista asunnoista. Tiheästi asutetut korttelit syttyivät helposti vahingon sattuessa.
- kivirakentaminen tyydyttää paremmin kestävä ja turvallisen rakentamisen tarvetta kuin helpommin tuhoutuva puu tai savi. (Volhard & Westermarck, 1994, ss. 14-15.)

Massiivisavirakentaminen palasi takaisin hetkellisesti 1700-luvun loppupuolella resurssien ollessa tiukoilla. Tiilenvalmistus johti kasvavaan puunkulutukseen. Mielekkyyssuuntaukset johtivat pois päin kivitaloista, niiden ollessa kalliita rakentaa ja ylläpitää lämpiminä. Ranskasta lähtöisin puristettu maa taktiikka nimeltään Pisé-rakentaminen, pääsi yleistymään. (Wikipedia, 2023.) Menetelmä muottipuristaa maaperää muuriksi suht nopealla tekniikalla, joka lupasi kestäviä, lämpimiä ja täysin tulenkestäviä asuntoja. Pisé-puristukseen perustuva savivalurakentaminen ei kuitenkaan saanut suursuosiota kilpailevien ja perinteisten rakennusmenetelmien joukossa. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 15.)

Pisé -rakentaminen vaatii myös sopivat sääolosuhteet. Tästä syystä tiilirakentaminen nopeampana rakennustapana syrjäytti massiivisavirakentamisen. Alkava teollistuminen oli kuitenkin varsinaisena

syynä sille, että savi- ja ristikkorakentaminen joutuivat unohduksiin 1800-luvun puolivälissä. Saksa kehittyi maatalousmaasta teollisuusmaaksi, ja maaseudun väestö siirtyi kaupunkeihin, missä savirakentaminen joutui syrjäytymään. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 15.)

Rakentaminen joutui noudattamaan uusia markkinatalouden sääntöjä, ja savirakennuksia ryhdyttiin pitämään vanhentuneina, primitiivisinä ja vaatimattomina. Asuntotuotanto muuttui valtavasti, ja sen tuomaan haasteeseen voitiin vastata vain uusien menetelmin. Savirakentaminen jäi käsityöksi, kun rakentaminen muuttui teolliseksi. Hiiliesiintymien käyttöönotto synnytti tiili- ja sementtitehtaita ja valimoita. Markkinoille esiintyi uusia materiaaleja ja osa rakennustöistä tapahtui tehtaissa tehokkaasti. Savi kelpasi kuitenkin vielä tiivistämiseen, permantoihin ja kattotäytteeksi. (Volhard & Westermarck, 1994.)

Rakennusmateriaalien tuottajat ja erityisesti kukoistava tiiliteollisuus sortuivat vääristelyyn yksipuolisilla väitteillä savirakenteiden. Kelvottomuudesta tämä johti siihen, että pankit kieltäytyivät lainoittamasta savirakentamista samoilla ehdoilla kuin muuta massiivirakentamista. Myös vakuutusyhtiöt hankaloittivat savirakentamisen etenemistä. Huonosti ja liian nopeasti tehdyt savirakennukset antoivat huonon, rakenteita rapistuvan maineen. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 16.)

Vasta ensimmäisen maailmansodan jälkeen omaksuttiin taas savirakentaminen, kun polttohiilen saannista riippuvaliset rakennusmateriaalit kävivät vähiin, kuljetusmahdollisuudet rajoituivat ja ammattitaitoisista rakennusmiehistä oli pulaa. Muutamassa vuodessa nousi yli 20 000 uutta savirakennusta etupäässä omatoimirakentamisena maaseudulle. Saksaan perustettiin toimikunta edistämään savirakentamista ” (Deutscher Ausschuss zur Förderung der Lehmbauweise)”. Perustettiin opetus- ja neuvontapaikkoja, ja savirakennustyöläisiä koulutettiin. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 17.)
Materiaalitestaukset – palo, paineenkestävyys- ja savikoe- vaikuttivat yleisesti

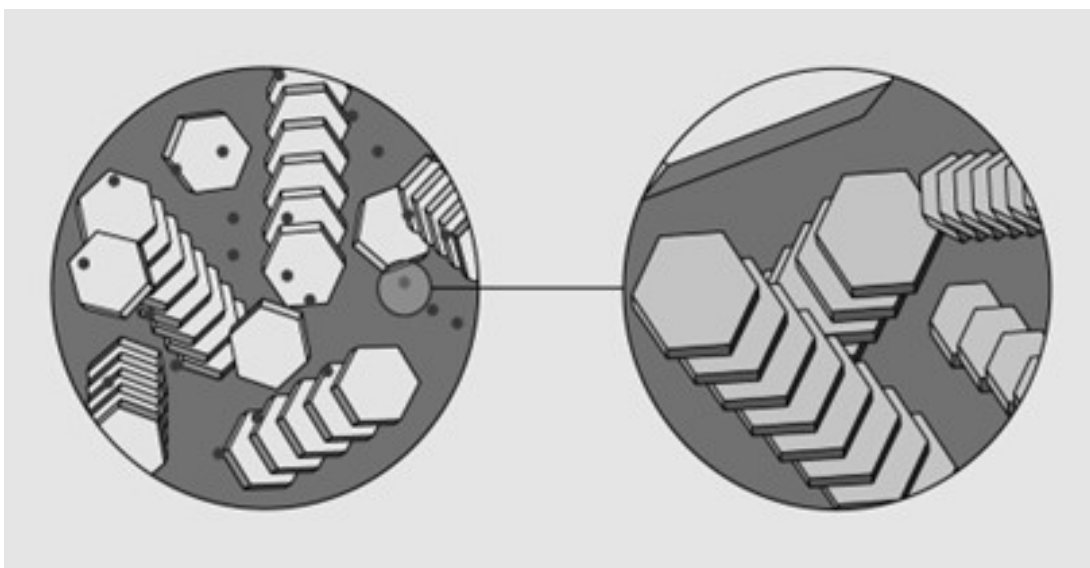
hyväksytyjen rakennusmääräysten muodostumiseen. Valtiolliset edistämistoimet eivät kuitenkaan johtaneet virallisiin rakennussäädöksiin konfliktiaikojen jälkeiseen toimenpiteisiin. Natsi-Saksan valtakunnan aikana savirakentamista elvytettiin vain yksittäistapauksissa. Toisen maailmansodan lopulla savirakentamiseen kehoitettiin pommituksessa asunnon menettäneitä kansalaisia. Rauhan saavuttua savirakentamisella kannustettiin saamaan uusia asuin- ja työtiloja paikallismateriaaleista. Tehokkaan ja edullisen rakennusmenetelmän ansiosta vaadittiin savirakentamista rationalisoitumaan myös koneellisesti. Neuvostoliiton miehittämä Saksan alueeseen määrättiin noin 200 000 pientaloa käyttäen säädöstä, jonka mukaan rakennusmateriaalien oli oltava 40-prosenttia paikallista, säästäväisyyden nimissä. Tehdastuotteiden rakennusmateriaalien palatessa taas markkinoille ja suosioon, jäi savirakentaminen vähäisemmäksi.

Nykyisten normien säätämisessä on huomioitu ajatus kestävästä ja paikallisesta tuotannosta. Maapallon resurssien väheneminen, väestön kasvu ja teollistumisen aiheuttamat ympäristön muutokset on saanut havahtumaan monet kestävämpiin toimenpiteisiin ja poispäin suurkuluttamisesta. Viimeistään energiakriisin aikana on käynyt ilmi, kuinka paljon hyvinvointimme riippuu kestävästä tuotannosta. Kevytsavirakentaminen ja sen kehittäminen helposti teollistuotantoon soveltuvaksi tuotteeksi voisi olla yksi ratkaisu ympäristöä kuormittavassa rakennusteollisuudessa.

Savi ei yksinään sovellu kaikkiin rakennustarpeisiin. Pienen puristuslujuuden takia savirakennusta ilman tukirankaa ei kannata tehdä kahta kerrosta korkeampaa. Suurempana haittana savirakentamisessa on eri vuodenaikojen olosuhteet. Nämä ongelmat pystytään huolellisen suunnittelun, toteutuksen ja asiantuntemuksen kautta voittamaan. (Volhard & Westermarck, 1994, ss. 16–17.)

