



Eesti Kunstiakadeemia

Loora Orav

# **Tööstuskanepi rakendamine arhitektuurse materjalina ehitussektori keskkonnamõju vähendamiseks Eestis**

Magistritöö

Juhendajad: Martin Melioranski, Raul Kalvo  
Tallinn, 2023

# Autorideklaratsioon

Kinnitan, et:

1. käesolev magistritöö on minu isikliku töö tulemus, seda ei ole kellegi teise poolt varem (kaitsmisele) esitatud;
2. kõik magistritöö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd (teosed), olulised seisukohad ja mistahes muudest allikatest pärinevad andmed on magistritöös nõuetekohaselt viidatud;
3. luban Eesti Kunstiakadeemial avaldada oma magistritöö repositooriumis, kus see muutub üldsusele kättesaadavaks interneti vahendusel.

Ülaltoodust lähtudes selgitan, et:

- käesoleva magistritöö koostamise ja selle sisalduvate ja/või kirjeldatud teoste loomisega seotud isiklikud autoriõigused kuuluvad minule kui magistritöö autorile ja magistritööga varalisi õigusi käsutatakse vastavalt Eesti Kunstiakadeemias kehtivale korrale;

- kuivõrd repositooriumis avaldatud magistritööga on võimalik tutvuda piiramatul isikute ringil, eeldan, et minu magistritööga tutvuja järgib seadusi, muid õigusakte ja häid tavasid heas usus, ausalt ja teiste isikute õigusi austavalt ning hoolivalt. Keelatud on käesoleva magistritöö ja selles sisalduvate ja/või kirjeldatud teoste kopeerimine, plagieerimine ning mistahes muu autoriõigusi rikkuv kasutamine.

\_\_\_\_\_

(kuupäev)

\_\_\_\_\_

(magistritöö autori nimi ja allkiri)

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele:

\_\_\_\_\_

(kuupäev)

\_\_\_\_\_

(magistritöö juhendaja allkiri, akadeemiline või teaduskraad)

\_\_\_\_\_

(magistritöö juhendaja allkiri, akadeemiline või teaduskraad)



<b>Sissejuhatus</b>	<b>3</b>	<b>4. Tööstuskanepi turg ja tehas</b>	<b>50</b>
<b>1. Tööstuskanep</b>	<b>5</b>	4.1 Prognoositav turu kasv	50
1.1 Kanepi ajalugu	5	4.2 Kanepikiu ja -luu tootmine	52
1.2 Kanepitaime omadused	6	4.3 Optimaalne tehas ja tehaste arv Eestis	52
1.4 Kanepi kasvatamine	8	<b>5. Tehaste asukohtade määramine</b>	<b>55</b>
1.5 Kanepi kasutusala	11	5.1 Põllumajanduslik võrdlus	55
1.6 Kanepi põllumajanduslik olukord Eestis	15	5.2 Toetavad funktsioonid	58
<b>2. Kanepilubi</b>	<b>17</b>	5.3 Maakasutus võrdlus	60
2.1 Kanepilubja kasutusviisid	19	5.4 Asukohtade määramine	63
2.2 Kanepilubja eelised muinsuskaitse alustes ehitistes	21	<b>6. Kanepitööstlustehas Viiratsi näitel</b>	<b>64</b>
2.3 Kanepilubja omadused	22	6.1 Maakonna valik	64
2.3.1 Struktuuriomadused	23	6.2 Maakonna sisene asukoht	65
2.3.2 Tulekindlus	25	6.3 Kanepi tööstlustehas Viiratsi näitel	69
2.3.3 Niiskusomadused	26	6.4 Hetkeolukord	70
2.3.4 Soojusomadused	27	6.5 Planeering tehases	73
2.3.5 Akustilised omadused	28	6.6 Ehitusmetoodika	75
2.4 Kanepilubi tarindites	29	<b>7. Kokkuvõte</b>	<b>81</b>
2.5 Potentsiaalsed probleemid kanepilubja kasutades	34	<b>8. Abstract</b>	<b>83</b>
2.6 Kanepilubjast valmistooted – plokid ja paneelid	37	<b>9. Kasutatud materjalid</b>	<b>85</b>
2.6.1 Kanepist plokkide ja paneelide tootjad	37		
<b>3. Kanepilubjaga konkureerivad materjalid Eesti ehitusturul</b>	<b>42</b>		
3.1 Tehniliste omaduste võrdlus	44		
3.2 Hinnavõrdlus	45		
3.3 Ehituses asendamine	45		
3.4 CO <sub>2</sub> võrdlus	47		

# Sissejuhatus

Kogu maailma CO<sub>2</sub> emissioonidest moodustab 11% ehitussektoris laialdaselt kasutusel olev materjal – betoon. Sellele statistikale tuginedes võib väita, et keskkonnasõbralikemate materjalide kasutamine betooni asemel aitaks maailma jätkusuutlikumaks muuta.<sup>1</sup> Tänapäeval on inimeste teadlikkus tehnilike ehitusmaterjalide negatiivsetest mõjudest ja huvi säästlike materjalide vastu kasvanud.

Mind huvitab arhitektuuri valdkonnas ehitusmaterjal, mida hoone loomisel kasutatakse, ja pean oluliseks maailma kestlikkust. Arhitektuuri tudengina olen märganud mõtteviisi, kus projekteerides ei kasutata keskkonnale väikese negatiivse mõjuga ehitusmaterjale vaid hoone jätkusuutlikkus tagatakse

---

<sup>1</sup>Why the Built Environment? 2023. Santa Fe, 2023 Architecture 2030, <https://architecture2030.org/why-the-building-sector/> (vaadatud 05.05.2023).

taastuvate energiaallikate arvelt. Selline lähenemine ei tee hoonet ennast jätkusuutlikuks, sest näiteks tsemendil põhinevad ehitusmaterjalid lähevad üldiselt taaskasutusele tagasitäitena, mis on jäätmekäitluse hierarhias eelviimane eelistus.<sup>2</sup>

Eelkirjeldatust mõjutatuna, avastasin diplomitöö teemaotsingutel kanepibetooni. Eestis kasutatakse vaid osa kanepi tegelikust potentsiaalidest, sest valdav osa sellest jäetakse jäägina põldudele. Statistikaameti andmetel oleme võimelised kasvatama kanepit suurel hulgal, kuid meil puudub saagi töötlemise võimalus muuks kui seemneks, mida ei kasutata ehitusmaterjalina. Tegelikult on kanepist võimalik toota jätkusuutlik, kohalik ja väikese energiakuluga ehitusmaterjal. Eestil on potentsiaal, mida oma magistratöös avan.

---

<sup>2</sup>Jäätmed 2021. Tallinn, 2021 Eesti Keskkonnaministeerium, <https://envir.ee/ringmajandus/jaatmed> (vaadatud 05.05.2023).

Magistritöö eesmärk on uurida kanepibetooni omadusi ja selle kasutusalasid ning avastada võimalusi, kuidas seda rakendada Eesti ehituses mittekestlikumate materjalide asemel. Lisaks määran töö käigus potentsiaalse kanepi töötlustehase optimaalse mahu, asukohad Eestis ja materjali kasutamise näitlustamiseks projekteerin tehase.

Et saavutada magistritöö eesmärk, otsin vastuseid järgmistele uurimisküsimustele:

1. Kuidas kujuneb kanepitaimest ehitusmaterjal?
2. Milline on kanepitaime põllumajanduslik olukord hetkel Eestis?
3. Millised on kanepilubja omadused, kasutusviisid ja eelised?
4. Kuidas saaks kanepilubi muuta Eesti ehitusvaldkonda? Milline panus oleks kanepilubja kasutamisel Eesti ehitusvaldkonna jätkusuutlikkusele?
5. Mitut kanepi töötlustehast oleks Eestis vaja? Milline oleks optimaalse kanepi töötlustehase suurus Eestis?
6. Kuhu oleks mõistlik Eestis rajada kanepi töötlustehas?
7. Kuidas kasutada kanepilubja ehituses?

# 1. Tööstuskanep

## 1.1 Kanepi ajalugu

Tööstuskanepit võib nimetada üheks iidseimaks kultuurtaimeks, sest seda on sajandeid kasvatatud, et saada vastupidavat kiudu ja õlirikkaid seemneid. Arheoloogilised leiud Euroopas kirjeldavad peamiselt kahte kanepi kasutusviisi, milleks on kiust nööri ja kudumite valmistamine ning seemnete tarvitamine kõhutäiteks.<sup>3</sup> Lisaks on kanepit traditsiooniliselt kasutatud ka ravimtaimena.

Kanepitaime algkodumaa on teadmata, kuid arvatakse, et see pärineb Kesk-Aasiast, kus esineb siiani selle metsikuid vorme. Hiinas on kanep olnud teada kiviajast alates ning see oli seal ainus kohalik kiudtaim. Egiptlaste tutvumine kanepiga oli umbes 1500 aastat eKr ja seda järeldati templitel olevate

<sup>3</sup>Ü. Sillasoo jt. Kanepi ajalugu ja tänapäev. – Eesti Loodus 10/2003. Tallinn: MTÜ Loodusajakiri, 2003, lk 6–10.

kaunistuste põhjal. Eestis on erinevates linnades leitud keskaegsetest ladestustest kanepiseemneid.<sup>4</sup>

Loodusest leitav kanep on varavalmiv ja külmale ning kuivusele hästi vastupidav.<sup>5</sup> Kanepikiud on veel vastupidavad hõõrdumisele ja mädanemisele ning seetõttu oli materjal väga kasulik näiteks kalanduses ja laevanduses, sest seal puutub nööri kokku veega.<sup>6</sup>

20. sajandil oli Nõukogude Liit Euroopa suurim tööstuskanepi kasvataja. 1938. aastal kasvatati maailmas kanepit üle miljonil hektaril, millest 654 000 hektarit ehk 63% oligi Nõukogude Liidu maa-alal.<sup>7</sup> Kuni 2003. aastani ei saanud Eestis kasvatada kanepit põllukultuurina, sest vastavat seadustikku ei eksisteerinud. Kui enne 2003. aastat kasvatati kanepit Eesti aladel, siis ootas kasvatajat rahatrahv või kuni viieaastane

<sup>4</sup>R. Pere, Looduslikud ehitusmaterjalid. Tallinn: Ajakirjade kirjastus, 2008, lk 14.

<sup>5</sup>A. Miljan, Kanepikasvatus. Tallinn: Teaduslik kirjandus, 1947.

<sup>6</sup>Samas.

<sup>7</sup>Ü. Sillasoo jt. Kanepi ajalugu ja tänapäev, lk 6–10.

vangistus. Alates 2004. aastast saab Eestis kanepit kasvatada suuresti tänu vastava kohaliku seadusandluse ühtlustamisele Euroopa Liidu omaga.<sup>8</sup> 2018. aasta seisuga on suurimad kanepi töötledjad Euroopas Prantsusmaa, Itaalia ja Holland ning neljandalt kohalt leiab Eesti.<sup>9</sup>

## 1.2 Kanepitaime omadused

Tööstuskanepi taim, mida nimetatakse ka kanepitaimeks, kuulub *Cannabaceae* perekonda ja seda kasvatatakse tänase päevani mitmekülgse kiu ja söödavate seemnete saamiseks. Tööstuskanepit võib teemakauge inimene ajada segi kanepitaimelega, mis on narkootilise marihuaana ja hašiši

---

<sup>8</sup>T. Annuk, Tööstuskanepi kasvatus – Tartumaa Põllumeese Liit 2018, <https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2018/10/T%C3%B6%C3%B6stuskanepi-k%C3%B6%C3%B6mne-ja-tatrankasvatus.pdf> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>9</sup>*Poland Embraces European Potential for Industrial Hemp. Washington, DC, 2020* Frontier Financial Group, Inc., <https://newfrontierdata.com/cannabis-insights/polands-rise-to-a-new-european-hemp-powerhouse/> (vaadatud 05.05.2023).

allikaks, sest kõik kanepitaimed sisaldavad mingil määral tetrahüdrokannabinooli (THC), millel on tarvitades inimesele psühhoaktiivne toime.<sup>10</sup>

Kanep on kiirekasvuline püstine iga-aastane rohttaim<sup>11</sup>, mis koosneb neljast osast: seemned, vars, lehed ja juured<sup>12</sup> (joonis 1). Kanepitaim kasvab üldiselt pooleteise kuni nelja meetri pikkuseks ja selle vars on peenike ning seest õõnes, kasvutingimustest ja sordist olenevalt diameetriga 4–20 millimeetrit.<sup>13</sup>

Olenemata varre väiksest diameetrist ja õõnsusest, on see väga tugev tänu kiule.<sup>14</sup> Kanepikiud, mis asuvad puitunud

---

<sup>10</sup>*Hemp*. Chicago, IL, 2023 Britannica, <https://www.britannica.com/plant/hemp> (vaadatud 05.05.2023).

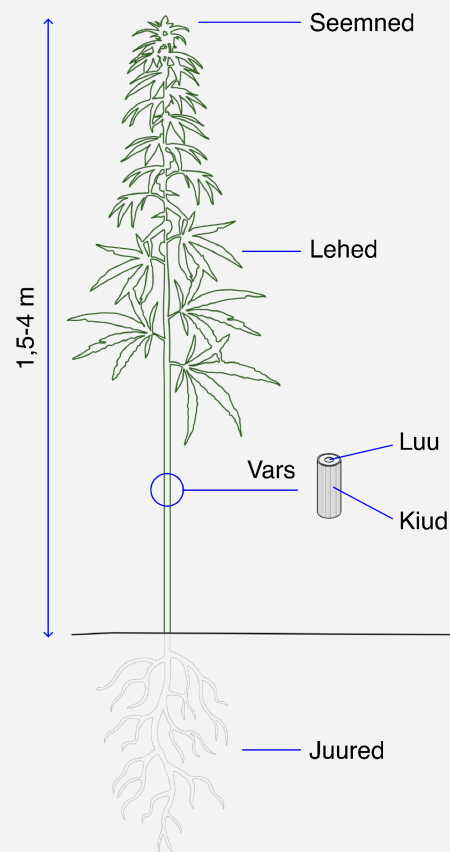
<sup>11</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*. Cambridge: Green Books, 2014, lk 15.

<sup>12</sup>*The Usages of Every Part of Hemp Plant*. Faridabad, 2023 Ukhi Store, <https://hempfoundation.net/the-usages-of-every-part-of-hemp-plant/> (vaadatud 04.05.2023).

<sup>13</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 15.