2.3 Saven ominaisuudet

Savilajite on savimineraaleista muodostunut maalaji, jonka rakeiden läpimitta on alle 0,002 mm eli 2 μm (mikrometriä). Muodoltaan savihiukkaset ovat pitkiä ja ohuita hiutaleita. Lisättäessä kiinteään maakostean saveen vettä muodostuu hiutaleiden väliin ohut vesikalvo, jolloin ne kykenevät liukumaan erilleen. Tätä vesipitoisuuden kohtaa, jossa savi muuttuu muovailtavaksi eli plastiseksi sanotaan plastisuusrajaksi. Lisättäessä vettä savi muuttuu juoksevaksi sen vesipitoisuuden saavutettua ns. juoksurajan. Juoksurajan ja plastisuusrajan väliin jäävä plastisuusalue on yksilöllinen eri savilaaduilla niiden koostumuksen mukaan. Veden haihtuessa nämä pooliset ja ominaispinta-alaltaan suuret hiutaleet kiinnittyvät toisiinsa lomittain. Tästä johtuu saven muovautuvuus, kovettuminen ja vetolujuus kuivana. Hiekalla näitä ominaisuuksia ei ole, koska sen pyöreät rakeet koskettavat toisiaan vain hyvin pieneltä alalta. (Volhard & Westermarck, 1994).

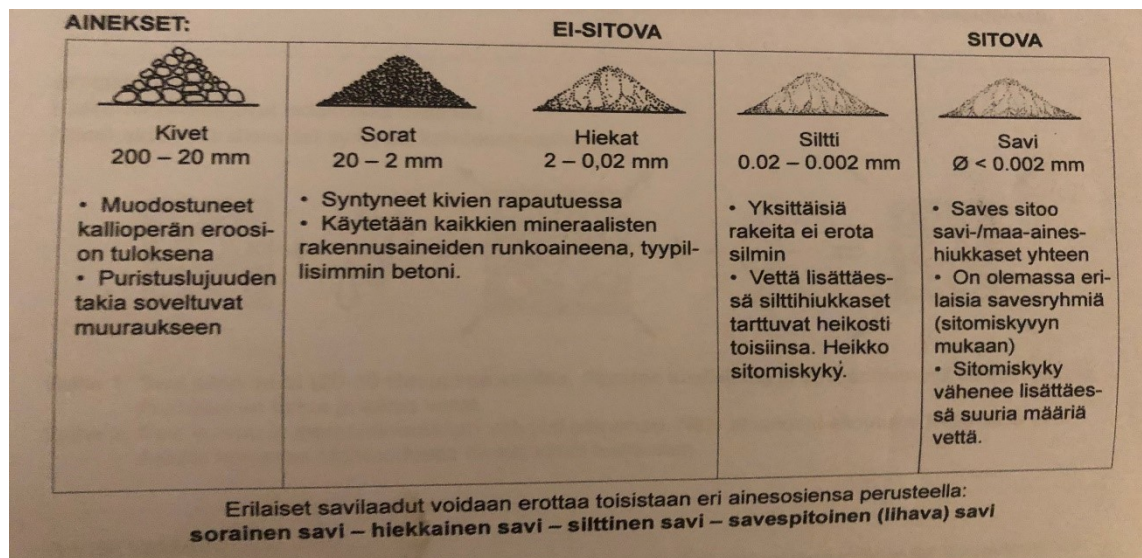


Kuva 7. Savi hiukkaset (Aalto-yliopisto, 2023)

Veden mukana kulkeutuvat maalajit saostuvat virtauksen hidastuttua raekokonsa mukaisessa järjestyksessä; kivet, sora hiekka, siltti ja viimeisenä savimineraalit yleensä vasta järven tai meren pohjalle. Maanpinnan noustessa savialueet paljastuvat homogeenisina yhtenäisinä alueina, joskus jopa useiden

kymmenien metrien paksuisina kerroksina. Näin ovat muodostuneet esimerkiksi Etelä-Suomen ja Pohjanmaan savikot. (Volhard & Westermarck, 1994.)

Saveksi luokituksessa maalajia, jossa on savesta yli 30 painoprosenttia. Saveksen lisäksi savissa on säännöllisesti mukana karkeampaa hiesua ja hietaa. Savet voivat sisältää rapautumisjäänteinä kvartssia, maasälpää yms. kivilajeja. (Aalto-yliopisto, 2023.)



Kuva 8. Maa-aines koot (Raision seudun koulutuskuntayhtymä, 2014)

Saven luonteenomaiset piirteet kuten vedenpidättämiskyky ja muovailtavuus kosteana riippuvat oleellisesti saven hienoimpien ainesten koosta ja määrästä. Karkearakeisimmilta hiesulta ja hienolta hiedalta puuttuu savelle luonteenomaiset fysikaaliset ominaisuudet, vaikka esiintymis- ja syntytyvoiltaan maalajit muistuttavat suuresti toisiaan. Geologinen maalajiluokitus kuvaa hienorakeisia maalajeja, joiden humuspitoisuus on alle kaksi painoprosenttia, savilajitepitoisuuden perusteella seuraavasti (Volhard & Westermarck, 1994, s. 27):

- Lihavat savet, savesta yli 50 %
- Laihat savet, savesta 30–50 %

– Saviset siltit, savesta alle 10–30 %

Lihavasavi imee suuremman ominaispinta-alan vuoksi enemmän vettä verrattuna laihaan saven saman rakenteen saavuttamiseksi. Kuivauskutistuma on sitä suurempi mitä lihavampi se on. Rakentamiseen tarkoitettu saven alkuperä ei ole oleellinen, vaan sen koostumus ominaisuudet, vetolujuus kuivana ja raekoko. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 30.)

Saven valttina on sen koventuminen ilmakeivumisen seurauksena, ei kemiallisesti kuten kalkki tai sementti. Plastiseen ja muovailtavaan ominaisuuden saamiseksi on vain lisättävä tarpeellinen määrä vettä. Hygroskooppisuuden ansiosta savirakennustekniikkakin perustuu suurelta osin sateen ja kosteuden aiheuttamien vaurioiden torjumiseen. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 26.)

Aiheellisesti sääolosuhteisiin mukautettu ja oikealla seinävahvuuksilla saven puristuslujuus riittää kerrostaloihin. Esimerkiksi Jemenissä on päästy jopa noin 10 kerroksisiin taloihin. Massiiviseksi kutsutaan tiheydeltään 1700–2200 kg/m³ rakennussavea. Tärkeimmät massiivitekniikat ovat savimuuraus- ja valurakentaminen. Tämä on vanhimpia tunnettuja rakennusmenetelmiä. Varhaisten korkeakulttuurien kaupungit esimerkiksi Mesopotamiassa oli rakennettu aurinkoilmakeivatuista savitiilistä. Savi sullotaan muottiin plastisessa muodossa, sivellään puuromaisena tai sullotaan tai puristetaan kosteana. Stabilointiaineena käytetään useimmiten olkisirppua ja muuraukseen savi- tai kalkkilaastia. Perinteisten menettelytapojen rinnalla, joita vielä käytetään lähes kaikkialla maailmassa, esiintyy myös teollisesti valmistettuja Adobe-taloja. Puristustilejä pystytään valmistamaan käsin tai koneellisesti. Saviseinien sullontatyöstäminen vie vähemmän aikaa kuin tiilien valmistus ja muuraus. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 11.)

SiO ₂	58,67
Al ₂ O ₃	16,60
Fe ₂ O ₃	5,42
FeO	2,95
MnO	0,11
MgO	2,81
CaO	2,17
Na ₂ O	2,65
K ₂ O	3,27
H ₂ O	3,31
TiO ₂	0,69
P ₂ O ₅	0,36
Cl	0,01
SO ₃	0,19
S	0,14
Orgaaninen aines	0,87

Kuva 9. keskimääräinen suomalaisen saven kemiallinen koostumus (Volhard & Westermarck, 1994, s. 27)

2.4 Kevytsavimateriaalin ominaisuuksia

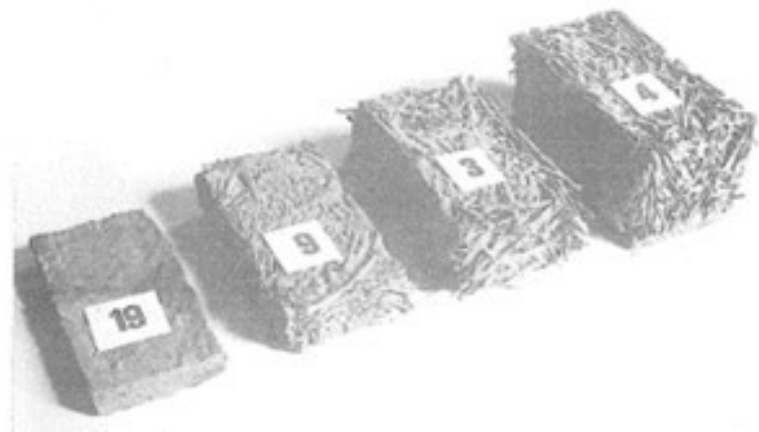
Kevytsavi toimii kantavan rungon täytemateriaalina, ja suuretkin harkkokoot ovat mahdollista. Valmiiksi rakennetun katon alla voidaan savirakennustöitä tehdä säästä riippumatta. (Westermarck & Heuru & Bengt, Luonnonmukaiset rakennusaineet, 1998.) Seuraavien rakennusteknillisten ja -fysikaalisten ominaisuuksiensa perusteella kevytsavea voidaan pitää ajankohtaisena rakennusaineena ja ennen kaikkea modernien rakennusmateriaalien vertaisena (Volhard & Westermarck, 1994, s. 23-25.)

- Kevytsavella voidaan toteuttaa kaikki perustusten yläpuoliset rakenteet samantapaisella tekniikalla ja samaa materiaalia käyttäen; uiko- ja sisäseinät, täytepohjat ja kattoeristykset.
- Yksinkertaiset rakennusosat voidaan välittömästi rapata tai pinnoittaa. Puukuitulevyn tapaan kevytsaven pinta on hyvä rappausalusta mille tahansa rappaukselle.
- Rakenteet voidaan tehdä ehjiksi ja saumattomiksi kokonaisuuksiksi, mikä vähentää vetoa rakennuksessa.
- Kevytsavi on pienellä energiamäärällä tuotettava rakennusmateriaali, jonka ekologisutta lisää se, että ainetta voidaan käyttää uudestaan rakentamisessa, ja että se on palautettavissa luonnonkiertoon. Näin rakennuksen purkaminen ei ole ongelma eikä rakennustyömaalle synny ylijäämämateriaalia. Kevytsavirakenteet ovat myös korjattavissa samalla materiaalilla.
- Kevytsavi on samalla ääntä ja lämpöä eristävä, lämpöä varastoiva ja riittävän paloturvallinen rakennusmateriaali. Sitä voidaan valmistaa rakennuspaikalla, jolloin sen ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa säätelämällä saven ja oljen suhdetta massassa.
- Lämpöä eristävästä kevytsavesta ($300\text{--}800\text{ kg/m}^3$) tehtyjen rakenteiden korkea pintalämpötila mahdollistaa miellyttävän huoneilmaston, ja sen ansiosta myös huoneilman lämpötilaa ja sitä kautta lämmityskustannuksia voidaan laskea. Suhteellisen tiheä pinnoite ja rakenteen hyvä eristävyys takaavat ulkolämpötilan eristämisen kautta hyvän sisäilmaston myös kesällä. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 23-25.):
- Sisätilojen rakenteilta toivottava hyvä lämmönvaraus kyky ja äänieristävyys saavutetaan muuttamalla saven ja hiekan suhteellista osuuksia.
- Edistyneempi paloturvallisuus kun normaalisti palavat kuidut upotetaan palamattomaan saveen. Rapattu kevytsavi ehkäisee tulen leviämistä.

- Puu ja olki eivät lahoa tai mätäne, kun ne on upotettu saveen ja savirakenteen kosteustaso pysyy alle 20 prosenttia.
- Hyvän diffuusion ja alhaisen tasapainokosteuden ansiosta seinät pysyvät käytännössä kuivina ja säilyttävät lämmöneristävyytensä. Kevytsavi kykenee sitomaan ja luovuttamaan kosteutta.
- Savi ja olki ovat vanhoja hyviksi koettuja rakennusaineita, joita voidaan myrkyttöminä kosketella käsin ilman sivuvaikutuksia.
- Materiaalikustannukset ovat raaka-aineiden yleisyyden takia alhaiset. Saven kuljetuksesta ei koidu suurta menoerää, sillä saven suhteellinen määrä seoksessa on vähäinen; alle puolet massiivisavirakentamiseen verrattuna.
- Savirakentaminen on helposti opittavissa ja soveltuu siten myös omatoimirakentajille. Ongelmien sattuessa virheet ovat helposti korjattavissa.
- Investoimalla rakennuskoneisiin voidaan myös rakentamista nopeuttaa niin, että kevytsavirakentaminen voi olla kilpailukykyinen rakennustapa.

Koekautiot, joissa on sama savimäärä oljen osuuden vaihdellessa.

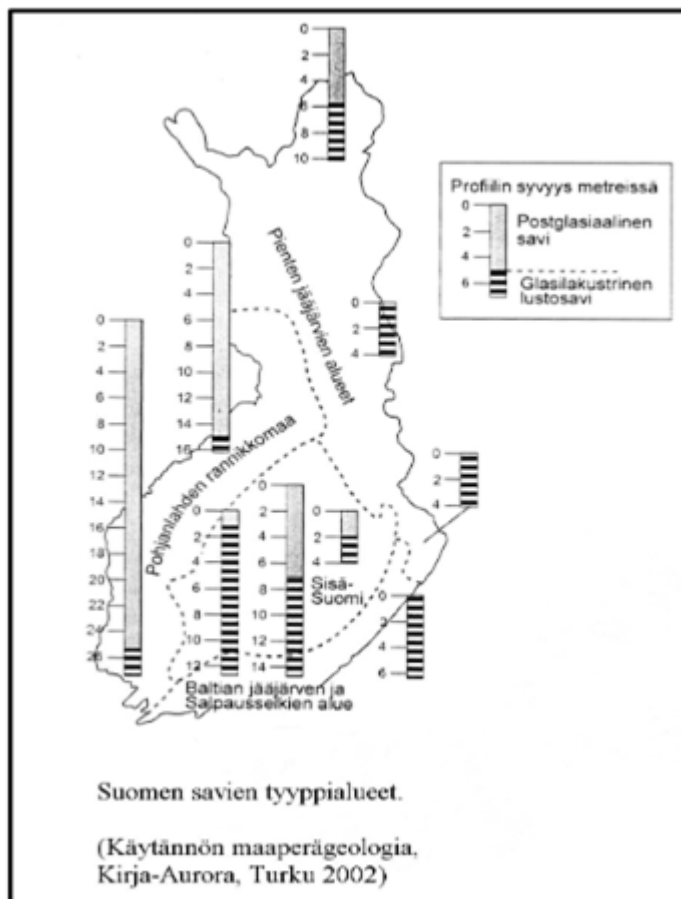
	Tiheys:
4.	450 kg/m ³
3.	600 kg/m ³
9.	950 kg/m ³
19.	2000 kg/m ³ (ilman olkea)



Kuva 10. Saven ja oljen välinen tiheys osuus (Volhard & Westermarck, 1994, s. 50)

2.5 Saven esiintyvyys Suomessa

2000-luvun alussa vuotuinen saven käyttö Suomessa oli noin 350 000 t eli noin 200 000 kuutiometriä. Savivarat Suomessa ovat arviolta noin 100 mrd. kuutiometriä, eli kaksinkertaisesti enemmän hiekkaan- ja soraan nähden. Rakennus tuotteeksi menevä savi menee pääosin kevytsoran ja tiilen valmistukseen. (Salonen & Eronen & Saarnisto, 2002, s. 152). Myös keramiikkateollisuus Suomessa käyttää noin 50 % saviaineita tuotteissaan. Arvio tiilen valmistaja Wienerberger Oy:n mukaan Suomen savivarannot riittäisivät pelkkään tiiliteollisuuteen ainakin 500 000 vuodeksi. (Wienerberger Oy, 2023).



Kuva 11. Suomen savi (Salonen & Eronen & Saarnisto, 2002, s. 151)

Tiiliteollisuus on kuluttanut vuosittain tuotantomääristä riippuen noin 200 000–500 000 t savea. (Kemppainen, 2004) Nämä käyttömäärät edustavat noin 0,0003–0,0007 promillea Suomen savien kokonaismääristä. (Kemppainen, 2004, s. 30). Kaikkia savialueita ei kuitenkaan pystytä hyödyntämään infrastruktuurin, maa- ja metsätalouden ja hapan sulfaattimaisen ”alunamaiden” takia. (Wikipedia, 2022). Etenkin saven kaivaminen merialueilla voi olla ympäristöriski meren eliöille, jos happamien sulfaattimaisten rikkihappo vapautuisi vesistöihin. Lisäksi on otettava huomioon teollisuustoiminnan pilaamat maaperäalueet kemikaalien ja myrkkujen suhteen.