<sup>14</sup>Eesti Maheproteiini Ühistu, Kasvata Eesti kanepit- tulusalt ja kindlustundega 2022,

varre ümber olevas koores, on 1,2–2,1 meetrit pikad ning ülitugevad.<sup>15</sup> Taime juurestik on sügavale ulatuv ja tugev, mis aitab tuua toitaineid erinevatest mullakihtidest ja tagada vajaliku veevaru.<sup>16</sup>



Joonis 1: Kanepitaime 4 osa: seemned, lehed, vars, luu (autor Loora Orav)

<https://maaelu.postimees.ee/7614948/kasvata-eesti-kanepit-tulusalt-ja-kindlustundega> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>15</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 15.

<sup>16</sup>Eesti Maheproteiini Ühistu, *Kasvata Eesti kanepit- tulusalt ja kindlustundega 2022*, <https://maaelu.postimees.ee/7614948/kasvata-eesti-kanepit-tulusalt-ja-kindlustundega> (vaadatud 05.05.2023).

Kanepikiud on tugevamad ja paindlikumad kui teiste taimede, näiteks puuvilla ja puidu omad. Kanep saab koristusvalmiks 100 päevaga ning ühelt hektarilt saab korjata 8–10 tonni kanepitaimi. Lisaks neelab kanep süsinikdioksiidi ja eraldab rohkem hapnikku kui puud. Näiteks eraldab 0,4 hektarit kanepit rohkem hapnikku kui 10 hektarit metsa.<sup>17</sup>

## 1.4 Kanepi kasvatamine

Tööstuskanepi kasvatamine on legalne juhul, kui taim sisaldab väikeses koguses tetrahüdrokannabinooli ehk mitte rohkem kui 0,2%. Selline määrus kindlustab olukorra, kus kasvatatav taim ei ole psühhotroopsete omadustega ning klassifitseerub tööstuskanepiks. Lisaks tuleb jälgida enne

---

<sup>17</sup>T. Annuk, Tööstuskanepi kasvatus – Tartumaa Põllumeese Liit 2018, <https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2018/10/T%C3%B6%C3%B6stuskanepi-k%C3%B6mne-ja-tatras kasvatus.pdf> (vaadatud 05.05.2023).

põllul taime kasvatamist, et tööstuskanepi sort oleks kantud Euroopa Liidu sordiraamatusse.<sup>18</sup>

Kanepitaim on tõhus kasutada külvikorra vahepealse kultuurina, sest tal puuduvad paljude põllumajanduslikult kasvatatavate taimedega ühised kahjurid. Lisaks ei saa levida umbroht, sest kanepitaim kasvab kiiresti ja selle lehed varjavad maapinda valguse eest, mis omakorda aitab vältida ka mulla liigset kuivamist ja erosiooni.<sup>19</sup>

Tööstuskanepit saab kasvatada erinevatel mullatüüpidel ning see on üks kõige vastupidavamaid ja kohanemisvõimelisemaid kultuurtaimi.<sup>20</sup> Tänu umbrohu kasvu

---

<sup>18</sup>Ühtse pindalatoetuse, põllumajanduskultuuri ja heinaseemne täiendava otsetoetuse saamise nõuded ning toetuse taotlemise ja taotluse menetlemise kord ning täiendava otsetoetuse toetusõiguse üleandmisest teavitamise kord, 2010. Põllumajandusministeerium 2010. – Riigi teataja,

<https://www.riigiteataja.ee/akt/13293286> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>19</sup>Euroopa Komisjon, *Agriculture and rural development: Hemp*, [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en) (vaadatud 05.05.2023).

<sup>20</sup>R. Pere, Looduslikud ehitusmaterjalid. Tallinn: Ajakirjade kirjastus, 2008, lk 26.

takistamisele ja kahjurite vähesele vastuvõtlikkusele saab enamikel juhtudel vältida kanepi kasvatamisel insektitsiidide, herbitsiidide ja fungitsiidide kasutamist.<sup>21</sup> Kanepitaim õitseb juuli ja septembri vahel, mil teised taimed ei õitse, ehk taim toetab liigirikkust, pakkudes õietolmu.<sup>22</sup>

Kanepit võib kasvatada ainult varre jaoks või lasta sellel kasvada seemnekultuuriks. Samuti on võimalik kasvatada kanepit kahe erineva saadusega kultuurina nii kiudude kui ka seemnete jaoks, kuid see on palju vähem levinud, sest taime õitsemine põhjustab kiudude kvaliteedi vähenemist.<sup>23</sup> Isegi kui kiu kvaliteet väheneb, sobib seda ikkagi kasutada mitmete toodete valmistamiseks, sest vähenemine ei ole nii suur, et mõjutaks materjali kvaliteeti.

---

<sup>21</sup>Euroopa komisjon, *Hemp – Hemp production in the EU*, [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en) (05.05.2023).

<sup>22</sup>Samas.

<sup>23</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 21.

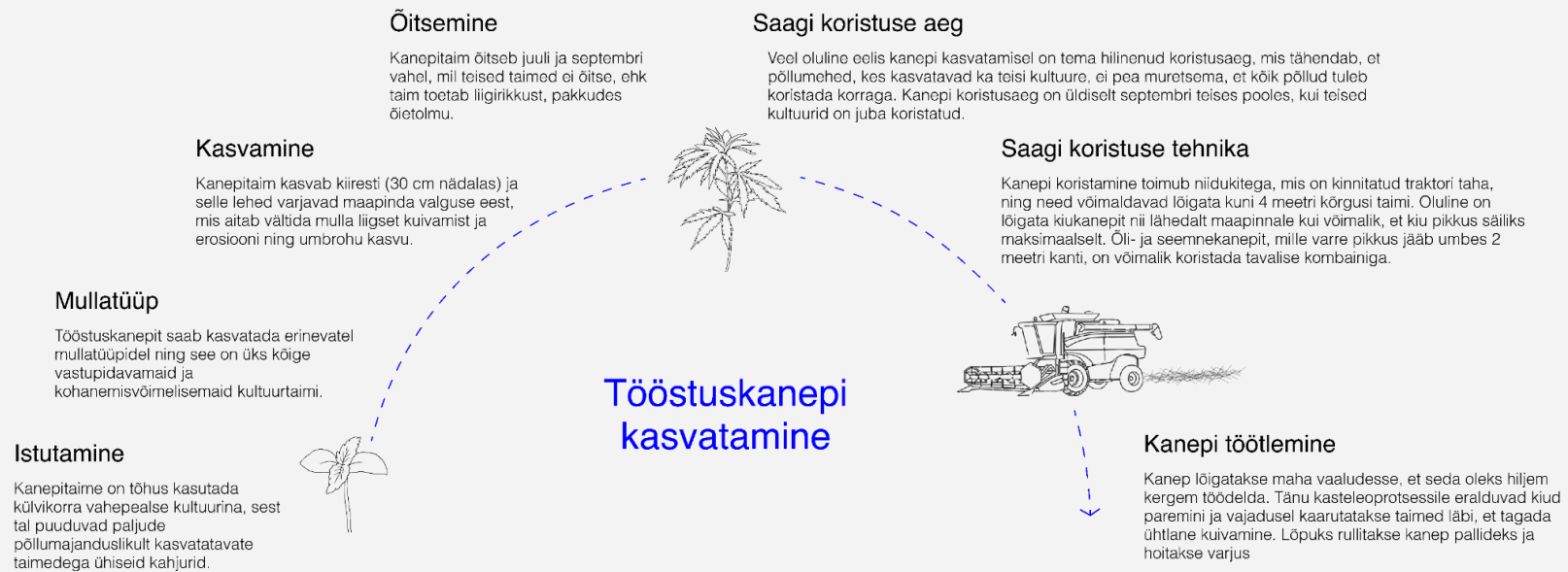
Veel oluline eelis kanepi kasvatamisel on tema hiline koristusaeg. Põllumehed, kes kasvatavad ka teisi kultuure, ei pea koristama kõiki põlde korraga. Kanepi koristusaeg on üldiselt septembri teises pooles, kui teised kultuurid on juba koristatud. Tänu sellele, sobib kanep väga hästi külvikorda.<sup>24</sup>

Kanepi koristamine toimub niidukitega ning need võimaldavad lõigata kuni nelja meetri kõrgusi taimi. Oluline on lõigata kiukanepit nii maapinna lähedalt kui võimalik, et kiu pikkus säiliks maksimaalselt. Õli- ja seemnekanepit, mille varre pikkus jääb umbes 2 meetri kanti, on võimalik koristada tavalise kombainiga. Kanep lõigatakse maha vaaludesse, mis aitab kiududel paremini lahti tulla ja vajadusel kaarutatakse taimed läbi, et tagada ühtlane kuivamine. Lõpuks rullitakse kanep pallideks ja hoitakse varjus.

---

<sup>24</sup>Eesti Maheproteiini Ühistu, *Kasvata Eesti kanepit- tulusalt ja kindlustundega 2022*, <https://maaelu.postimees.ee/7614948/kasvata-eesti-kanepit-tulusalt-ja-kindlustundega> (vaadatud 05.05.2023).





Joonis 2: Tööstuskanepi kasvatamise protsess (autor Looa Orav)

## 1.5 Kanepi kasutusala

Tänapäeval, kus meie teadlikkus sünteetiliste ehitusmaterjalide negatiivsetest kõrvalmõjudest kasvab, on tekkinud huvi vanemate ja looduslähedaste ehitusmaterjalide ja -meetodite vastu. Selle huvi taastärkamise üheks positiivseks mõjuks see, et hakkavad ilmuma uued looduslikud materjalid ja tehnikad, mis põhinevad vanadel tehnoloogiatel, kuid on kohandatud vastama meie tulevastele ehitusvajadustele.<sup>25</sup> Mõned neist materjalidest on tehtud tööstuskanepist.

Kanepitaimi on edukalt kasutatud ka toksiliste jäätmete puhastamiseks, et vähendada tuumaõnnetuste tagajärgi ja keemiliste ainete lekkeid. Kanepist valmistatud ehitusmaterjalid on mittetoksilised, mittesüttivad, hallituse- ja tulekindlad. Kanepist valmistatud paber on tugevam ja veele

---

<sup>25</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 7.

vastupidavam, mistõttu kasutatakse tööstuslikku kanepit ka maailma suurimate valuutade rahatähtedes.<sup>26</sup>

Kanepitaimest saadud seemneid kasutatakse toiduallikana ja jahvatatakse õlide tootmiseks mitmesugusteks eesmärkideks, sealhulgas tehnilisteks ja tööstuslikeks rakendusteks.

Kanepitaimede tervikuna võib kasutada biokütuse tootmiseks ja isegi kanepitaimede rakkudevahelist vedelikku on hakatud kasutama abrasiivsete vedelike tootmiseks.<sup>27</sup>

Kanepiluu, mis algselt on olnud kanepikiu tootmise jääkprodukt leiab tänapäeval palju kasutust erinevates valdkondades.<sup>28</sup> Näiteks toodetakse sellest erinevaid pabertooteid ja filtreid. Samuti kasutatakse seda ka pelletite,

---

<sup>26</sup>T. Annuk, Tööstuskanepi kasvatus – Tartumaa Põllumeeste Liit 2018, <https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2018/10/T%C3%B6%C3%B6stuskanepi-k%C3%B6%C3%B6ne-ja-tatras kasvatus.pdf> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>27</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 16.

<sup>28</sup>*Hemp Hurd*. Los Angeles, CA, 2023, Hemp Traders, <https://www.hemptraders.com/Hemp-Hurd-s/1950.htm> (05.05.2023).

bioplastiku ning kanepipuidu tootmiseks. Kõige rohkem kasutatakse kanepiluid aga ehitussektoris, kus sellest tehakse ehitusplaati, viimistuspõrandmaterjale, isolatsioonimaterjale ning kõige populaarsem ning enim kasutatust leidv *hempcrete* ehk kanepilubi.

Kanepiluu ehitusplaat on puidulaadne toode, mida saab kasutada puitkiudplaatide asemel. Sellel on lai kasutusvõimalus mööbli, uste ja aluspõrandate ehitamiseks ning seda saab kasutada ka teisteks kergemateks konstruktsioonideks.<sup>29</sup>

Kanepiluid lisatakse ka lubikrohvidesse, et muuta seda tugevamaks ning anda sellele soojapidavust. Katsed on näidanud, et kanepiluu ja/või -kiu lisamine lubikrohvidele

---

<sup>29</sup>*Hemp Board*. Los Angeles, CA, 2023, Hemp Traders, <https://www.hemptraders.com/Hemp-Hurd-s/1950.htm><https://www.hemptraders.com/Hemp-Board-s/1937.htm> (vaadatud 05.05.2023).

suurendab selle tugevust rohkem kui 300 protsendi võrra. Tõenäoliselt kasutatakse kanepikrohve kõige sagedamini just traditsiooniliste ja pärandehitiste müüritis- või kiviseintel, et parandada nende soojapidavust. Samuti ka jätkusuutlike uute hoonete seintel, mis on näiteks tehtud põhust, et lisada seintele lisakaitsekiht.<sup>30</sup>

Kanepikiudu kasutatakse ka loodusliku villatüüpi isolatsiooni tootmiseks. See pakub jätkusuutlikku alternatiivi tavalistele klaas- või mineraalvillast isolatsioonitoodetele. Looduslikest kiududest isolatsioonil on samaväärne või parem soojustõhusus kui laialdaselt levinud villatüüpi isolatsioonidel. On ka tõendeid selle kohta, et looduslikust kiust soojustusmaterjal püsib tõhusana pikemat aega kui sünteetilised tooted.<sup>31</sup>