3 SUOMEN RAKENNUSKÄYTÄNNÖT

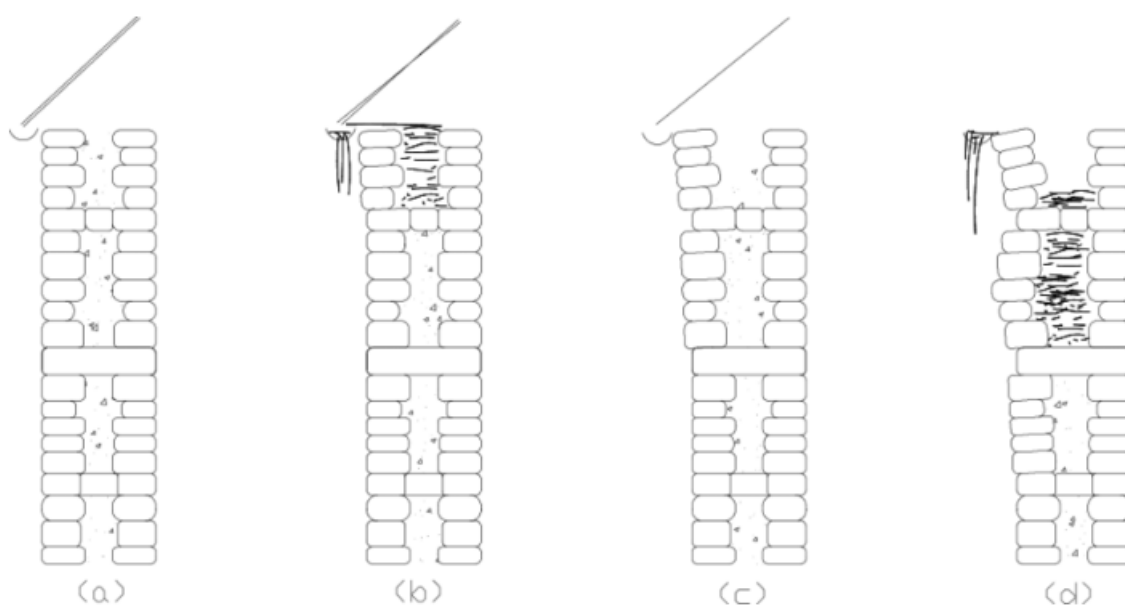
3.1 Tiilitalojen saneeraus syyt

Ei ole epäilystäkään siitä, että tiilitalot ovat klassisen kauniita, mutta 70-luvulta lähtien tiilirakentaminen on tasaisesti vähentynyt viime vuosina. Lähiajat ovat tuoneet mukanaan edistystä, jossa uudet materiaalit kilpailevat voimakkaasti perinteisten materiaalien, kuten tiilen kanssa.

On helppo päätellä, että tiileen liittyvät haitat ovat vaikuttaneet kielteisesti sen suosioon erityisesti verrataan korkeampiin suorituskykyisiin sivumateriaaleihin. Tiilitalossa asukkaiden mielipiteiden pohjalta löytyy kielteisiä kokemuksia ja mielipiteitä. Kolme vaikuttavinta tiileen liittyvää ongelmaa ovat muodostaneet sen kysynnän laskuun.

Korjaaminen on kallista ja aikaa vievää:

Tiili oli aikoinaan rakennusmateriaalina valintamateriaali ulkotiloissa, joissa lujuus ja pitkäikäisyys on tärkeää. Edelleen historiallisia tiilitaloja on paikallaan pystyssä. Rakennukset ovat osoitus siitä, että tiilimuuri on aikaa kestävä.



Kuva 12. Riittämätön liitos ulkoseinien (a ja b) välillä johtaa ulkoseinän (c) irtoamiseen toisistaan, mikä johtaa joko kantavan seinän osittaiseen tai täydelliseen sortumiseen (d). (ResearchGate, 2023)

Kuitenkin kodinomistajat, eivät välttämättä ymmärrä, kuinka kallista tämä materiaali on ylläpitää, kun tiili vaurioituu. Korjaukset ovat harvoin yksinkertaisia. Vaurioituneiden tai vanhojen tiilien poistaminen ei ole yhtä helppoa kuin uuden tiilen asettaminen paikalleen.

Joissain tapauksissa useita vaurioituneita tiilejä, ja laasti niiden välistä joudutaan poistamaan kokonaan ja muuraamaan uudet tilalle. Tämä Prosessi on aikaa vievää ja saneeraus taloudellisesti kallista.

Toinen ongelma on huono ilmastovaihteluiden eroavaisuuksiin. Tiilen jäykkyys ei anna joustavuutta maaston tai olosuhteiden muutoksiin. Pitkät kuivuudet, pohjoiset olosuhteet sekä äkilliset sää vaihtelut laittavat tiilimuuraukset koetukselle. Tiili ja laasti eivät ole paisuvia ja supistuvia materiaaleja, joten lämpölaajentumismuutokset aiheuttavat rappeutumista rakenteisiin. Puutteellinen liitos aiheuttaa ajansaatossa irtautumisen ulkoseinästä, joka johtaa joko kantavan seinän osittaiseen tai täydelliseen sortumiseen. Lisäksi

maanjäristysalueilla tiilen joustamattomuus on ongelma. Suomessa maasto koostuu useammin savesta ja rakennuksen painuminen maaperään on otettava huomioon perustuksissa ja materiaalivalinnassa.

Tiili ei ole myöskään täysin immuuni kosteusvaurioille. Tiilien ja käytetyn laastin huokoisuus voivat pidättää kosteutta erityisesti pitkäaikaisen sateisen tai kosteilla ympäristöillä. Tämä on useimmiten ongelma huonolaatuisissa tiilissä ja laastimateriaaleista, mutta ajan mittaan se voi tapahtua jopa hyvin muurattuihin rakennuksiin. Nesteen jäädessä tiilen huokoskohtiin jumiin on elinympäristö alusta homeille ja sienille. Tämä voi johtaa halkeiluun ja se on yksi yleisin ja suurimmista syistä miksi tiilirakennusten suosio on laskenut. Tiilimuurauksella on sijansa historiallisen tärkeyden vuoksi rakennusteollisuudessa, mutta markkinoilla on muita vaihtoehtoja, jotka ovat edullisimpia ja ominaisuuksiltaan helpompi asentaa ja saneerata.

Tiilen käsittelyssä vaaditaan aikaa sekä pätevä muurari ja tämä prosessi voi olla hinnaltaan kalliimpi kuin toisen rakennusmateriaalin käyttöönotto. Vapaus omatoimisuunnittelun ja rakentamiseen on yleistynyt. Muurausrakenteiden kasaamiseen pala kerrallaan voi vaikuttaa vaativammalta verrattuna kevyemmän seinälevyn kiinnittäminen tukirakenteisiin.

On kuitenkin todettava, että tiilimuuraukset hyvin tehtyinä pysyvät lujasti paikallaan satojakin vuosia. Lisäksi tiilet pystytään hyväksikäyttämään ja kierrättämään uusiin rakennuskohteisiin. Etenkin Euroopassa on useita tiilimateriaalista rakennettuja historiallisen arvokkaita rakennelmia. Harva materiaali pääsee samalle kestävyystasolle. Tiilen suosio rakennusmateriaalina tulevaisuudessa on otollinen.

3.2 Pohjanvahvistusmenetelmät Suomessa

Pohjanvahvistus luo edellytykset rakentamiselle heikkolaatuisella maaperällä. Sen tärkeimmät tavoitteet ovat kantavuuden ja stabiiliteetin varmistaminen sekä

painumien vähentäminen hyväksyttävälle tasolle. Menetelmän valintaan vaikuttaa useita tekijöitä, kuten soveltuvuus olosuhteisiin, kustannukset, aikataulu, laadunvalvonta, ympäristönäkökohdat ja tarvittavien resurssien saatavuus.

Suomessa käytetyimmät pohjanvahvistusmenetelmät ovat pilaristabilointi, massastabilointi, kevenneet, synteettiset lujitteet sekä esikuormitus ja ylikuormitus painopenkereellä. Massanvaihto ja paalulaatat ovat suosittuja pohjarakennusmenetelmiä. Vähiten käytetyt pohjanvahvistusmenetelmät Suomessa ovat maan naulaus, luiskapaalutus, tiivistyspaalutus, maaperän jäädytys ja vakuumikonsolidaatio. Kiviainespilareita ja elektro-osmoosia ei ole käytetty. (Kivi, 2021, s. 91).

Pohjanvahvistusmenetelmien hiilijalanjälkiin vaikuttavat valinnat, kuten sideaineseoksen valinta syvästabiloinnissa. Kuljetusten ja työsuoritteiden päästöillä on pienempi merkitys kokonaispäästöihin kuin kustannuksilla. Riippuen maaperästä savirakentaminen voi mahdollistaa paikallisen maaperän hyödyntämisen paikan päällä, jolloin kuljetus kustannukset voivat laskea. Myös rakenteiden paino voi keventyä ja massarasitukset maaperään pienentyä.

Massanvaihto on järkevää, jos ylijäämämaat voidaan sijoittaa lähelle ja täyttömateriaali on vähäpäästöistä. Vaahtolasimurskekevennys voi olla vähäpäästöisempi kuin kevytsorakevennys. Hyödyntäminen läjitysmaita savirakentamiseen ei vielä Suomessa tehdä, vaikka maaperässä voisi olla potentiaalisia hyötyjä rakennuskustannusten pienentämisessä. Tällä hetkellä Suomen päästökartoituksessa voi esiintyä eroavaisuuksia, eikä koko elinkaarta rakenteissa ole aina huomioitu. Infrarakentamisessa tarvitaan yhteistä päästökerrointietokantaa ja laajempaa päästölaskentaa elinkaarivaiheiden osalta, jotta todellisia päästökertoimia voitaisiin käyttää päästölaskelmissa.

3.3 Savimaamassojen käsittely Suomessa

Haastattelussa selviteltiin Sitowisen Smart Site-hankkeetta reaaliaikaisen tiedon saantia puhtaiden maa-alueiden hyödyntämisestä. Hankehallinta mainitsi

massojen laskutietojen eri kaupungissa ja kunnissa olevan vielä pirstaloituneena, eikä työ maatoimioilla ole helppoa tapaa vielä saada tietoa työmaan Suomen maamassojen hyödyntämistä rakennustyömaalla. (Sitowise Oy, 2023). Suunnittelijoilla ei ole yksinkertaisesti tarpeeksi tietoa- ja keskustelua, eikä toimijoiden välillä ole puhtaan savimaan hyödyntämisestä talteenotto struktuuria. Toisin sanoen Suomessa ei esiinny hyvän maaperän hyödyntämistä, vaan potentiaalinen maa-aines rakennus- ja infrarakentamiseen menee läjitysmaaksi pois kuljetettavaksi. Käytännössä jopa noin 30 km säteellä paikallisen savimaaperän hyödyntäminen koituu kuljetuskustannuksellisesti liian kalliiksi ja siitä hankkiudutaan eroon ja hankitaan todennäköisesti uutta maaperää maanvaihtoon muualta Suomesta, myös ulkomailta. Toiminta tapa perustuu yksinkertaisesti markkinoista helposti saataviin neitseellistuotteisiin, jotka ovat myös mieluisampi tilata muualta. Markkinat ei anna tilaa uusiin toimintatapoihin kiertotaloudessa, ellei toimintatapoja ohjata ylempää. Suomessa olisi hyvä kehittää kannustimia ja paikallisen maaperän reaaliajantietoa laskentatavoista. Kannustukset rakennustoiminnan kehittämisessä ovat pohdinnan arvoisia. Tällä hetkellä käytäntö perustuu pitkälti uusien neitseellisten materiaalien hankintaan, ja sen olevan edullisin vaihtoehto monessa tilanteessa. Kiertotalouden saavuttamiseksi on Suomen ryhdyttävä tekemään asennemuutosta toimeentuloisuuden ja mukavan miellyttävän kulutuskulttuurin sijaan.

3.4 Rakennussaven tuonti Suomeen

Hollolassa luonnonmukaista rakentamista vuoden 2012 lähtien harjoittava perheyritys Villeco OY hyödyntää savea asuinrakentamisessa, saneerauksissa ja restauroineissa. Villeco OY edustaa saksalaisen Claytec savirakennustuotteita Suomessa ja tarjoaa konsultointia savirakennustuotteissa. (Villeco Oy, 2023). Claytec:illä on noin 35 vuoden kokemusta tietotaito modernista savirakentamisesta. Puhelinhaastattelussa Suomen markkinointi yhteistyökumppania Villecon mukaan savituotevalmisteiden vuotuinen määrä on

noin 40 t. Savi on yleensä hankittu Claytec:in savimateriaalia, koska heillä saven laatu on tutkittu ja käsitelty myyntituotteeksi saksassa. (CLAYTEC, 2023) Paikallisten läjitysmaiden hyödyntäminen on satunnaista, eikä varastointi ole aina mahdollista. Suomessa maaperän hyötykäyttö savituotteiksi ei ole yhtä pitkälle viety kuin muualla.

Tulevaisuudessa uusia tekniikoita ja käytäntöjä omaksutaan. Esimerkiksi 3D tulostettua betonia on testailtu ja Tampereen yliopistossa on tutkittu luonnonmukaisten materiaalien käyttöönottoa Natura CO2-hankkeessa.



Kuva 13. Savirakennuksen tulostus 3DWASP:in nostritulostimella (Westermarck & Vinha, Esiselvitys luonnonmukaisista rakennustuotteista ja niiden käyttöpoteentialista, Nature CO2-hanke, 2023, s. 62)

4 RAAKASAVEN SAANTI TIILITEHTAILTA

Suomessa toiminta tiiliteollisuudessa keskittyy pääasiassa kolmeen tahoon: Wienerberger Oy, Raikkonen Oy ja Tiileri. (Wikipedia, 2022). Tiilen valmistusmäärä on ollut taantuvaa Suomessa. (Tiili-info, 2014). Suomessa toimi 1980-luvulla yli 30 tiilitehdasta, (Yle, 2016) ja tiilenvalmistusta esiintyi paljon enemmän viime vuosisadalla. Tiilen valmistus sai alkunsa Suomessa vuosien 1229–1286 välisenä aikana Turussa. (Wienerberger, 2023). Suomen ensimmäisiä Suur-tiilirakennuksia on Turun tuomiokirkko. Tiilenvalmistamisen taito oli keskiajan pohjossa uusi taito, ja Turun tuomiokirkon rakennelmissa on yhä Suomen vanhoja tiiliharkkoja keskiajalta. Tiilenvalmistuksessa on pitkät perinteet ja Suomessa esiintyvää runsasta savipitoista maaperää on hyödynnetty satoja vuosia tiilenteossa.



Kuva 14. Turun tuomiokirkko

Suomessa tiiliteollisuus on selvittänyt maaperän ominaisuuksia tiilen valmistuksessa. Hiekan ja saven suhde täytyy olla sopiva lujan materiaalin valmistukseen. Polttamattoman saven käyttöä rakennusmateriaalin valmistukseen tiedusteltiin pääosin tiilituotannon asiantuntijoilta. Selvisi, että työmaalla kaivettavan maaperän hyödyntämiseksi rakennustuotteiksi ei harjoiteta Suomessa. Yksittäiset yritykset saattavat hyödyntää savipitoista läjitysmaata infrarakentamiseen. Tulevaisuudessa tilanne saattaa muuttua.

4.1 Wienerberger Oy

Suomessa yksi suuremmista tiiliteollisuustoimijoista Wienerberger Oy Ab ei pysty hyödyntämään läjitysmaiden maamassaa tiilituotannossaan. Syynä on tiilenvalmistuksessa vaadittava tasalaatuisen savimateriaali, eikä infrarakentamisen ylijäämäsavei sovellu tiilituotantoon. Kierrätettävän savimassan prosessointi ja sen kuljetus ylittävät taloudellisen hyödyn. Suomessa on yrityksiä, jotka ottavat vastaan maa-aineksen esim. maisemarakentamiseen, mutta itse savirakentamiseen käyttöönotto on satunnaista. Wienerberger Oy Ab markkinointipäällikön tiedusteluiden mukaan Wienerbergerin savenottoalueelta menee yli 99 % Korian tiilitehtaan tiilenvalmistukseen. Seulomatonta raakasavea voi Korian tiilitehtaalta mahdollista hankkia suoraan kuorma-auton lavalle. Vuotuinen määrä tehtaan ulkopuolisille toimijoille raakasavea on erittäin vähäinen, noin alle 20 m³.