---

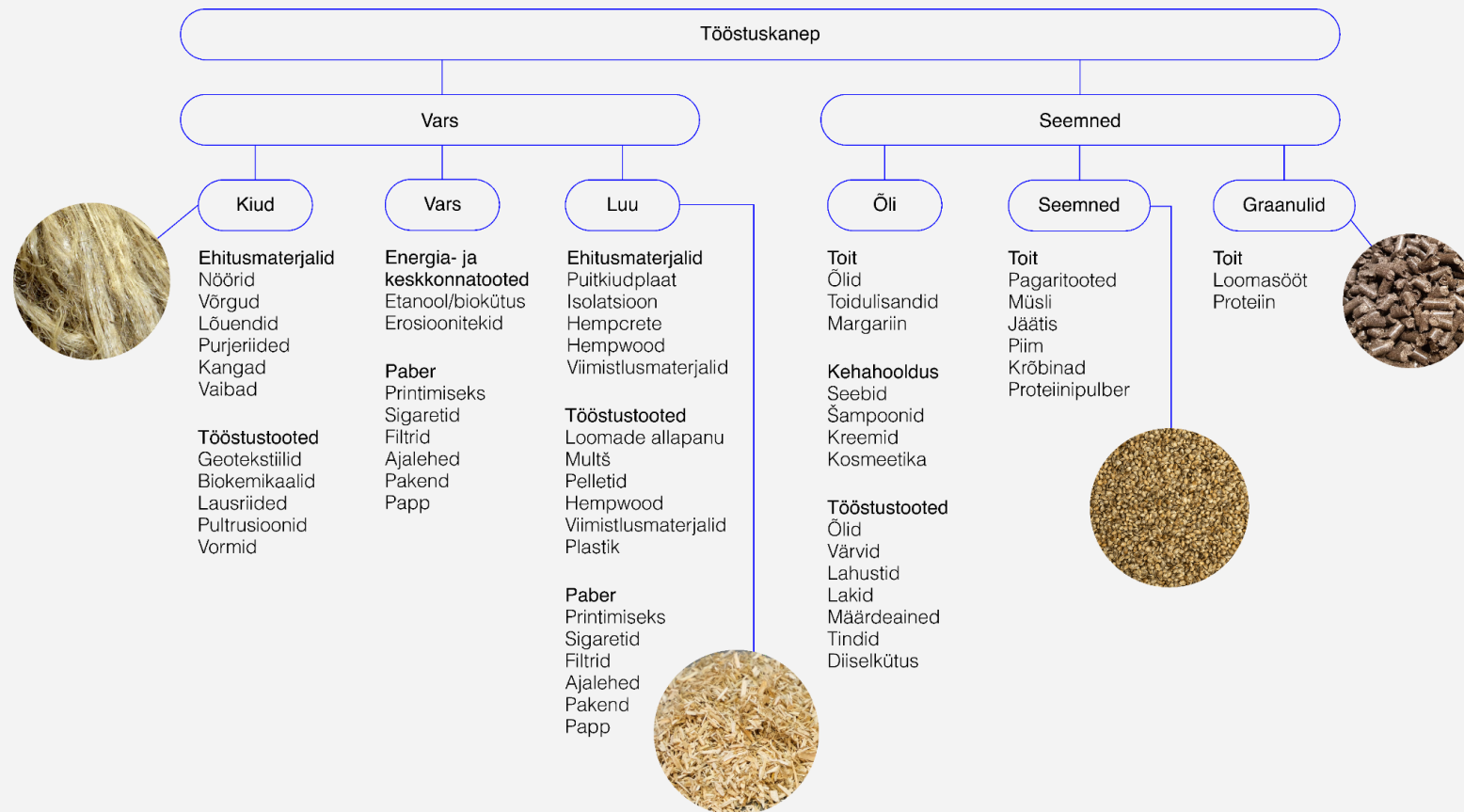
<sup>30</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 37.

<sup>31</sup>Samas lk 38–39.

*Hempcrete* on populaarne termin kanepilubja komposiitmaterjalide kohta. Seda valmistatakse kanepitaimest saadud puitunud varte tükeldamisel ja märgsegamisel lubjapõhise sideainega, et luua materjal, mis on vormidesse pandav. Kanepilubi sobib soojustusmaterjaliks nii uusehitistes kui ka vanade hoonete restaureerimiseks.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 23.



Joonis 3: Tööstuskanepi kasutusvaldkonnad (autor Loora Orav)

## 1.6 Kanepi põllumajanduslik olukord Eestis

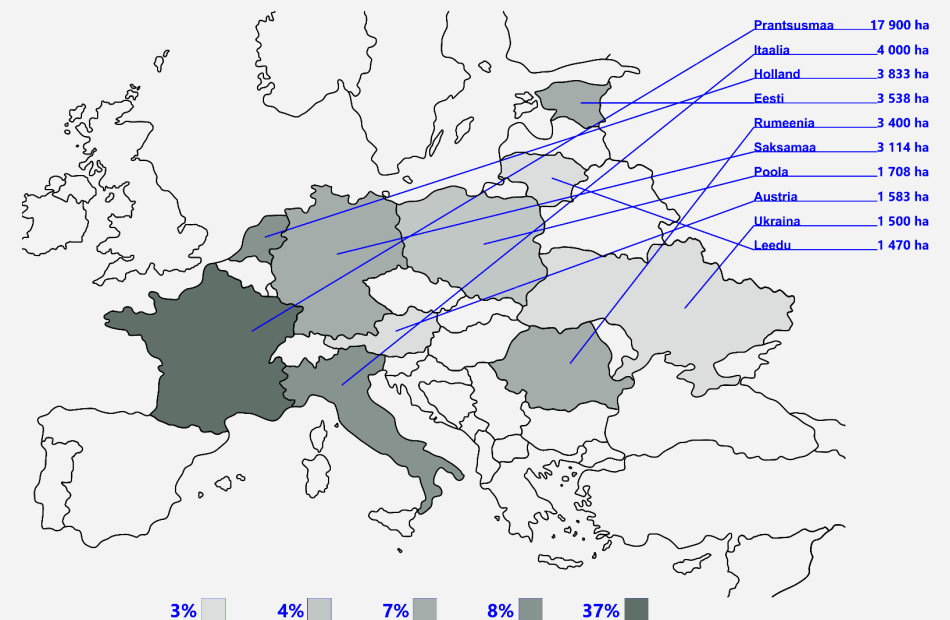
2018. aastate andmetel oli Eesti Euroopas neljas riik kanepi kasvatamises. Kanep kasvas 3538 hektaril ja meist rohkem kasvatas kanepit vaid Prantsusmaa, Itaalia ja Holland (Joonis 4).<sup>33</sup> Kuna Euroopasse kanepiseemneid transportides on väga kõrged standardid, siis hetkel lõigatakse taimede tipust ära ainult seemneid sisaldav ülemine osa<sup>34</sup>.

Nii kasutatakse meil ära ainult umbes 30% taimest (Joonis 5) ning ülejäänud osa, mida kasutatakse näiteks kangastes või ehitussektoris, jääb meil jäägina põldudele. Põllule jäänud ligikaudu 70% taimest rikastab mulda, kuid see on väga potentsiaalne toormaterjal ka muudeks otstarveteks. Eestis kasvatatavaid kanepisorte saab edukalt kasutada nii seemnete kui ka kiu saagiks. 2022. aastal kasvas Eestis

<sup>33</sup>France, Italy, Netherlands lead Europe for hemp land use, industry group says, Hemp Industry Daily, 2020, <https://hempindustrydaily.com/france-italy-netherlands-lead-europe-for-hemp-land-use-industry-group-says/> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>34</sup>R. Rõõm, suuline vestlus autoriga, 15.10.2022. Märkmed autori valduses.

tööstuskanep 6 286 hektaril ja kogu saagi varre osa jäi kasutusetta.<sup>35</sup>



Joonis 4: Euroopa tööstuskanepi kasvatajad 2018 seisuga (autor Loora Orav)

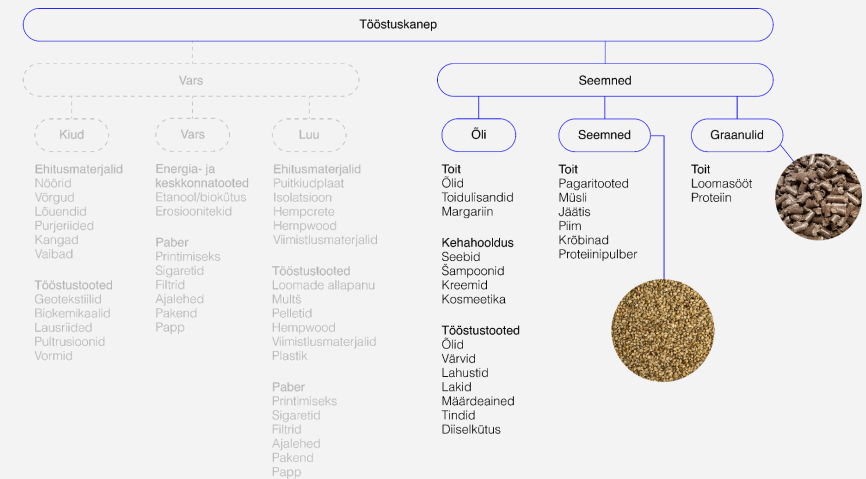
<sup>35</sup>R. Rõõm, suuline vestlus autoriga, 15.10.2022. Märkmed autori valduses.

Eesti on kõige põhjapoolsem riik, kus tööstuskanep kasvab. Geograafilise asukohta tõttu on Soomes, Rootsis ja Norras seda keerulisem kasvatada või pole üldse võimalik. Eestis asub Euroopa suurim kanepiseemnete koorimistehas. Selleks on Eesti Maheproteiini Ühistu, kelle sõnul on Eestis kanepit juba mõnda aega kasvatatud vaid kanepiseemnete saamise eesmärgil ja enamus nende toodangust eksporditakse. Kanepi hind ilma väärindamata koosneb enamjaolt transpordi hinnast. Seetõttu on just Eesti lähiriikidel mõistlik meilt kanepit importida.<sup>36</sup>

Sellele tuginedes, võib väita, et Eestis on väga suur kasutamata potentsiaal jätkusuutlike materjalide tootmiseks. Eestis puudub hetkel võimekus kanepitaime varreosa töödelda. See tähendab, et isegi kui kohalikud põllumehed säilitaksid terve taime, siis poleks sellele kasutust.

<sup>36</sup>R. Rõõm, suuline vestlus autoriga, 15.10.2022. Märkmed autori valduses.

Kanepitaime ei saaks töödelda ka naaberriikide tehastes, sest toorainet ei ole kasumlik transportida kaugemale.



Joonis 5: Tööstuskanepi kasutusvaldkonnad Eestis (autor Looa Orav)

## 2. Kanepilubi

Kanepilubi on looduslik, tervislik, jätkusuutlik, kohalik ja väikese energiakuluga ehitusmaterjal, mida võib pidada süsiniknegatiivseks materjaliks (Joonis 6). Kasvades kanepitaim seob suures koguses süsinikdioksiidi, ning sellest tehtud hoone eluea lõpus on võimalik ehitusmaterjal täielikult taaskasutada või komposteerida. Kanepilubi on väga atraktiivne valik isehitajatele, kuna see ehitusmeetod nõuab suhteliselt vähe spetsiifilisi oskusi ning masinaid.<sup>37</sup>



Joonis 6: Kanepilubi (Hempblock USA)

---

<sup>37</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 9.



Kanepilubi töötati välja Prantsusmaal 1980. aastate keskel, kui prooviti leida sobivat asendust keskaegsetes poolpuithoonetes lagunevatele savisegudele. Sõjajärgsel perioodil kasvas teadlikkus kogu Euroopas ulatuslikust kahjust, mida põhjustas läbimõttlemata tavalise tsemendi kasutamine keskaegsete hoonete taastamiseks. Tsemendi kasutamine looduslike auru läbilaskvate mulla- ja lubimörtide asendusena takistas hoone hingamist. See omakorda viis selleni, et niiskus ei pääsenud enam hoonest välja ja kahjustas puitkonstruktsioone.<sup>38</sup>

Otsiti materjali, mis mitte ainult lubaks hoonel hingata, vaid annaks ka piisavalt isolatsiooni välistingimuste eest. Avastati, et kanepitaime väga vastupidav ning tugev vars, mis on võimeline muutuma märjast kuivaks ja vastupidi peaaegu lõputult ilma lagunemiseta, on selle efekti saavutamiseks ideaalne täiteaine lubimörtidele lisamiseks. Tänu kanepiluu

---

<sup>38</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 23.

enda raku- ning maatriksstruktuurile, mille loovad kanepiluutükid koos lubja seguga seinas, on kanepilubjal hea niiskuse imamis- ja eraldamisvõime. Tänu materjali poorsusele on seal ka palju õhku, mis teeb sellest hea isolatsioonimaterjali ning lubja lisamine annab sellele piisava tiheduse, et teha sellest ka hea soojussalvesti. Peaaegu koheselt, kui see materjal välja töötati, hakati katsetama selle toimivust ka uusehitistes, ning leiti, et kanepilubi sobib ka sinna.<sup>39</sup>

Üldlevinud sideaine kanepilubjas on lubi. Kuid kasutuses on ka erinevaid teisi, näiteks tsement ja savi. Kõige loodussõbralikum on segudes kasutada savi, kuid see vähendab materjali veekindlust. Eesti kontekstis võiks tulevikus proovida sideainena kasutada ka põlevkivituhast komposiitmaterjali.<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 23.

<sup>40</sup>M. Luht, suuline vestlus autoriga, 15.10.2022. Märkmed autori valduses.

## 2.1 Kanepilubja kasutusviisid

Kanepilubja kasutust saab jagada üldjoontes kaheks.

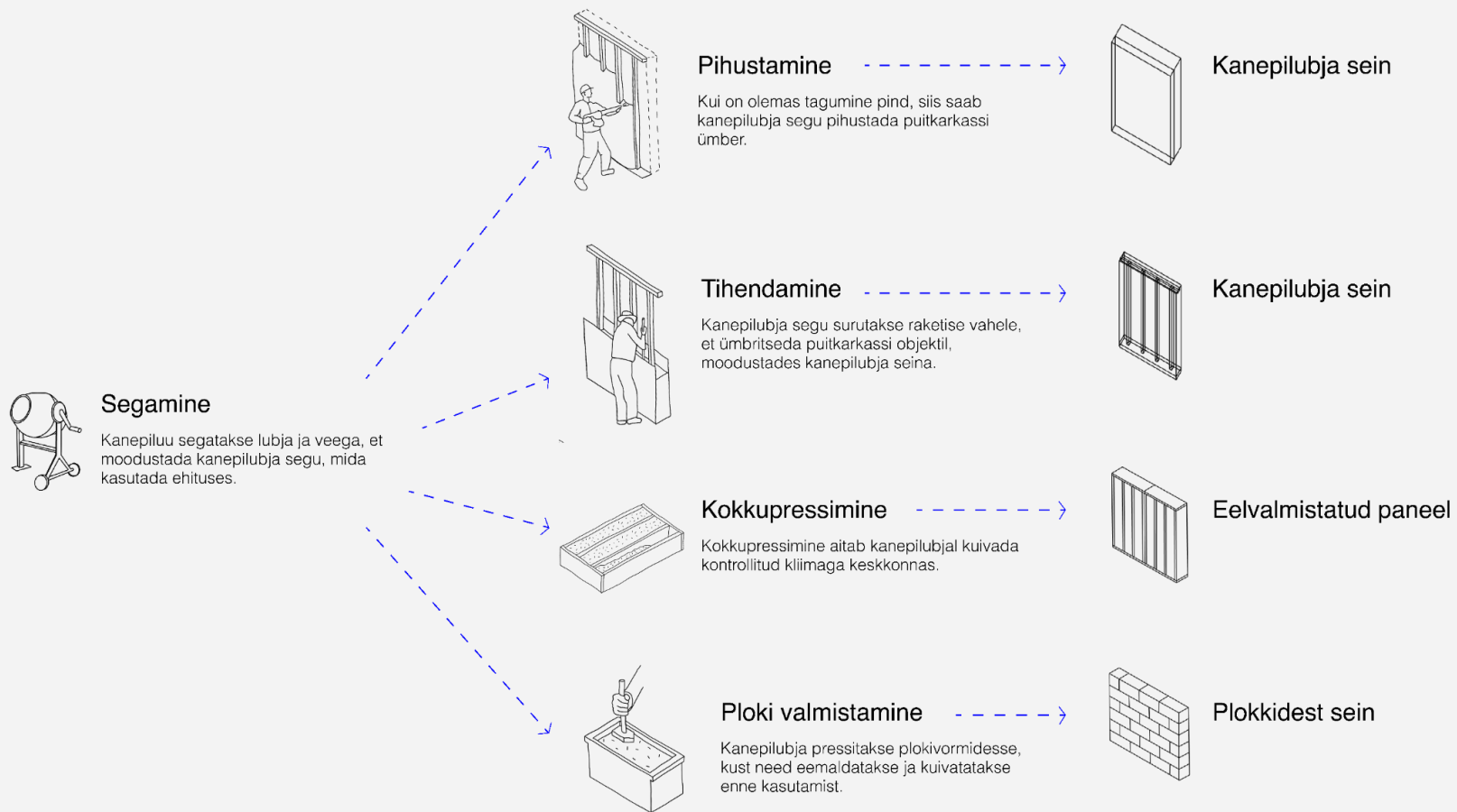
Esimene viis on kohapeal segu valmistamine, kus segu asetatakse või pihustatakse otse raketisse või vormi (Joonis 7). Kanepilubi on mittekandev materjal ja see valatakse alati karkassi ümber, mis on üldiselt ehitatud puidust. Uusehitiste puhul on tavaline meetod ehitada lihtne puitsõrestik konstruktsioon ja matta see kanepilubja keskele. Peale segu asetamist, peab see kuivama, kuni on saavutanud piisava tugevuse, et ennast koos hoida. Seejärel eemaldatakse raketis ning jäetakse ta järgmiseks paariks nädalaks kuivama. Kui kanepilubi on piisavalt kuiv, saab sinna peale kanda viimistlusmaterjali.