Kuva 15. Tiiliharkot (Wienerberger, 2023)

4.2 Raikonen Oy

Myös Suomen Tiiliteollisuusliiton puheenjohtaja Jaakko Raikonen kertoo polttamattoman raakasaven rakennuskäyttöön oton hankalasta kartoittamisesta. Suomen savimaa on koostumukseltaan erilaista savimassaa, josta kaikki ei ole yksinkertaisesti käytettävissä. Jopa tiilenpoltoon menevä savimassa täytyy muokata sopivaksi hiekalla ja sahanpurulla 5–6 kertaa, että lopputulos olisi hyvälaatuinen markkinaan vietävä tuote. Myyntituotteen hinta perustuu osittain myös tuotteen käsittelyyn ja jalostusmenetelmien kustannuksiin. Läjitys- ja raakasavimaan käsittelyssä ei ole kehitetty Suomessa toimivaa käsittelyprosessia tällä hetkellä. Usein potentiaalinen massa jää hyödyntämättä.

4.3 Tiilerin jauhosavi

Suomessa savijauhosäkkejä myyvät tahot ovat huomanneet lähiaikaisen suosion kysynnän nousevan. Seppälän tiili OY savijauhotuotteet 25 kg ja 1000 kg pussit ovat menneet kaupaksi. Tiilerin tehtaan päällikön mukaan Tarvasjoen alueelta nostetaan savea arviolta jopa 400–500 t savijauhoksi viimeaikaisen nousevan suosion johdosta. Kysynnän kasvu on muutaman vuoden aikana kasvanut kymmenkertaiseksi. Lisäksi Tiileri:llä olisi potentiaalisia maa-alueita juuri savijauhon valmistukseen suuri määrä käytettäväksi. Heillä kiinnostus laajentaa toimintaa vaikuttaa lupaavalta. Seppälän savea on käytetty esimerkiksi Rasekon taideteollisuusalan haarautuneen savirakentamistekniikan kursseilla koulutusmateriaalina rappauslaastin valmistamisessa.



Kuva 16. Seppälän savijauho laastitöihin (Tiileri, 2023)

Tiilerin savituote on esiintynyt usealla rappaus ja laasti toimijoiden. Tämänhetkisen tarjonnan kohdalla Tiilerin savijauholla ei ole kilpailijoita samanlaisen tuotteen kohdalla, jonka tuottaisivat suurella määrällä Suomen maaperästä kaivettua savea. Yrittäjäsektorissa Savimestari.fi on markkinoinut savimaaleja ja konsultoinut useita omatoimirakentajia savirappauksesta. Useat lomarakennuksen rakentavat ovat innostuneet saven ominaisuuteen rakentamaan luonnonmukaisesti ja lisänneet kysyntää paikallisen saven hankintaan, jossa Seppälän savijauho on mennyt hyvin kaupaksi. Omatoimirakentamisessa paikallisen saven käyttö on selkeästi miellyttävä materiaali työskentelyssä, ja sillä on mahdollisuudet kilpailla laadukkaana ja edullisena rakennusmateriaalina. Suomessa paikallisen savimateriaalin saatavuus on mahdollista saada laajemmalla skaalalla markkinoitavaksi. Tämän hetken tilanteessa savilaastia tarjoaa Tiileri ja muutama yksittäinen yritys. Maaperän hyödyntäminen rakennustuotteeksi jo rakennustyömaallakin olisi taloudellisesti aiheellinen.

5 KIERTOTALOUS

Merkittävimmät rakennus- ja purkujätefraktiot suomalaisissa rakennus- ja purkukäytöksissä ovat betoni, puu, metalli, muovi, lasi, mineraalivillaa, kipsi ja bitumijäte. Betoni on yleisin jäte, joka usein hyödynnetään maanrakennustöissä. Puujäte käytetään pääasiassa energiantuotantoon, kun taas metallit kierrätetään yleensä taloudellisen hyödyn saamiseksi. Muovin kierrätys on haastavaa eri muovityyppien sekoittumisen vuoksi. Kipsiä, mineraalivillaa ja lasijätettä on vaikea erottaa toisistaan sekoitettuna. (Torkki, 2020, s. 92)

Jotta rakennus- ja purkujätekäytäntöjä voitaisiin parantaa, kiertotalousnäkökohdat olisi otettava huomioon jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Laadunhallinta ja purkamista edeltävät tarkastukset ovat olennaisia välineitä, joilla varmistetaan säännösten ja materiaalien hyödyntämistavoitteiden noudattaminen. Tietomalleissa, kuten rakennuksen tietomallinnuksessa, on potentiaalia, mutta niiden luomisessa on haasteita. Asianmukaisella jätelogistiikan suunnittelulla voidaan vähentää päästöjä ja kustannuksia. (Torkki, 2020)

5.1 Saveen suhtautuminen rakennusmateriaalina

Savituotteiden heikko näkyvyys Suomessa voi johtua rakennusteollisuuden rajallisesta tiedosta ja saveen saannin vähyydestä. Tutkimustietoa ei olla tehty riittävästi helposti saatavaan muotoon, josta rakennussuunnitelman tekijät kuten insinöörit pystyisivät referoimaan lukuja laskelmiinsa. Täten on hankala muodostaa savirakentamisesta mielipidettä muiden teollisuustuotteiden viereen. Savirakentamisen eri tapa valmistaa erilaisia savituotteita, kuten kevytsaven eri määrä- ja kuitumateriaalin koostumus voi vaikuttaa Rakennusmateriaalien paloluokitus A2 tason saavuttamiseen. (Saint-Gobain Finland Oy, 2023.)

5.2 Saven otto kiertotalouteen

Suomen rakentamissuunnittelussa saven huomioon otto jo kierrätys tuotteena rahanarvoisena materiaalina on mitätön tällä hetkellä. Läjitysmaaksi joutunut maaperä harvoin kartoitetaan työmaalla hyötykäyttöön kiireellisen aikataulun vuoksi. Jotta tämä paikallinen resurssi pystyttäisiin realisoimaan tehokkaasti, on tehtävä suunnitteluvaiheessa edistäviä muutoksia. Tämä voisi olla rakennusmaan maamassan arviointi kaivuutyössä asiasta erikoistuneiden tahojen kohdalla. Potentiaalisen savimassan talteenoton arviointityössä tulisi sovelluttaa rakennustyömaalla niin, että pätevä maamassan arvioija pystyy kohtalaisen hyvässä ajassa tehokkaasti ottamaan talteen haluttu maa-aines myyntituotantoon. Näin hyvä maa-aines ei joudu läjityskohteeseen hukkaan jolloin, sen prosessointi hankaloituisi. Rakennusteollisuuteen tulisi lisätä porrasteita sekä kannusteita kiertotalouden edistämiseksi. Tällä hetkellä suurin ongelma on se, että on liian edullista laittaa mahdollinen uusiokäytettävä materiaalin sekajätteeksi unohdukseen ja hankkia neitseellinen uusi tuote. Hyvien rakennuskäytäntöjen kehitys tulisi edistää ja kannustaa myös oppilaitoksissa. Suomessa on hyvin pitkälti rakennusteollisuudessa helpompi heittää pois ja hankkia uusi. Iskostaminen jo rakennusalan koulutuksen alkuvaiheessa materiaalin potentiaalisuus uusiokäytöstä antaisi parempaa harkintakykyä materiaalien hyötykäytössä. Tässä saven ominaisuudet loistavat verrattuna muihin materiaaleihin, sillä saven palauttaminen luontoon ja uudelleen käyttö ei vaadi suuria prosesseja.

6 OMATOIMIRAKENTAMINEN

Saven työstäminen omatoimirakentamisessa on virheitä anteeksi antava materiaali. Mielikuvitusta ja vapaat käden mahdollistavat yksinkertaisen työskentelyn ja omintakeisen talorakennelman, josta voi olla ylpeä. Omatoimityöskentelyssä savessa tapahtuu aina pieniä virhearviointeja ja kokemus tulee kantapäähän kautta. Savilaastin teko ja huomio sen surkastuminen kuivuesssa saattaa olla kokemattomalla hankala, mutta savenkäsittelyn oppii nopeasti. Rappaus ja seinän laastitus eivät juurikaan eroa muista menetelmistä, täten esim. ammattirappaajat eivät koe haasteita saven käsittelyssä. Savilaastin hyvä ominaisuus myös on, että työskentely voi jättää kesken ja jatkaa seuraavana päivänä. Koska savi palaa plastiseksi vettä lisätessä, työtä ei tarvitse viedä loppuun asti, toisinkuin muissa laastimateriaaleissa, jotka kovettumisen jälkeen eivät ole käytettävissä enää. Rappaustyö voidaan aloittaa alusta ja voidaan hyödyntää sama materiaali uudestaan, jos levittäminen ei onnistunut ensimmäisellä kerralla. Savimateriaali rappauksessa on ainutlaatuisen edullinen ominaisuuksiltaan ja ylitsevievä moneen muuhun verrattuna.