Alternatiiviks kohapealsele valmistamisele, saab kanepilubja valada ka plokkideks või paneelideks. See toob kaasa selged eelised ehitusplatsil ajaplaneerimises, kuna kogu kuivamisprotsess toimub eelnevalt, ehitusplatsilt eemal, ning

kogu ebamäärasus seoses ajaplaneerimisega on tänu sellele elimineeritud. See on suur eelis just suuremahulistel ehitustel või kui ehitus peab toimuma talvel. Eelvalmistamine võib olla sageli keerulisem viis kanepilubja valmistamiseks, sest vajab suuremat arvu protsesse ja materjale, mis omakorda tähendab, et tegemist võib olla vähem säästva ehitusmeetodiga.<sup>41</sup>

---

<sup>41</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 27–28,30.



Joonis 7: Kanepilubja erinevad kasutusviisid ehituses (autor Loora Orav)

## 2.2 Kanepilubja eelised muinsuskaitse alustes ehitistes

Kanepilubi ei ole mitte ainult sobiv isolatsioonimaterjal vanemates hoonetes, vaid mitmel juhul on see ainus sobilik materjal eriti muinsuskaitse all olevates hoonetes kasutamiseks. Tasub mainida, et nagu iga sekkumise korral vanasse hoonesse, tuleks vaadata seda kui ühtset süsteemi ning samal viisil peaks käsitlema ka kanepilubjaga soojustamist, silmas pidades kogu hoone soojuslikku toimivust. Kanepilubja kasutamisel mälestistes on olulisi eeliseid. Kanepilubi töötab muinsuskaitse all olevate hoonete originaalmaterjalidega kooskõlas ja sarnaselt nendega, tagades hingava süsteemi säilimise.<sup>42</sup>

Kanepilubi on hügrokoopsem kui puit, seega see “imeb aktiivselt puitraamidelt niiskuse eemale ja väljastab selle

---

<sup>42</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 271–272.

õhku, aidates nii puitu säilitada. See on eriti oluline väliselt avatud puitsõrestike puhul.<sup>43</sup>

Enamus muinsuskaitsealustest hoonetest ei ole täisnurksed ega ehitatud tänapäevaste mõõtude järgi ning vanad puitsõrestikud on tavaliselt üsna kõverad. Kanepilubja kasutamine on kuluefektiivsem, sest siis ei ole vaja lõigata isolatsiooniplaate erineva kuju ja suurusega sõrestikkonstruktsioonide vahele mahutamiseks. Samuti täidab kanepilubi lahtise täidisena kõik tühimikud, kui see asetatakse vastu ebatasaseid kiviseinu. Kanepilubjale sobivad viimistlused on samad, mis enamikel muinsuskaitsealustel hoonetel, näiteks lubikrohv. Kanepilubi valatava materjalina muudab originaalis kõverate joonte säilitamise lihtsaks.<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 271–272.

<sup>44</sup>Samas.

## 2.3 Kanepilubja omadused

Kõige enam eristab kanepilubja teistest ehituses kasutatavatest komposiitmaterjalidest, näiteks betoonist, tema väga suur poorsus just mikroskoopilisel tasandil. See poorsus annab kanepiluu osakestele paindlikkuse, ja see koos poorsusega, mis tekib kanepi osakeste paiknemisel valmismaterjalis, annab kanepilubjale palju ainulaadseid omadusi - kergus, veeauru läbilaskvus ning head akustilised ja isolatsiooni omadused. Need omadused puuduvad erinevatel tsemendi- ning betoonisegudel, mis tavaliselt sisaldavad raskeid ja mittepõrseid täitematerjale.<sup>45</sup>

Üks kõige huvitavamaid omadusi kanepilubja mehaanilise käitumise juures on selle hõlbus kohandatavus, muutes segus oleva sideaaine ja kanepiluu suhet. Vahekorra muutmine aitab valmistada erinevaid kanepilubja segusid, mis kõik võivad olla

---

<sup>45</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 87–89.

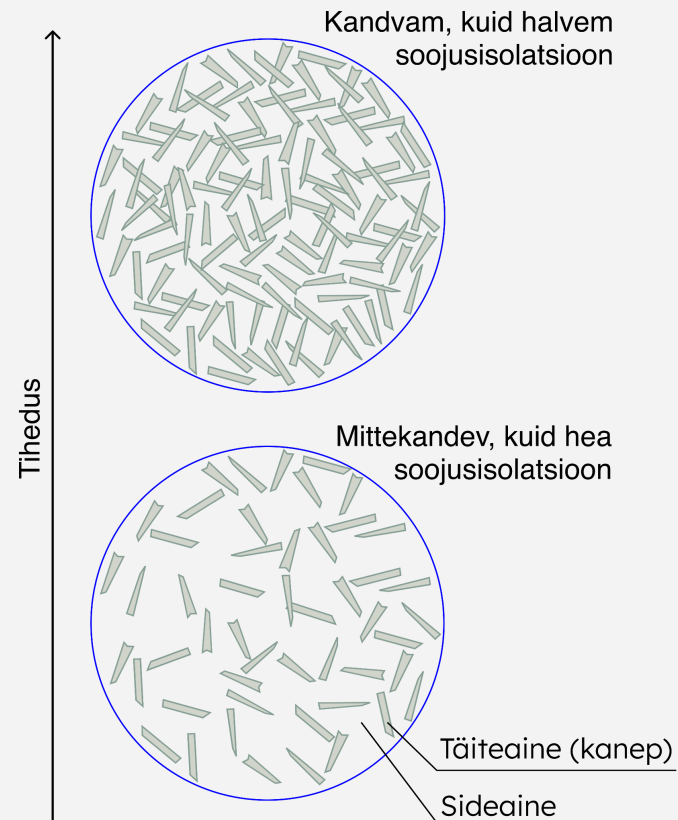
kohandatud konkreetsetele rakendusele. Näiteks katuseisolatsiooniks vajab kanepilubi madalama tihedusega segu, kus on vähem sideainet, sest soojuslikud omadused on olulisemad kui valatava materjali mehaaniline tugevus.<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup>Samas.

### 2.3.1 Struktuuriomadused

Kanepilubja kui konstruktsioonimaterjali on uuritud põhirõhuga eelvalatud plokkidel, mida jagatakse soojustusplokkiks (madalama tihedusega) või konstruktsioonplokkiks (suurema tihedusega). Kandvate konstruktsioonide jaoks vajaliku survetugevusega plokkide saavutamiseks on vaja kanepilubja tihedust oluliselt suurendada. Kuna see saavutatakse segus sideaine osakaalu suurendamisega, kas tsemendi ja/või liiva lisamisega, saab konstruktsiooni tõhusust saavutada ainult teatud isolatsiooniväärtuse arvelt, mis on tegelikult peamine kanepilubja kasutamise põhjus (Joonis 8). Seetõttu kasutatakse kanepilubi plokkide tavaliselt soojustusmaterjalina, seda kohapeal ümber puitsõrestikku valades.<sup>47</sup>



Joonis 8: Kanepilubja tiheduse mõju kandmisvõimele ja soojusisolatsioonile (autor Loora Orav)

<sup>47</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 90.

Ehkki kanepilubi ei sobi iseseisvaks konstruktsiooniks, on segul oluline roll, osana puitsõrestik karkassist, mida ta ümbritseb. Pärast täielikku kõvenemist annab kanepilubi konstruktsioonile juurde tugevust, suurendades oluliselt selle võimet vastu pidada välisjõududele, näiteks tuulele. Lisaks kaob seeläbi vajadus traditsiooniliselt sel eesmärgil kasutatavate puidust diagonaaltugede järel. Uuringud on näidanud, et kanepilubjast täidis annab konstruktsioonile peaaegu kümme korda rohkem jäikust kui puidust diagonaaltoed seda teeks. Samuti ei deformeeru kanepilubjaga täidetud puitsõrestik konstruktsioon kohe, kui üks kandva raami osa puruneb. See on oluline just eriti piirkondades, kus esineb maavärinaid, et vähendada laastavaid tagajärgi.<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 91.

Kanepilubja kasutamine puitsõrestiku tugevdamiseks aitab vähendada ka puidu kogust konstruktsioonides, näiteks diagonaal- ja horisontaalliidete vähendamisega. Samuti kulub segu kasutades vähem aega puitsõrestiku ehitamisele, kuna diagonaalide lõikamine ja paigaldamine on kõige aeganõudvam osa selle ehituse juures.<sup>49</sup>

---

<sup>49</sup>Samas lk 90.

### 2.3.2 Tulekindlus

Kanepilubja tihedus ja see, et kanepiluu on üleni ümbritsetud lubi sideainega, tähendab, et seda on väga raske süüdata. Nii moodustab kanepilubi kaitsva barjääri konstruktsiooni ning tule vahel.<sup>50</sup>

Euroopa Standardikomitee jaoks tehtud katses, mis teostati kanepilubjaga ümbritsetud puitsõrestik konstruktsiooniga seinal, leiti, et 60 minutit tulepüsivust on võimalik. Katsed ja uuringud näitavad, et potentsiaalne kasutamine kohtades, kus on nõutav ühetunnine tulepüsivus, vastab enamikule valmiselementide ning hoonete tulekindlusnõuetele.<sup>51</sup>

---

<sup>50</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 98.

<sup>51</sup>Built Environment Sustainable Research and Consultancy, *Hemp Lime Bio-composite as a Building Material in Irish Construction 2012*, <https://www.equilibrium-bioedilizia.it/sites/default/files/allegati/Hemp%20Lime%20Bio-composite%20as%20a%20Building%20Material%20in%20Irish%20Construction.pdf> (vaadatud 05.05.2023).



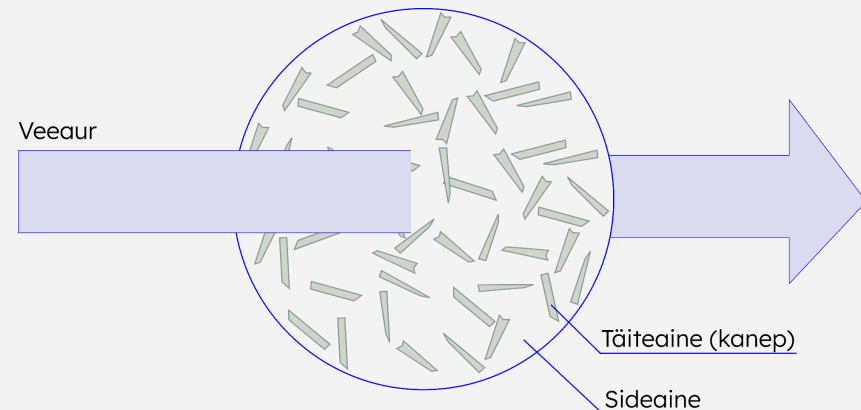
### 2.3.3 Niiskusomadused

Sageli on materjalide tootmisel keskendutud just materjalidele, mis on mõeldud aurutõkke moodustamiseks, et hoida niiskus hoonest eemal. Kuid viimastel aastatel on hakatud üha enam mõistma, et sellised materjalid ükshetk lakkavad toimimast ning püüdes hoida niiskust väljaspool, toimivad nad ka vastupidiselt, hoides niiskust sees. See kahjustab traditsioonilisi ehitusmaterjale ja tekitab niiske, külma ning ebatervisliku keskkonna.<sup>52</sup>

Kanepiluu on looduslikult auru läbilaskev materjal, mis tähendab, et tänu oma poorsele olemusele laseb see veeaurul läbi enda liikuda (Joonis 9). See on võime imada ja hoida enda pooride sisepinnal ümbritseva keskkonna niiskust, vabastades selle uuesti tagasi keskkonda, kui niiskustase seal muutub. See on ehituses väga oluline, sest

<sup>52</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 94.

takistab kondensaadi ja ka hallituse teket seinte pinnal, mis omakorda on kasulik siseruumi õhukvaliteedile. Kanepiluu suudab niiskust korduvalt endasse imeda ja seejärel välja lasta ilma enda kvaliteeti langetamata ja seda peaaegu määramatu aja jooksul. Vaatamata sellele ei tohiks kanepilubi olla pidevas kokkupuutes veega.<sup>53</sup>



Joonis 9: Veeauru liikumine läbi kanepilubja (autor Looa Orav)

<sup>53</sup>Samas lk 93.

### 2.3.4 Soojusomadused

Kui kanepilupja vaadelda vaid kui soojustusmaterjali, siis ei suuda ta samal määral konkureerida kergete ja õhukeste soojustusmaterjalidega. Samas aga täidab kanepilubi praktiliselt kogu seinapaksuse ja saavutab väga head U-väärtused (Joonis 10). Need on ligikaudsed väärtused, mis põhinevad laboratoorsetel katsetel. Täpne saavutatav U-väärtus varieerub veidi sõltuvalt kanepilubjas kasutatavast sideainest ja materjali tihedusest, mis saavutatakse seda puitsõrestiku konstruktsiooni surudes.<sup>54</sup>

Hempcrete seina paksus (mm)	250	300	350	400
U-väärtus (W/m <sup>2</sup> K)	0,23	0,2	0,17	0,15

Joonis 10: Kanepilubja U-väärtused erinevate seinapaksuste juures (autor Looa Orav)

<sup>54</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 95–97.