Kuva 17. Hallirakennus rakennettu pääosin savesta, oljesta ja puusta (Saviyhdistys, 2010)

Pienasuntojen omatoimirakentaminen savesta on kustannuksellisesti kannattavaa maaseudulla. Suomen maaperän savi ei rajoitu pelkästään pienien mökkien, tallien tai varastojen tekoon. Menetelmät mahdollistavat todella suurien rakenteiden teon. Esimerkiksi Siuntiossa vuonna 2009 rakennettu suurolkipaali- savihalli on kokonaispinta-alaltaan noin 450 m² kolmessa tasossa. Rappaussavi oli peräisin paikallisesta savesta ja hiekasta, jotka on kaivettu samasta pellostasta, jossa rakennus sijaitsee. Paksut seinät ja edullinen lämmityssysteemin mahdollistavat hallissa työskentelyn ja asumisen ympäri vuoden ja on miellyttävä sisäilma öljyisten autojen korjailusta riippumatta. Hallin rakentaja ja omistaja asuu ympäri vuoden tyytyväisesti tänäkin päivänä. Siuntiossa oleva ”Paalinna”-halli on rakennettu myös osoitukseksi siitä, että Suomessa jopa suurella skaalalla rakennettu savitalo pärjää pitkäikäisenä Suomen olosuhteissa.



Kuva 18. Hallin suurseinät ovat savirapattu (Saviyhdistys, 2010)

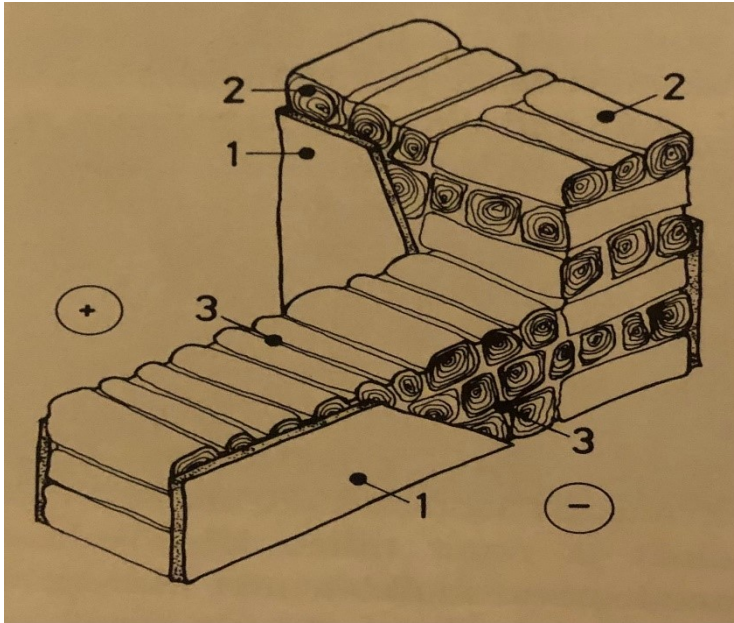
Suomen kansan sydäntä lämmittävä sauna on mahdollista tehdä myös savirakentamismenetelmin. Urpolan Kartano on 2002 vuodesta rakennuttanut ainutlaatuisia saunoja, joista yksi on pölkky savitekniikalla rakennettu savisavusauna. Viikinkiteemainen savusauna on rakennettu perinteisellä savipölkky menetelmällä ja seinät on muurattu noin 30 senttistä kuivista puupölkkyistä ja savilaastista. Savimateriaali on kaivettu paikallisesta maasta ja

kuopasta on hyödynnetty pulahduslammeksi. (Urpolan Kartano, ei pvm)



Kuva 19. Pölkky-savirakennus savusauna (Urpolan Kartano, ei pvm)

Pölkky-savi-, pölkky- eli savihalkoseinät on tehty puupölkkyistä savilaastilla muuraamalla. Vanhat hirret ovat parasta pölkkyjen raaka-ainetta, sillä vanha puu ei enää kutistu seinässä. Myös kuorittua kuivaa puuta, kuten haapaa ja kuusta on käytetty. Joitakin rakennuksia on ennen tehty myös pilkkeistä ja sahausjätteistä. Pölkkyseinien paksuus on ollut n. 30–45 cm. Pölkkyseinät muurataan laastilla, jossa on 1/3 lihavaa savea ja 2/3 sahanpurua.



Kuva 20. Ulkoseinärakenne muodostuu kolmesta materiaalista: rappaus, puupölkky- ja sahanpuruseoksesta (Westermarck, Heuru & Bengt, Luonnonmukaiset rakennusaineet, 1998)

Rakennetta on käytetty pula-ajan rakentamisessa sekä asuinrakennuksissa, että eläinsuojissa. Nykyään pölkkysestavesta on tehty lähinnä vapaa-ajanrakennuksia. Pölkkysestaviseinät on perinteisesti suojattu rappamalla, jolloin seinän rakennetta on vaikea erottaa muista muuratuista rakenteista. Nykyään pölkkysestavipinta on rakennuksen ulkopuolella usein jätetty näkyville. (Saviyhdistys; Ranki, Teuvo, 2023). Rakennustapa soveltuu Suomen oloissa kesämökeille.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Selvityksessä Suomen savimateriaalin käytöstä osoittautui olevan hajanainen omatoimirakentamisessa, eikä teollisella tasolla. Polttamattoman saven myynti ei tällä hetkellä ole suurta, mutta potentiaalia kasvulle suosion yleistyessä on. Opinnäytetyössä osoittautui, että moni taho ei ole tietoinen materiaalista taikka sen käyttöönotosta. Etenkin rakennustyömaan kaivuu- ja läjitysmaista vastaavat kohtelevat tätä resurssia huolimattomasti, eikä asialle olla tällä hetkellä tartuttu tehokkaisiin toimenpiteisiin. Työmaasta nostettu savi kirjataan ylös talteen satunnaisesti ja huolimattomasti, eikä tietoa ole helposti saatavassa muodossa työmaasuunnittelijoille. Jalostusmahdollisuuksia ja savimateriaalin realisointia tulee lisätä tulevaisuudessa kiertotalouden ja ekologisen rakentamisen saavuttamiseksi.

Myös kirjallisuus on rajallinen, muutama käännös Saksan kielisestä painoksesta ja omatoimirakentajien raportoinnista. On kuitenkin ilahduttavaa, että yhä enemmän ihmisiä on kiinnostunut ympäristöystävällisestä rakentamisesta. Polttamattoman saven käyttöön on tehtävä toimiva sija tulevaisuudessa pääosin, rakennus käytännöissä. Saven valttina on sen helppo käyttöönotto, kierrätettävyyden ja uusiomateriaalin ominaisuudet. Saven edullisuus mahdollistaa myös helpomman prosessoinnin.

Opinnäytetyön teossa heräsi ajatus, miten ihmisten toiminta materiaalien käsittelyssä perustuu pitkälti mukavuuteen, eikä käytännöllisyyteen. Kautta historian mieltymykset ovat määrittäneet tarpeellisuuden ylitse. Suurin osa maaperän köyhtymisestä on ihmisen toimintaan perustuva hyödyntää luonnonresursseja maksimaalisesti, ajattelematta raaka-aineiden riittämistä pidemmälle. Viimeistään kriisi- tai konfliktitilanteessa on tilanne pakottanut miettimään ympäristön kestävyyttä. Monet sivilisaatiot ovat kuihtuneet

unohdukseen historian aikana, kun talouden kasvussa ei olla otettu jatkuvaa kestävyyttä huomioon.

Suomen kanta tilanteessa on yleensä seurata ja mukauttaa ottamalla mallia muista länsimaista. Tämä näkyy selkeästi rakentamiskulttuurissa.

Tulevaisuuden kannalta Suomen kiertotalousmalli on pahasti virheellinen eikä nopeata ryhtymistä velkaantuvan valtion kohdalla nähtävissä. Luonnonvaroista Puuteollisuuden rinnalle Suomella on yksi maailman parhaimmat olosuhteet maan käyttö ja rakentamisen kehittämiseen. Savea on Suomessa, vaikka muille jakaa ja tämä luonnonvara on Suomen itse pyrkiä kehittämään omatoimisesti vauhdikkaalla tahdilla. Savirakentaminen mahdollistaa primaarisesta rakentamisesta korkealaatuisesti jalostettuun rakennusmateriaaleihin. Edulliset ja halvat tuotteet tulisivat varmasti syrjäyttämään uudisrakentamiseen tuotetut tuotteet, mutta lisäksi niiden valikoimien viereen. Savesta on kautta aikojen puristettu ja laadittu tarvikkeita ja tähän kestävän maa-ainekseen kehityssuuntaukset tulisivat kiinnittää huomionsa.