Tänu võimele konstantselt imada ja vabastada niiskust läbi seinapinna ümbritsevasse keskkonda, reguleerib kanepilubjast sein passiivselt ka temperatuuri. See omakorda aitab hoida hoone sisekliima kvaliteetsena nii suvel kui talvel, stabiliseerides päevase ja öise temperatuuri ning vähendades soojuse kogunemist seinapinnale.<sup>55</sup>

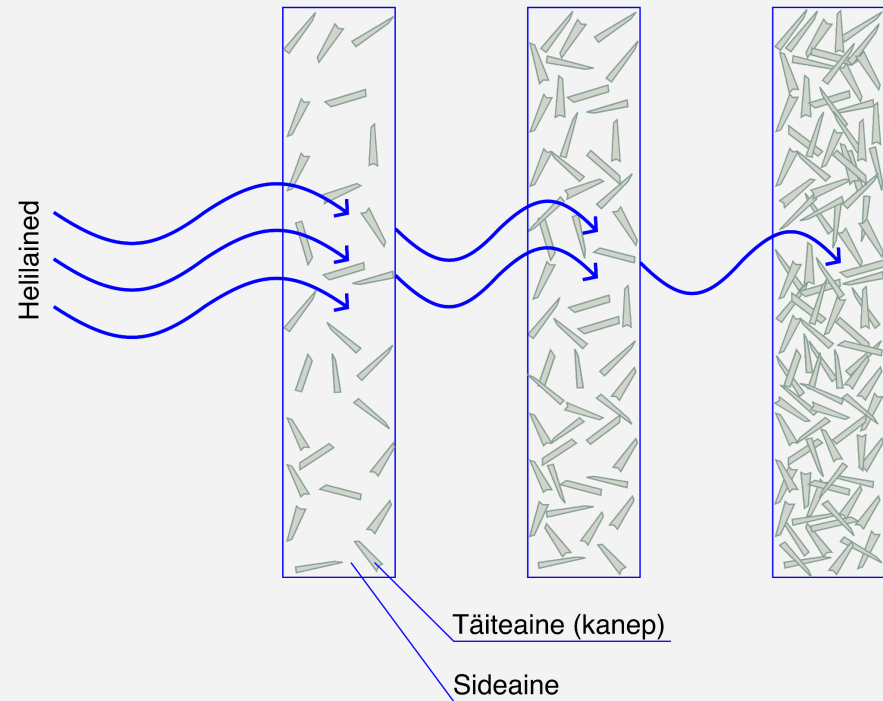
Kohapeal valatud kanepilubi moodustab monoliitse pinna, mis tähendab, et peale krohviga katmist, on sellel ainulaadne eelis saavutada hea õhutihedus ja vähendada külmasildade teket. Eelmainitud omadustel on väga positiivne mõju materjali energiatõhususele ka väga komplekssetes hoonetes.<sup>56</sup>

<sup>55</sup>Samas lk 95–97.

<sup>56</sup>Samas lk 95–97.

### 2.3.5 Akustilised omadused

Kanepilubja mikro- ja makropoorsus on sama kasulik nii materjali akustilisele kui ka soojuslikule toimivusele. Erinevad tihedusastmed tagavad akustilise kvaliteedi, mis on ebatavaline ja erineb tavapärastest ehitusmaterjalidest. Kaks peamist kanepilubja tihedust mõjutavat tegurit on lisatava sideaine kogus segus ja saavutatav tihedus ehitusplatsil vormidesse panemisel. Neid parameetreid muutes on võimalik valmistada spetsiaalseid segusid, mis vastavad konkreetsele heliisolatsiooni vajadusele (Joonis 11).<sup>57</sup>



Joonis 11: Helilainete liikumine läbi erineva tihedusega kanepilubjast seinte (autor Loora Orav)

<sup>57</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 98.

## 2.4 Kanepilubi tarindites

Vundamendi projekteerimine kanepilubjaga ehitades on üsna lihtne ja ei erine üldehitusest, välja arvatud juhul, kui on vaja kasutada erivundamente. Kanepilubjast seinte kaal on väiksem kui tavalise kivihoone seinte, nii võivad olla vundamendi ehituse kulud madalamad. Vundamendi laiust mõjutab kanepilubjast seinte paksus ja seal saab kasutada tavalist betoonvundamenti. Mõned kanepilubja kasutajad eelistavad lubjabetoonist vundamente tavalise betooni asemel, sest nad usuvad, et see on keskkonnasõbralikum.<sup>58</sup>

Kanepilubjast seinakonstruktsioon toetub vundamendile ja tõuseb maapinnast vähemalt 250 mm kõrgusele. See on vajalik, et kaitsta kanepilubjast seina maapinnalt pritsiva vee

---

<sup>58</sup>B. R. Woolley, *Hemp Lime Construction* 2008, <https://courses.nus.edu.sg/course/bdgchewm/PF2302%20-%20Hemp%20Concrete/Appendix/Appendix.pdf> (vaadatud 05.05.2023).

eest. Vundamendil on niiskuskindel kiht (veetõke), mis on kinnitatud sokli ja/või põrandaplaadi külge.<sup>59</sup>

Kõige loomulikum ja säästlikum viis sokli ehitamiseks on kasutada kohalikku kivi või traditsiooniliselt valmistatud telliseid ning kasutada lubimörti või looduslikku tsementi. Tavaliselt on sokli laius sama nagu kanepilubjast seinal, mis võimaldab viimistluse allosas väikest üleulatuvust. See tähendab, et vihmavesi, mis mööda seina alla voolab, saab nõrguda kanepilubja allosast maapinnale. Laiuse vajadus sõltub kivi tüübist, ehitusmeetodist ja kantavast koormusest.<sup>60</sup>

Kanepi ja lubja segust põrand säilitab soojust ja tagab niiskuskindluse ning seda saab viimistleda näiteks puidust ehitustoodetega. Kanepilubja hoolikas paigaldamine

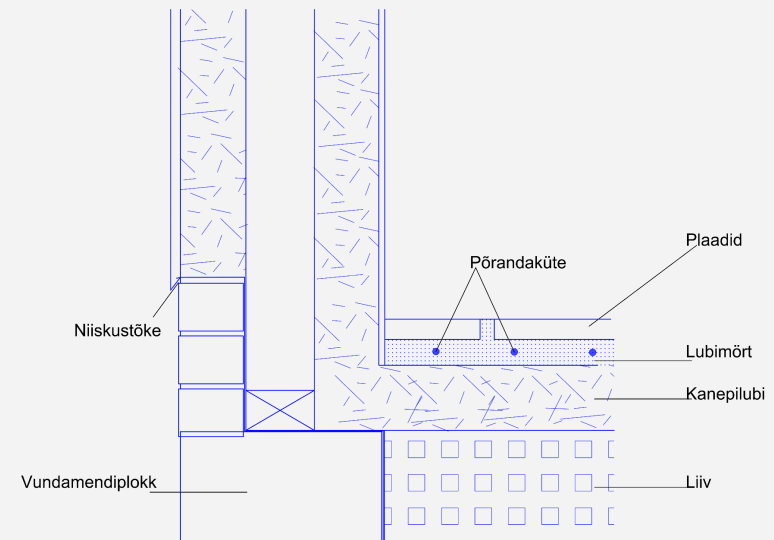
---

<sup>59</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 151.

<sup>60</sup>Samas lk 151.

võimaldab moodustada kanepilubjast seintega katkematu kihi ning vähendada külmasildade teket. Põranda auru läbilaskvus tuleb säilitada, kasutades hingavaid viimistlusi, et vältida niiskuse kogunemise ohtu.<sup>61</sup>

Kanepilubjakiht valatakse killustiku kihi peale, mis annab kindla aluse, lisaisolatsiooni ja tagab põrandaaluse õhuliikumise. Segu peab ühtlaselt jaotuma, kuid pind ei pea olema täiesti sile, sest lubimördi tasanduskiht annab põrandale vajaliku taset. Põrandakattena soovitatakse kasutada ainult hingavaid plaate, näiteks terrakotat. Kõik torud ja juhtmed võib paigutada soojustuskihi sisse ning vajadusel võib paigaldada ka põrandaküttetorud, mis asetsevad segu sees (Joonis 12).<sup>62</sup>



Joonis 12: Vundamendi sõlme näide (autor Looora Orav)

<sup>61</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 222.

<sup>62</sup>Samas lk 223.

Kergekaalulist kanepilubja segu kasutatakse tavaliselt põrandatalade vahel. Selle paigaldamine on lihtne ja kiire ning õhkvahet talade ja järgmise kihi vahel pole vaja jätta. Kanepisegu jäetakse kergelt üle põrandatalade ning plaadi või laudade kinnitamine talade külge tagab soojustuskihi kokkusurumise.<sup>63</sup>

Vundamendi peale ehitatakse puitsõrestik konstruktsioon ja nende vahele tuleb paigaldada hüdroisolatsioon. Üldlevinud meetod on ehitada lihtne puitsõrestik. Kõik kinnitused peavad olema leelisekindlad (roostevaba teras või naelte puhul kuumtsingitud), kuna need peavad vastu pidama kanepilubja segus oleva lubja korrosioonile.<sup>64</sup>

Karkass on tavaliselt kanepilubjaseina keskel, kuid kui midagi on vaja kinnitada seinale, siis võib karkassi viia seina äärde

---

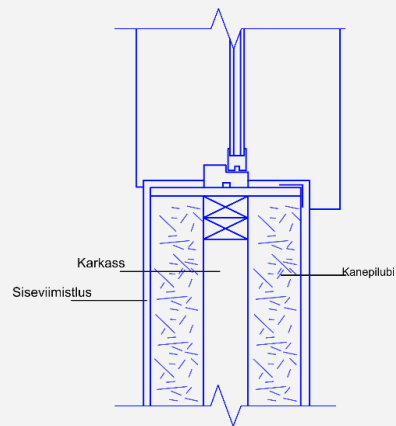
<sup>63</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 223.

<sup>64</sup>Samas lk 223.

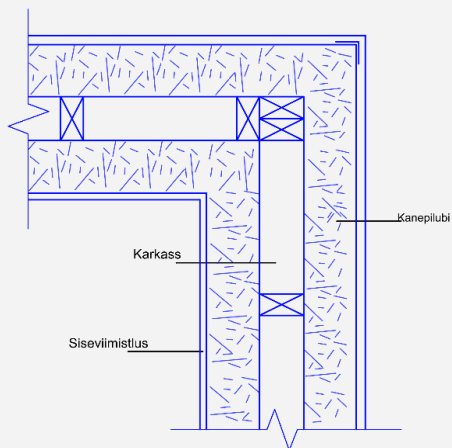
(Joonis 13). Näiteks seinale, mis kaetakse väljast puidu või müüritisega, oleks kasulik, kui raam oleks seina välispinnaga samal tasapinnal. Samuti on tavaline, et ruumis, kus tuleb seina sisse teha palju tugevaid kinnitusi, näiteks köögiseinakappide riputamiseks, on normaalne, et raam on seina sisepinnaga samal tasapinnal. Raami asetamine seina kummagi pinnaga ühele tasapinnale nõuab lisapuitdetailide lisamist, et ülejäänud kaks kolmandikku seinast oleks korralikult toetatud.<sup>65</sup>

---

<sup>65</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 137.



Vahelagede soojustuse jaoks kasutatakse kanepilupja harva, sest lisakulutused on sellisel juhul ülemäära suured. See on mõistlik vaid juhul, kui on vaja suurendada heli- või soojusisolatsiooni hoone erinevate osade vahel.<sup>66</sup>

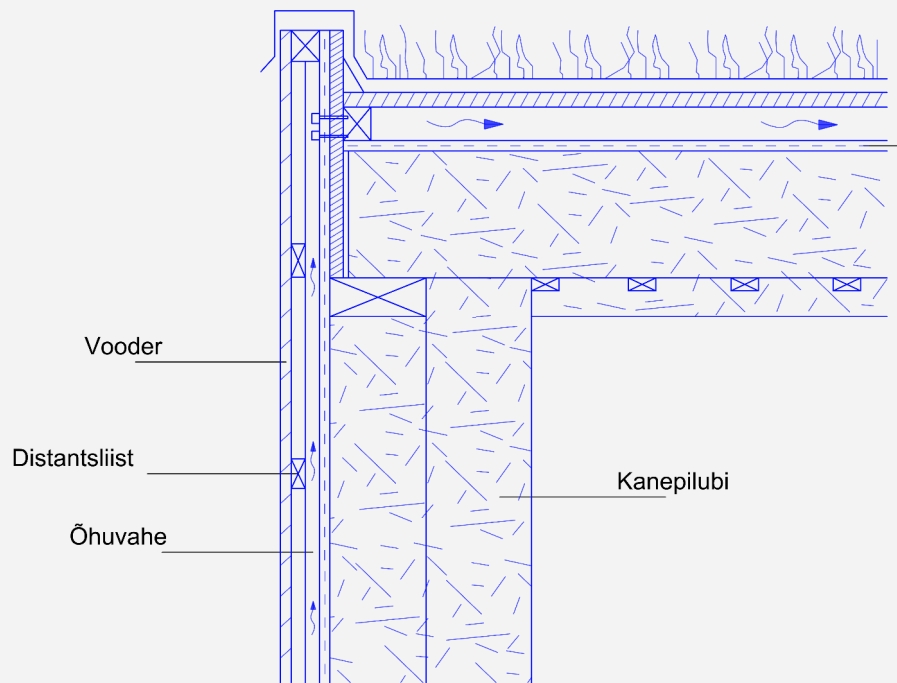


Kanepilubjast katuse soojustus pannakse sarikate vahele ja see sobib nii lame- kui ka viilkatustele (Joonis 14,15). Seda ei kasutata tavaliselt vanades hoonetes, sest kanepilubja vajaliku paksuse tõttu on vaja sügavaid sarikaid ning kogu katuse ehituse sügavuse suurendamine põhjustab probleeme katuse kõrguse muutmisega väljastpoolt või ruumi kõrguse kaotamisega seestpoolt.<sup>67</sup>

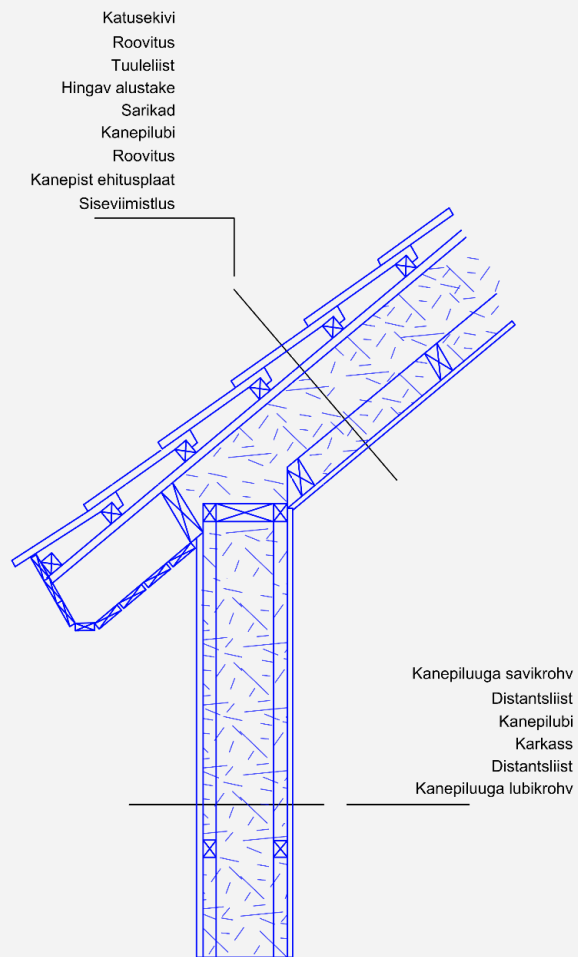
Joonis 13: Kanepilubjast seina lahendus (autor Loora Orav)

<sup>66</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 225.