Lähteet

Aalto-yliopisto. (14. 10 2022). *Vähähiilinen kevytsavi auttaa pienentämään rakentamisen jätemäärää ja hiilijalanjälkeä*. Haettu 8. 10 2023 osoitteesta kevytsavi: <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/vahahiilinen-kevytsavi-auttaa-pienentamaan-rakentamisen-jatemaaraa-ja-hiilijalanjalkea>

Aalto-yliopisto. (2023). *Keramiikan käsikirja*. Haettu 11. 10 2023 osoitteesta Saven ominaisuudet: <https://openlearning.aalto.fi/mod/book/tool/print/index.php?id=14865#ch978>

CLAYTEC. (ei pvm). *CLAYTEC.de*. (CLAYTEC GmbH & Co. KG) Haettu 7. 10 2023 osoitteesta CLAYTEC - Your specialist for earthen building materials: <https://www.claytec.de/en>

Cultureroadtravel. (21. 5 2023). *Visit Shibam, Yemen: The Ancient "Manhattan of the Desert" that Continues to Thrive*. (Utrecht, The Netherlands) Haettu 11. 10 2023 osoitteesta Culture road: <https://cultureroadtravel.com/visit-shibam-yemen-the-ancient-manhattan-of-the-desert/>

Getty. (1. 1 2016). *Conservation and Rehabilitation Plan for the Kasbah of Taourirt*. (Getty Conservation Institute) Haettu 4. 10 2023 osoitteesta <https://www.getty.edu/projects/conservation-rehabilitation-plan-kasbah-taourirt/>

Haalahti, N. (2020). *Savi rakennusmateriaalina*. Häme: Hämeen ammattikorkeakoulu.

harzbahn. (ei pvm). Haettu 11. 10 2023 osoitteesta Quedlinburg: <https://www.harzbahn.de/quedlinburg.php>

ibuilder. (2021). *Eurooppalaiseen tyyliin "puurakenteiset" talot: edut ja haitat*. Noudettu osoitteesta <https://ibuilder-fi.techinfus.com/dizajn/dom/v-stile-fahverk/>

- Institute, G. C. (6. 10 2016). *Kasbah Taourirt: Conserving Earthen Heritage in Morocco*. Noudettu osoitteesta
<https://www.youtube.com/watch?v=XOvVW9cIETw>
- Kempainen, P. (2004). *Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) Suomen keramisessa teollisuudessa*. Helsinki: Edita prima Oy.
- Kivi, E. (2021). *Pohjanvahvistusmenetelmät Suomessa – käyttömäärät ja hiilijalanjälki*. Espoo: Aalto-yliopisto.
- Pirjo. (1. 2 2018). *Ristikkorakenteinen talo. Savea ja olkia*. Haettu 5. 10 2023 osoitteesta <http://pipa01.blogspot.com/2018/02/ristikkorakenteinen-talo-savea-ja-olkia.html>
- Raision seudun koulutuskuntayhtymä. (2014). *Saven koostumus*.
- Ranki, T. (2007). *Savirakennukset ja niiden korjaaminen*. Turku.
- ResearchGate. (2023). *brick wall drift apart*. Haettu 11. 10 2023 osoitteesta https://www.researchgate.net/figure/Inadequate-connection-between-the-outer-wythes-a-and-b-results-in-the-drifting-apart-of_fig1_273455799
- Saint-Gobain Finland Oy. (27. 1 2023). *Paloluokitusjärjestelmät*. Noudettu osoitteesta Gyproc:
https://www.gyproc.fi/paloluokitusjarjestelmat#rakennusten_paloluokitus
- Salonen, V.-P.;Eronen, M.;& Saarnisto, M. (2002). *Käytännön maaperägeologia*. Turku: Kirja-Aurora.
- Saviyhdistys. (2010). *Pääskynen*. Siuntio: Savirakentamisen edistämiseksi ry.
- Saviyhdistys; Ranki, Teuvo. (ei pvm). *Kevytsavi*. (Saviyhdistys savirakentamisen edistämiseksi ry) Haettu 4. 10 2023 osoitteesta saviry:
<https://saviry.fi/rakentaminen/kevytsavi.html>
- Sitowise Oy. (ei pvm). *Kehykset yhteisille massojenhallinnan toimintatavoille*. (Sitowise Oy) Haettu 7. 10 2023 osoitteesta Smart Site -hanke:

<https://www.sitowise.com/fi/palvelumme/palvelut-teemoittain/smart-site-hanke>

Strömforsin Yrityspuisto Oy. (2023). *Strömforsin Ruukki*. Haettu 6. 10 2023 osoitteesta <https://stromforsinruukki.com/kohde/bed-bistro-krouvinmaki/>

Tiileri. (11. 10 2023). *Savijauho*. (info@tiileri.fi) Haettu 11. 10 2023 osoitteesta savi: https://tiileri.fi/?s=savi&post_type=product

Tiili-info. (13. 11 2014). *Tiiliteollisuus 85 vuotta*. Haettu 7. 10 2023 osoitteesta Suomen Tiiliteollisuusliitto ry: <https://www.tiili-info.fi/tiiliteollisuus-85-vuotta-2/>

Tiili-info. (13. 11 2014). *tiiliteollisuus määrä suomessa*. Haettu 6. 10 2023 osoitteesta Tiiliteollisuus 85 vuotta: <https://www.tiili-info.fi/tiiliteollisuus-85-vuotta-2/>

Torkki, A. (2020). *The Role of Demolition Process in Increasing the Recovery of*. Espoo: Aalto-yliopisto.

Urpolan Kartano. (ei pvm). *Urpolan kartano*. (Urpolan Kartano Ky, Perkiöntie 14, 31640 Humppila) Haettu 11. 10 2023 osoitteesta viikinkisauna: <https://www.urpolankartano.fi/saunat/>

Villeco Oy. (ei pvm). *Rakennustuotteet savesta ClayTec*. (Villeco Oy) Haettu 7. 10 2023 osoitteesta <http://www.villeco.fi>: <http://www.villeco.fi/claytec-edustus/>

Vista Crate. (ei pvm). *Kasbah*. Haettu 11. 10 2023 osoitteesta <https://create.vista.com/fi/photos/kasbah/>

Volhard, F.;& Westermarck, M. (1994). *Savirakentaminen -kevytsavitekniikka*. Helsinki: Rakennusalan kustantajat.

Westermarck, M.;& Vinha, J. (2023). *Esiselvitys luonnonmukaisista rakennustuotteista ja niiden käyttöpotentiaalista, Nature CO2- hanke*. tampere: Tampereen yliopisto.

Westermarck, M.;Heuru, E.-R.;& Bengt, L. (1998). *Luonnonmukaiset rakennusaineet*. Tampere: Teknillinen korkeakoulu, Arkkitehtiosasto.

Wienerberger Oy. (2023). *Tiilen pääraaka-aine on savi*. Haettu 7. 10 2023 osoitteesta <https://www.wienerberger.fi/inspiroidu-tiilesta/tiilen-valmistus/savi-raaka-aineena.html>

Wienerberger. (ei pvm). *Tiiliruukit ja tiilentekijät*. Haettu 7. 10 2023 osoitteesta Tiilenvalmistuksen historia: <https://www.wienerberger.fi/inspiroidu-tiilesta/tiilen-valmistus/Tiilenvalmistus-historia.html>

Wikipedia. (21. 12 2022). *Alunamaa*. (Wikipedia) Haettu 8. 10 2023 osoitteesta Hapan sulfaattimaa: https://fi.wikipedia.org/wiki/Hapan_sulfaattimaa

Wikipedia. (22. 7 2022). *Tiilitehdas*. Haettu 7. 10 2023 osoitteesta Wikipedia: https://fi.wikipedia.org/wiki/Tiilitehdas#cite_note-2

Wikipedia. (24. 8 2023). *Rammed earth*. Haettu 8. 10 2023 osoitteesta Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Rammed_earth

Wikipedia. (14. 9 2023). *Shibam*. (Wikipedia) Haettu 6. 10 2023 osoitteesta <https://en.wikipedia.org/wiki/Shibam>

Yle. (17. 6 2016). *Tiilitalojen lapset eivät itse rakenna tiilestä – talopaketit söivät tiilen suosion*. (Ukkonen, Risto) Haettu 7. 10 2023 osoitteesta Uutiset: <https://yle.fi/a/3-8963201>