<sup>67</sup>Samas lk 225.



Joonis 14: Lamekatuse näidis lahendus (autor Looa Orav)

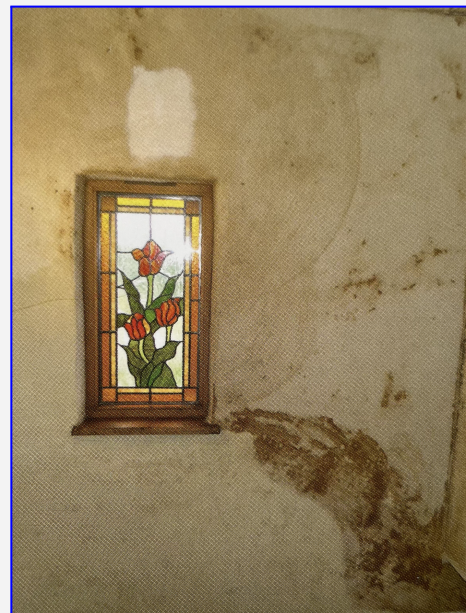


Joonis 15: Viilkatuse näidis lahendus (autor Looa Orav)



## 2.5 Potentsiaalsed probleemid kanepilupja kasutades

Enamik kanepilubjaga seotud probleeme tuleneb tegelikult sellest, et ehitajad ei tunne piisavalt hästi selle segamise ja paigaldamise protseduure. Probleemid tekivad tihti seetõttu, et pole piisavalt arvestatud aastaajaga, ilmastikutingimustega ning kuivamisajaga. Kõige sagedasem viga on, et liiga kiiresti kantakse peale viimistlusmaterjalid ja ei lasta kanepilubjal täielikult ära kuivada (Joonis 16). Palju harvemini tekib probleeme ebakvaliteetsete toormaterjalide pärast, kuid ikkagi võib neid esineda nii nagu iga ehitusmaterjaliga.<sup>68</sup>



Joonis 16: Täielikult kuivamata kanepilubjast ehitatud sein, millele on kantud peale viimistlusmaterjal (The Hempcrete Book)

<sup>68</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 74.

Lisaks vale vahekorraga sideaine ei pruugi algset piisavalt kõveneda ja raketise seinade eemaldamisel ei suuda materjal end kanda ning vajub kokku. Samuti kui kivistumisprotsess ei ole täielik, siis võib jääda seinastruktuur ebakindlaks.

Mõlemad probleemid on kanepilubja puhul haruldased välja arvatud materjalide puhul, mida pole korralikult testitud. Sellepärast ei ole ka soovitatud ise seguainet valmistada retseptide järgi, vaid osta juba valmissegusid, mida on testitud. Kasutades ebakvaliteetseid sideaineid võib juhtuda, et segu ei kuivagi ära või ei lase kanepiluul hingata, ning selle tulemusena võib kanepiluu hakata algset hallitama (Joonis 17) ja hilisemas faasis võivad seal isegi seened kasvada (pilt Joonis 18).<sup>69</sup>

---

<sup>69</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 76.



Joonis 17: Kanepilubja hallitus (The Hempcrete Book)



Joonis 18: Kanepilubja seinal kasvavad seened (The Hempcrete Book)



Samuti võib ebakvaliteetse kanepiluu kasutamine viia probleemideni, näiteks kui kanepiluuga koos on liiga palju peenosi või tolmu. Selle põhjuseks on asjaolu, et nii peenosakesed kui ka tolm võivad imada liigses koguses vett, mis võib jätta liiga vähe vett sideaine kivistumiseks. Kui segu ei kivistu piisavalt viib see seinte vajumiseni või kokku kukkumiseni (Joonis 19).<sup>70</sup>



Joonis 19: Kanepilubjast seina kokkukukkumine (The Hempcrete Book)

---

<sup>70</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 77.

## 2.6 Kanepilubjast valmistooted - plokid ja paneelid

Eelvalatud plokkide ja paneelide peamine eelis on see, et need jõuavad ehitusplatsile juba kuivanult. See tähendab, et krohvimist saab alustada kohe, kui seinte ehitus on lõppenud, vastupidiselt kohapeal valatud kanepilubjale, millel kulub nädalaid kuivamiseks. Talvel on kanepilubja kohapeal valmistamine ning kuivamine praktiliselt võimatu.<sup>71</sup>

Eelvalmistatud paneelide ja plokkide töökindlus ning muutumatu olemus on kasulik suuremahulistel objektidel, kus on oluline ette teada, kuidas materjal käitub peale paigaldamist, et oleks võimalik kulusid kontrolli all hoida. Lisaks on selliselt ehitades lihtsam planeerida töögraafikut, mis tihtipeale võib olla keeruline ja rahaliselt kriitiline. Teisest küljest on kohapeal valamise meetodi eeliseks väiksemad

---

<sup>71</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 35–36.

tööjõukulud, kuna valamine ja kohapealne ehitus koondatakse üheks protsessiks.<sup>72</sup>

Kohapeal valatud kanepilubi, mis on käsitsi asetatud, vajab vaid segumasinat ja tööjõudu, kes seguga täidetud ämbreid veaks. Seevastu suurte eelvalatud paneelide puhul on vaja tootmiseks spetsiaalset tehnikat ning lisamaterjale, kuivatusmasinaid ja kohapealseid abimasinaid, mis tõstaksid suured paneelid paika.<sup>73</sup>

### 2.5.1 Kanepist plokkide ja paneelide tootjad

On mitmeid ettevõtteid, kes toodavad erinevatel viisidel kokkupanemist. Kirjeldan erinevaid eelvalmistatud plokke ja paneele, mis toimivad teatud määral või täielikult iseseisva kandekonstruktsiooni osana, kolme erineva ettevõtte näitel. Need ettevõtted on pärit Belgiast, Kanadast ja Inglismaalt,

---

<sup>72</sup>Samas lk 35–36.

<sup>73</sup>Samas lk 35–36.

mille kõigi kliima sarnaneb Eesti omale. Samuti on nendel ettevõtetel portfoolios juba valmis hooneid.

Hempro süsteem koosneb kahte tüüpi kanepiplokkidest, mis on paksusega 30 cm. Need on täisplokid ja masinaga töödeldud plokid, mida nimetatakse augu- ja U-plokkideks (Joonis 20). Täisplokke kasutatakse konstruktsiooni vahelisel alal isolatsiooni- ja täitematerjalina ning nende sidumiseks kasutatakse spetsiaalset vuugisegu.

Hoone väliskihis paiknevatesse masinaga töödeldud plokkidesse valatakse raudbetooni, et need toimiks kandekonstruktsioonina (Joonis 21). Aukudega plokid on vertikaalsammaste valamiseks ja U-plokid võimaldavad valada talasid, mis seejärel kannaks põrandat ja katust.<sup>74</sup>



Joonis 20: Auguplokkid (IsoHemp S.A.)

---

<sup>74</sup>Hemp blocks for buildings with the Hempro system. Fernelmont, 2023 IsoHemp S.A., <https://www.iso hemp.com/en/hemp-blocks-buildings-hempro-system> (vaadatud 05.05.2023).





Joonis 21: Täisplokkidest ehitatud hoone (Hempro)

Just Biofiber kanepilubjaplokke toodetakse Kanadas. Plokid koosnevad plastikraamist, mis on tulekindel ja ilma mürgiste koostisosadeta, ja selle ümber valatakse kanepilubi. Just Biofiber kanepilubjaplokid toimivad sarnaselt Lego klotsidele (Joonis 22). Ploki ülaosas on postid, mis sobivad klotsi

põhjas olevatesse aukudesse. Just Biofiber plokid on piisavalt tugevad, et neist ehitada kandvaid seinu ja need pakuvad ka head soojapidavust. Iga ploki vahel kasutatakse lubjast ja hakitud linast valmistatud vuugisegu ning plastpostidele kantakse liim, et plokkide omavahel kinnitada. Nendest plokkidest on võimalik ehitada 3–4 korruselisi hooneid (Joonis 23).<sup>75</sup>



Joonis 22: Just Biofiber kanepilubjaplokid (Just Biofiber)

<sup>75</sup>Trent University Zero Carbon Forensics Facility, 2021. *Just Biofiber Hempcrete Blocks for Zero Carbon*. Endeavour Centre. Viimati vaadatud 05.05.2023, <https://endeavourcentre.org/just-biofiber-hempcrete-blocks-for-zero-carbon-trent-forensics-facility/>



Joonis 23: Kahekorruseline maja, mis on ehitatud Just Biofiber kanepilubjaplokkidest (Bloomberg)

Paneele, mis koosnevad puitkarkassi sisseehitatud isolatsiooni- ja aurutõkkekihist, valmistatakse ja kuivatatakse väljaspool objekti. Erinevalt plokkidest ei ole paigaldusetapis vaja mörtil, mis tähendab, et ei pea ootama enne viimistluse pealekandmist. Inglismaa ettevõtte Lime Technology Ltd. toodab kahte tüüpi paneele, Hembuild® ja Hemclad®. Mõlema tüübi isolatsioonikiht on üldjuhul kanepikiust plaat, mis annab antud seinapaksuse puhul madalama U-väärtuse

(parema soojustälbivuse arvvaärtuse) kui sama paksult valatud kanepilubi.<sup>76</sup>

Hembuild® paneelid on kandvad, ehk puitsõrestiku elemendid on projekteeritud nii, et kohapeal omavahel ühendades moodustavad paneelid nii hoone konstruktsiooni kui ka isolatsiooni ning õhutiheda termoümbrise. Need paneelid sobivad ühe- kuni kolmekorruseliste ning peamiselt suurte hoonete ehitamiseks. Hemclad® paneelid on sarnase ülesehitusega, kuid selle puitelemendid ei ole kandvad. Selle asemel ühendatakse paneelid üksteisega, et need toimiksid fassaadina eraldiseisva konstruktsiooni ümber (Joonis 24).<sup>77</sup>

---

<sup>76</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 35–36.

<sup>77</sup>Samas lk 35-36.



Mõlemat tüüpi paneele saab valmistada erinevates mõõtudes ning U-väärtustes, olenevalt kliendi vajadustest. Võttes arvesse, et eelvalmistatud paneelide tootmisel kasutatakse mehhaniseeritud protsesse ja transporti, siis võib arvata, et need on vähem jätkusuutlikud kui kohapeal valmistatud kanepilubi. Paneelsüsteemide keerukus võib suurendada külmasildade tekke riski, võrreldes kohapeal valatava kanepilubjaga. See risk on välditav lisamaterjalide kasutamisega ühenduskohtades.<sup>78</sup>



Joonis 24: Hemclad® paneelide paigaldus (The Hempcrete Book)

---

<sup>78</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 33–34.



### 3. Kanepilubjaga konkureerivad materjalid Eesti ehitusturul

Konkureerivateks materjalideks valisin hetkel enim kasutusel olevad ehitusplokid, mida oleks mingis mahus potentsiaalselt võimalik asendada kanepilubjaga. Sellisteks materjalideks leidsin Fibo3 ja Bauroc Ecoterm+ ehitusplokid.

Fibo plokid on valmistatud kergbetoonist, mis koosneb erinevate kergkruusa fraktsioonide segust ja tsemendist. Plokke saab kasutada vundamentide ehitamiseks maa all. Need on niiskus- ja kemikaalikindlad, ei sisalda kahjulikke ühendeid ning ei hallita ega mädane. Fibo plokid kinnitatakse üksteise peale seguga ja iga meetri tagant tuleb paigaldada horisontaalne armatuur. Fibo plokkide tugevus ja külmakindlus teeb neist ideaalse ehitusmaterjali lintvundamendi ehitamiseks. Fibo plokki ei ole mõistlik

kasutada, kui eesmärk on saada soojapidav sein. Plokk on vaid müürimaterjal ja soojapidavus tagatakse soojustusmaterjaliga.<sup>79</sup>

Bauroci Ecoterm+ on poorbetoon plokk, mille valmistamiseks kasutatakse liiva, tsementi ja vett, nagu tavabetooni valmistamiselgi. Lisaks kasutatakse poorbetooni valmistamisel ka lupja, kipsi ja väikest kogust alumiiniumi.<sup>80</sup> Energiatõhusa ühekihilise ilma lisasoojustuseta välisseina jaoks on eelmainitud plokk väga sobiv. Neid kasutatakse kuni 3-korruseliste ehitiste konstruktsioonelemendina. Lisaks on Bauroc Ecoterm+ sobilik lisakorruste ehitamiseks olemasolevatele hoonetele, sest need on kerge kaaluga ja soojapidavad. Plokke kasutatakse ka mitmekorruselistes puitsõrestikhoonetes avatäitena mittekandvate soojapidavate

---

<sup>79</sup>Maja ehitus. Tallinn, Saint-Gobain Weber 2023, <https://www.ee.weber/maja-ehitus> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>80</sup>Bauroc AS, Mis on poorbetoon? 2011, [https://bauroc.ee/uploads/sites/2/2016/09/ehitaja\\_03\\_2011.pdf](https://bauroc.ee/uploads/sites/2/2016/09/ehitaja_03_2011.pdf) (vaadatud 05.05.2023).

välisseinte ehitamiseks. Bauroc Ecoterm+ plokid ei ole sobilikud vundamendi ega keldri ehitamiseks.

### 3.1 Tehniliste omaduste võrdlus

Kõige parem on kanepilupja võrrelda Bauroc Ecoterm+ plokiga, sest sellel on juba ka isolatsiooni funktsioon, vastupidiselt Fibole, kuhu on tarvis lisada veel soojustuskiht.

Nagu näha tabelis (Joonis 25), siis kanepilubi ei suuda võistelda Fibo3 ja Bauroc Ecoterm+ plokkidega kandevõimes ning veekindluses, kuid teistes aspektides on võimalik neid vastavalt asukohale juba kaaluda. Kindlasti ei suuda kanepilubi täielikult ehituses neid materjale asendada. Näiteks ei ole võimalik ehitada kanepilubjast vundamente, liigniisketes kohtades seinasid või tuletõkkeseinasid.

	Hempcrete	FIBO3	BAUROC Ecoterm+
Survetugevus N/mm <sup>2</sup>	0,22	3	1,8
Veeauru läbilaskvus $\mu$	2,8	0,33	0,5
Soojuserijuhtivus W/mK	0,071	0,2	0,072
Õhumüraisolatsioon Rw/dB	42	50	44
Tuletundlikkus	B	A1	A1

Joonis 25: Kanepilubja, Fibo3 ja Bauroc Ecoterm+ ploki tehniliste omaduste võrdlus (autor Loora Orav)

## 3.2 Hinnavõrdlus

Ühe kuupmeetri Fibo3 ploki hind on 180eurot<sup>81</sup>. Sama mahu Bauroc Ecoterm+ ploki hind on 205 eurot<sup>82</sup> ning ühe kuupmeetri kanepilubja hind tuleb kuskil 232 eurot<sup>83</sup>. Arvesse tuleb võtta, et kõikide materjalidega ehitades tuleb juurde ka lisamaterjalide hind. Näiteks Bauroci ja Fiboga ehitades lisandub hinnale ka plokkide kinnituseks kasutatava segu hind ja armatuuri hind, mida tuleb kasutada peale iga neljandat rida. Kuna Fibo näol ei ole tegemist soojustava kihiga, siis ehitusmaterjalile lisandub ka soojustusmaterjalide hind. Kanepilubi ei ole kandev element ning see tuleb valada puitsõrestiku ümber, nii lisandub sinna ka karkassi hind ning vormi ehitamiseks kuluv raketise materjal, seda on küll

---

<sup>81</sup>Tapp-liitega kergplokk Fibo 3Mpa. Tallinn, 2023 ESPAK AS, <https://espak.ee/epood/toode/tapp-liitega-kerplok-k-fibo-3mpa-250185480/> (vaadatud 05.05.2023)

<sup>82</sup>Bauroc ecoterm välisseinaplokk. Tallinn, 2023 ESPAK AS, <https://espak.ee/epood/toode/bauroc-ecoterm-valisseinaplokk-375200600/> (vaadatud 05.05.2023)

<sup>83</sup>A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*, lk 21.

võimalik taaskasutada erinevate raketiste ehitamisel. Kui on oluline ehitise jätkusuutlikkus, siis saab teha otsuse kanepilubja kasuks, sest hinnaklass on võrreldavatel ehitusplokkidel sama.

## 3.3 Ehituses asendamine

Arvesse võttes Statistikaameti kasutusse lubatud eluruumide (uusehitiste)<sup>84</sup> ja kasutusse lubatud mitteeluruumide (uusehitiste)<sup>85</sup> andmeid, võib järeldada arvutuskäigu põhjal, et 2022. aastal ehitati kokku 1 235 571 m<sup>2</sup> jagu hooneid. Arvestades, et umbes 10% hoone kogupinnast moodustavad seinad ning võttes aluseks, et keskmine seinakõrgus on

---

<sup>84</sup>EH06: Kasutusse lubatud eluruumid (uusehitus). Eesti Statistikaamet 2023. [https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_\\_ehitus\\_\\_ehitus-ja-kasutusload/EH06/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__ehitus__ehitus-ja-kasutusload/EH06/table/tableViewLayout2) (vaadatud 05.05.2023)

<sup>85</sup>EH47U: Kasutusse lubatud mitteelamud tüübi ja 2017. Aasta haldusreformi järgse piirkonna/haldusüksuse järgi (uusehitus). Eesti Statistikaamet 2023. [https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_\\_ehitus\\_\\_ehitus-ja-kasutusload/EH47U/able/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__ehitus__ehitus-ja-kasutusload/EH47U/able/tableViewLayout2) (vaadatud 05.05.2023)

3,5m, saame teada, et ligikaudu uusehitiste seinamaht oli 2022. aastal 432 449 m<sup>3</sup>.

Tööstuskanep kasvas 2022. aastal Eestis 6 826 hektaril<sup>86</sup>. Ühelt põllult saab 8–10t biomassi hektari kohta<sup>87</sup>. See tähendab, et Eestis kasvatati 2022 aastal 54 608 000kg jagu kanepitaimi. Kogumassist moodutab umbes 60% kanepiluu<sup>88</sup>, mis tähendab, et Eesti põldudel kasvatatavast saagist saaks 32 764 800kg kanepiluu aastas. Ühe kuupmeetri kanepilubja valmistamiseks kasutatakse umbes 125kg kanepiluu<sup>89</sup>. See tähendab, et Eestis oli 2022. aasta seisuga võimekus toota 262 118m<sup>3</sup> kanepilubja. Kui kasutada kogu potentsiaalne

kogus kanepiluu kanepilubja valmistamiseks, saaks sellega täita umbes 60% ehituses seintele kuluvast aastasest mahust Eestis).

---

<sup>86</sup>PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuurid maakonna järgi. Eesti Statistikaamet 2023.

<https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/pollumajandus-kalandus-ja-ahindus/pollumajandus> (vaadatud 05.05.2023).

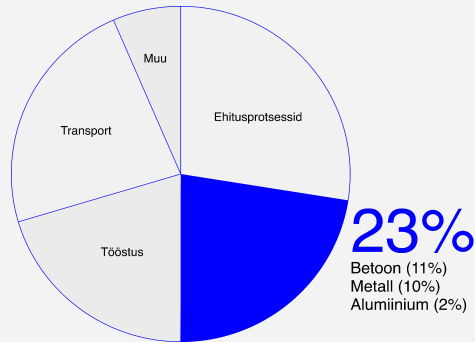
<sup>87</sup>T. Annuk, Tööstuskanepi kasvatus – Tartumaa Põllumeese Liit 2018, <https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2018/10/T%C3%B6%C3%B6stuskane-pi-k%C3%B6%C3%B6mne-ja-tatrasvatus.pdf> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>88</sup>*Growing Hemp for Fiber*. Texas Hemp Grower Association 2022. <https://txhempgrowersassociation.com/education/growing-fiber/> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>89</sup>*Hempcrete calculator*. RealFibre 2023. <https://real-fiber.eu/en/hempcrete-calculator/> (vaadatud 05.05.2023).

### 3.4 CO<sub>2</sub> võrdlus

Kolm materjali - betoon, raud ja alumiinium - moodustavad 23% kogu maailma CO<sub>2</sub> emissioonidest ja enamus sellest kasutatakse ehituses (Joonis 26).<sup>90</sup> See on märkimisväärne protsent kogu maailma CO<sub>2</sub> emissioonidest. Kuna Fibol ja Bauroc mõlemad kuuluvad betoontoodete alla, siis nende tarbimine mõjutab ka suuresti kogu maailma CO<sub>2</sub> jalajälge.



Joonis 26: Globaalsete emissioonide jaotus valdkonniti (autor Looora Orav)

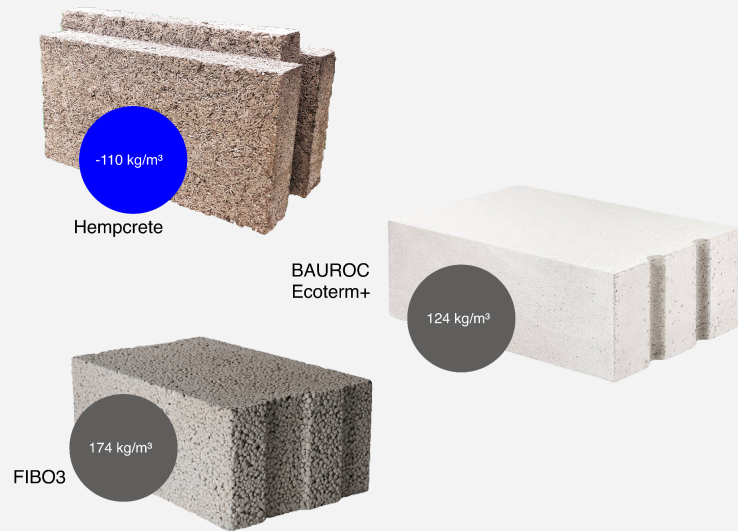
<sup>90</sup>Why the Built Environment? 2023. Santa Fe, 2023 Architecture 2030, <https://architecture2030.org/why-the-building-sector/> (vaadatud 05.05.2023).

Kanepilubja üheks suurimaks eeliseks ongi keskkonnasäästlikkus. Kui kanepilubjaga ehitamisel kasutatakse lisamaterjalina peamiselt puitu, siis Fibol ja Baurocil lisanduvad sinna ka veel tsemendipõhised segud ning Fibol ka soojustusmaterjalid. Võrreldes Baurociga, mille süsinikjalajäg on 121 kg/m<sup>391</sup> ja kergbetoonplokil nagu Fibo 174 kg/m<sup>392</sup>, on kanepilubja kasutades CO<sub>2</sub> emissioonide sääst kahekordne ehk -110kg/m<sup>393</sup>. Kanepitaim oma kasvuprotsessis neelab süsinikdioksiidi ning pärast ka materjalina seob seda, mis teeb temast väga keskkonnasõbraliku ehitusmaterjali (Joonis 27). Just seetõttu võiks kanepilubja eelistada nii Fibole, Baurocile kui ka paljudele teistele isolatsioonmaterjalidele (Joonis 28).

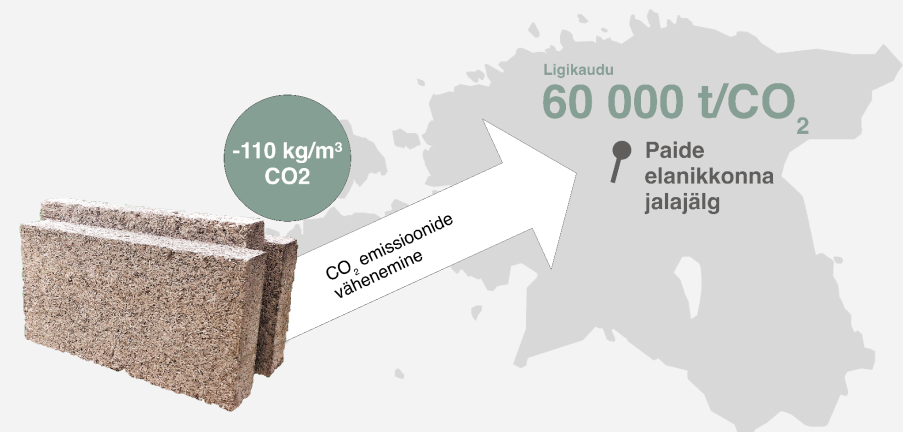
<sup>91</sup>Environmental Product Declaration. Bauroc AS 2021, [https://bauroc.ee/uploads/sites/2/2021/06/EPD\\_blocks\\_allkirjadega.pdf](https://bauroc.ee/uploads/sites/2/2021/06/EPD_blocks_allkirjadega.pdf) (vaadatud 05.05.2023).

<sup>92</sup>Y. Q. Sun jt. CO<sub>2</sub> Emission Analysis of Light Aggregate Concrete Block in China. Beijing 2017, <https://www.scientific.net/MSF.898.1963> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>93</sup>P. Lewis jt. Manual of biogenic house section. Novato, CA: ORO Edition, 2022, lk 19.



Joonis 27: Hempcrete CO<sub>2</sub> emissioonide võrdlus konkureerivate materjalidega (autor Looa Orav)



Joonis 28: Kui arvutada aastase materjali mahuga, mida suudab kanepilubi asendada, siis hoiame kokku sama palju CO<sub>2</sub> kui Paide elanikkond toodab aastas (autor Looa Orav)

## 4. Tööstuskanepi turg ja tehas

### 4.1 Prognoositav turu kasv

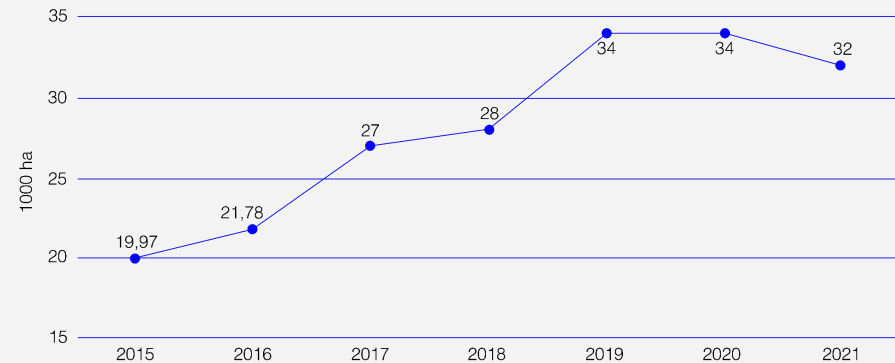
Eestis kasvas 2022. aastal tööstuskanep 6 286 hektaril. Kogu saagi varre osa jäi kasutusele<sup>94</sup>. Seetõttu oleks Eestisse mõistlik rajada kanepitööstustehas, millega saaksime ära kasutada kogu kanepitaime potentsiaali.

Viimastel aastatel on pindala, millel kasvatatakse tööstuskanepit, Euroopa Liidus märkimisväärselt suurenenud (Joonis 29)<sup>95</sup>. 2015. aastal kasvas kanep 19 970 hektaril ja juba 2019. aastal 34 960 hektaril, mis teeb pindala kasvuks

<sup>94</sup>R. Rõõm, suuline vestlus autoriga, 15.10.2022. Märkmed autori valduses.

<sup>95</sup>Euroopa komisjon, *Hemp – Hemp production in the EU*, [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en) (vaadatud 05.05.2023).

nelja aastaga 75%. Samal perioodil kasvas kanepi tootmine 94 120 tonnist 152 820 tonnini, suurenedes 62,4%.<sup>96</sup>



Joonis 29: Euroopa maa-ala, mida kasutatakse kanepi harimiseks (autor Loora Orav)

2021. Aastal hinnati ülemaailmse tööstusliku kanepi turu väärtuseks 4,26 miljardit USA dollarit ning aastaks 2030

<sup>96</sup>Euroopa komisjon, *Hemp – Hemp production in the EU*, [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en) (vaadatud 05.05.2023).

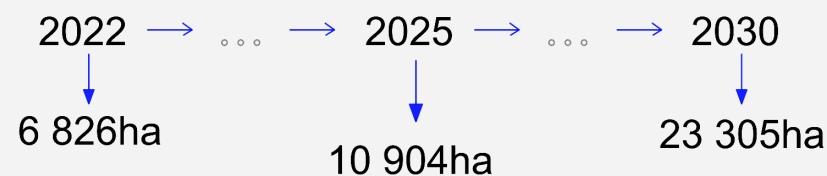
ennustatakse CAGR-i (aastane keskmine kasvumäär) kasvu 16,9%. Sellised tegurid nagu kanepiseemnete ja kanepikiu funktsionaalsed omadused, nende mitmekülgsed eelised ja laialdasem kasutamine kaubanduslikes rakendustes soodustavad tööstusliku kanepi turu kiiret kasvu prognoosiperioodil 2021-2030.<sup>97</sup>

Kui arvutada Eestis 16,9% aastane turukasv, siis see tähendaks, et aastaks 2025 kasvaks meil kanep 10 904 hektaril ja 2030. aastal 23 805 hektaril (Joonis 30). Kui praegu on kanep 25. kohal enim kasvupinnaga kultuuride seas, siis 23 805 hektariga asetseks ta hetkel 18. kohal, edestades näiteks rukist, söödaks mõeldud kultuure, tatart ja suvirapsi<sup>98</sup>.

<sup>97</sup>Industrial Hemp Market, Polaris Market Research and Consulting 2022, <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/industrial-hemp-market> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>98</sup>PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuurid maakonna järgi. Eesti Statistikaamet 2023. <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/pollumajandus-kalandus-ja-ahindus/pollumajandus> (vaadatud 05.05.2023).

## CAGR 16,9%



Joonis 30: Eestis kanepi kasvatamine aastas arvesse võttes 16,9 protsendilist kasvumäära (autor Looa Orav)



## 4.2 Kanepikiu ja -luu tootmine

Ainult kiu saamiseks kasvatatud kanep koristatakse tavaliselt peale õitsemist, kuid enne seemnete valmimist. Pärast kanepi lõikamist peab see läbima etapi, mida nimetatakse kasteleoprotsessiks. See aitab lõhkuda sidemed kanepi luu ja kiu vahel, mis teeb nende eraldamise hiljem lihtsamaks. Järgnevalt kaarutatakse ka see läbi, et kanep saaks ühtlasemalt kuivada ning selle käigus eemaldatakse ka lehed. Seejärel kuivanud saak pallitakse ja seejärel transporditakse vastavasse sihtkohta.<sup>99</sup>

Esimese protsessina töötusliinil toimub palli lahtiharutamine, et saadud mass jookses liinil ühtlaselt. Seejärel eemaldatakse, kõige sagedamini haamerdamise teel, kiud. Eraldunud tükid, mis kiududest eraldati, puhastatakse väiksematest tükkidest ning tolmust ja tükeldatakse

---

<sup>99</sup>*Industrial Hemp Production*, PennState Extension 2018, <https://extension.psu.edu/industrial-hemp-production> (vaadatud 05.05.2023).

vastavase mõõtu - tegemist on kanepiluuga. See järel pakitakse saadud toormaterjalid ning nad on valmis edasiseks transpordiks või tootmiseks.<sup>100</sup>

## 4.3 Optimaalne tehas ja tehaste arv Eestis

Canadian Greenfield Technologies on välja töötanud ainulaadse kanepi töötlemise seadme HempTrain™ (Joonis 31), millel on võimekus töödelda kogu taime. Kaubanduslikult võeti seade kasutusele 2016. aastal ja see on tänaseks muutunud ülemaailmselt populaarseks tehnoloogiaks. HempTrain™-i võime töödelda kanepipalle otse kõrgväärtuslikeks toodeteks on ainulaadne. Erinevalt tavapärastest ja väiksematest töötlusseadmetest võimaldab HempTrain™-i tehnoloogia kätte saada lõpp-produktid nagu

---

<sup>100</sup>*Hemptrain Operation*, Canadian Greenfield Technologies Corp 2022, <https://canadiangreenfield.com/hemptrain/#operation> (vaadatud 05.05.2023).

kiud, luu ja toitainerikkad mikrokiud, väga puhatalt ja tolmuvabalt, mis on oluline nende edasiseks töötamiseks.<sup>101</sup>

HempTrain™ suudab töödelda keskmiselt 1000kg (max 1400kg) kanepit tunnis, mis on umbes 2 palli kanepit. Kui tehas suudab töödelda tunnis 1000kg kanepit ning tehas töötab aastast 6000 tundi (2x 10h vahetused, 6 päeva nädalas), suudab see tehas arvutuste kohaselt töödelda 6 000 000kg kanepit aastas. Peale seemnete eemaldamist, saab suurusjärgus 3400kg kanepit hektari kohta. See tähendab, et sellisel tehasel on võimsus teenindada 2000 hektarit, kui tehas töötab järjepidevalt aastaringsest.<sup>102</sup>

---

<sup>101</sup>Dakota Hemp Orders Hemptrain Advanced Processing Plant, Canadian Greenfield Technologies Corp 2022, <https://canadiangreenfield.com/dakota-hemp-orders-hemptrain-advanced-processing-plant/> (vaadatud 05.05.2023).

<sup>102</sup>Hemptrain Operation, Canadian Greenfield Technologies Corp 2022, <https://canadiangreenfield.com/hemptrain/#operation> (vaadatud 05.05.2023).



Joonis 31: Kanepi töötlemisseade HempTrain™

Masina jaoks vajaminev ruum on vähemalt 185m<sup>2</sup> ja lagi peab olema 5m kõrge<sup>103</sup>. Kui võtta arvesse, et üks kanepipall kaalub umbes 500kg ja aastas peab tehasest läbi käima 6 000 000 kg jagu kanepit, siis see teeb kogumahuks umbes 12 000 kanepipalli aastas. Ladustatakse kuni 5 palli üksteise peal ja ühe palli alla läheb umbes 1,5m<sup>2</sup> põrandapinda, see teeb vajaminevaks ladustamiseks 3 600m<sup>2</sup>. Kui arvestada, et

---

<sup>103</sup>Hemptrain, Canadian Greenfield Technologies Corp 2022, <https://canadiangreenfield.com/hemptrain/> (vaadatud 05.05.2023).

igas kuus suudetakse töödelda 960 kanepipalli ja need on ladustatud viistes virnades, väheneb tooraine pindala iga kuu pea 300m<sup>2</sup>. Arvatavasti oktoobris korjatud saagi on tehas võimeline otse toomisesse laskma ja seda ei ole eraldi hoiustada vaja.

Samuti võtsin arvesse, et korruga on tehas võimeline ladustama 75% aastasest mahust, sest kõik pallid ei pruugi korruga jõuda ja iga kuuga maht ka väheneb. Selline arvutus andis kogu vajaminevaks lao suuruseks umbes 2 500m<sup>2</sup>. Masinast tulev töödeldud produkt on juba väga komplekselt pakitud ning selle jaoks ei ole palju pindala vaja, võib arvata, et enamus kaubast läheb kohe tehasesest välja. Kui kõik pindalad kokku lüüa tuleb kogu vajamineva tehase kompleksi suuruseks umbes 3 000m<sup>2</sup>.

Kui arvesse võtta eelnevas peatükis välja toodud prognoositavat turu kasvu, siis 2025. aastaks peaks

prognoosikohaselt kasvama Eestis tööstuskanep 10 904 hektaril. Arvestades eelmises peatükis kirjeldatud tehast, oleks ühe tehase võimekus töödelda keskmiselt 2000 hektari jagu kanepit. See tähendaks, et 2025. aastaks oleks juba mõistlik rajada 5 tehast Eesti peale. Kuna Eestis kasvas 2019. aastal tööstuskanep juba 9 845 hektaril, siis tõenäoliselt on 2025. aastaks üle 10 000 hektari saavutatud<sup>104</sup>. Võttes arvesse, et praegusel hetkel puudub igasugune kanepikiu ja -luu tööstus Eestis.

---

<sup>104</sup>PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuurid maakonna järgi. Eesti Statistikaamet 2023.

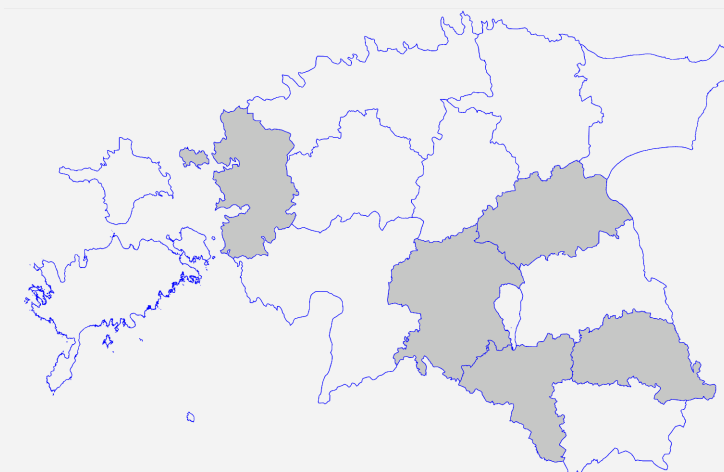
[https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_\\_pellumajandus\\_\\_pellumajandussaadust\\_e-tootmine\\_\\_taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281/sortedtable/tableViewSorted](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaadust_e-tootmine__taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281/sortedtable/tableViewSorted) (vaadatud 05.05.2023).

## 5. Tehaste asukohtade määramine

### 5.1 Põllumajanduslik võrdlus

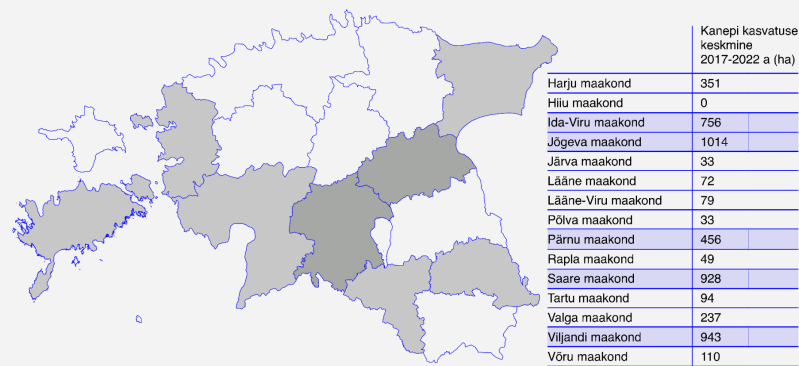
Tehaste asukohtade määramiseks võtsin esmalt aluseks põllumaade vähenemise maakonniti, et teada saada, kus maakonnas on kõige rohkem kunagi kasutusel olnud põllumaad üle. Võrdlesin maksimaalset põllumajandusmaad, mis on 2004-2022 aasta vahemikus kasutusel olnud, 2022. aastal kasutusel olnud põllumaaga. Nii sain tulemuseks maakonnad, kellel on kõige rohkem kasutuseta põllumaad. Kõige rohkem on põllumaa vähenenud Lääne maakonnas ja seda 20 551 hektari võrra, millele järgnevad Jõgeva maakond, Põlva maakond, Valga maakond ning Viljandi maakond (Joonis 32).

	Põllumajandusmaa 2022 a (ha)	Max. põllumajandusmaa 2004-2022 a (ha)	Vahe
Harju maakond	72731	73899	-1168
Hiiu maakond	16337	17312	-975
Ida-Viru maakond	30214	34328	-4114
Jõgeva maakond	68026	81984	-13958
Järva maakond	81129	83297	-2168
Lääne maakond	38182	58733	-20551
Lääne-Viru maakond	108473	109509	-1036
Põlva maakond	45301	58941	-13640
Pärnu maakond	103069	103823	-754
Rapla maakond	65471	70981	-5510
Saare maakond	62721	61922	799
Tartu maakond	102112	102281	-169
Valga maakond	39846	50492	-10646
Viljandi maakond	88187	94756	-6569
Võru maakond	61465	61737	-272



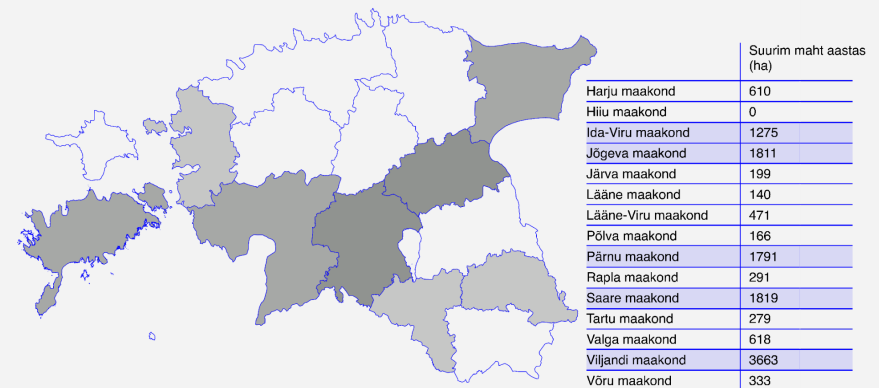
Joonis 32: 5 enim vähenenud põllumajandusmaaga maakonnad Eestis 2022. aasta seisuga (autor Looa Orav)

Kanepikasvatuse maht maakonniti on väga ebastabiilne. Ühel aastal on kasvatatud kanepit mõnes maakonnas mitmel tuhandel hektaril, kuid järgmisel aastal kasvatatakse vaid paarisajal. Nii tuli järgmiseks võrdlusaspektiks keskmiselt kõige rohkem kanepit kasvatanud maakonnad 2017-2022 aastate vältel. Kõige rohkem on keskmiselt 6 aasta jooksul kanepit kasvatanud Jõgeva maakond, Viljandi maakond, Saare maakond, Ida-Viru maakond ja Pärnu maakond (Joonis 33).



Joonis 33: Eelnevale kihile lisatud 5 keskmiselt kõige rohkem kanepit kasvatanud maakonnad aastatel 2017–2022 (autor Loora Orav)

Komanda punktina võrdlesin ühel aastal kõige rohkem hektaritel tööstuskanepit kasvatanud maakondasid. See võrdlus toob välja maakonnad, kellel on olnud mingil hetkel olemas juba võimekus suuremas mahus tööstuskanepit toota. Kõige rohkem on ühel aastal kasvatatud kanepit Viljandimaal, 2 korda rohkem kui teisel kohal oleval Saare maakonnal, kus on kasvatatud kõige rohkem 1819 hektaril. Neile järgnevad Jõgeva maakond, Pärnu maakond ning Ida-Viru maakond (Joonis 34).



Joonis 34: Eelnevatele kihtidele lisatud 5 maakonda, kes on kasvatanud aastatel 2017–2022 kõige rohkem hektaritel kanepit (autor Loora Orav)

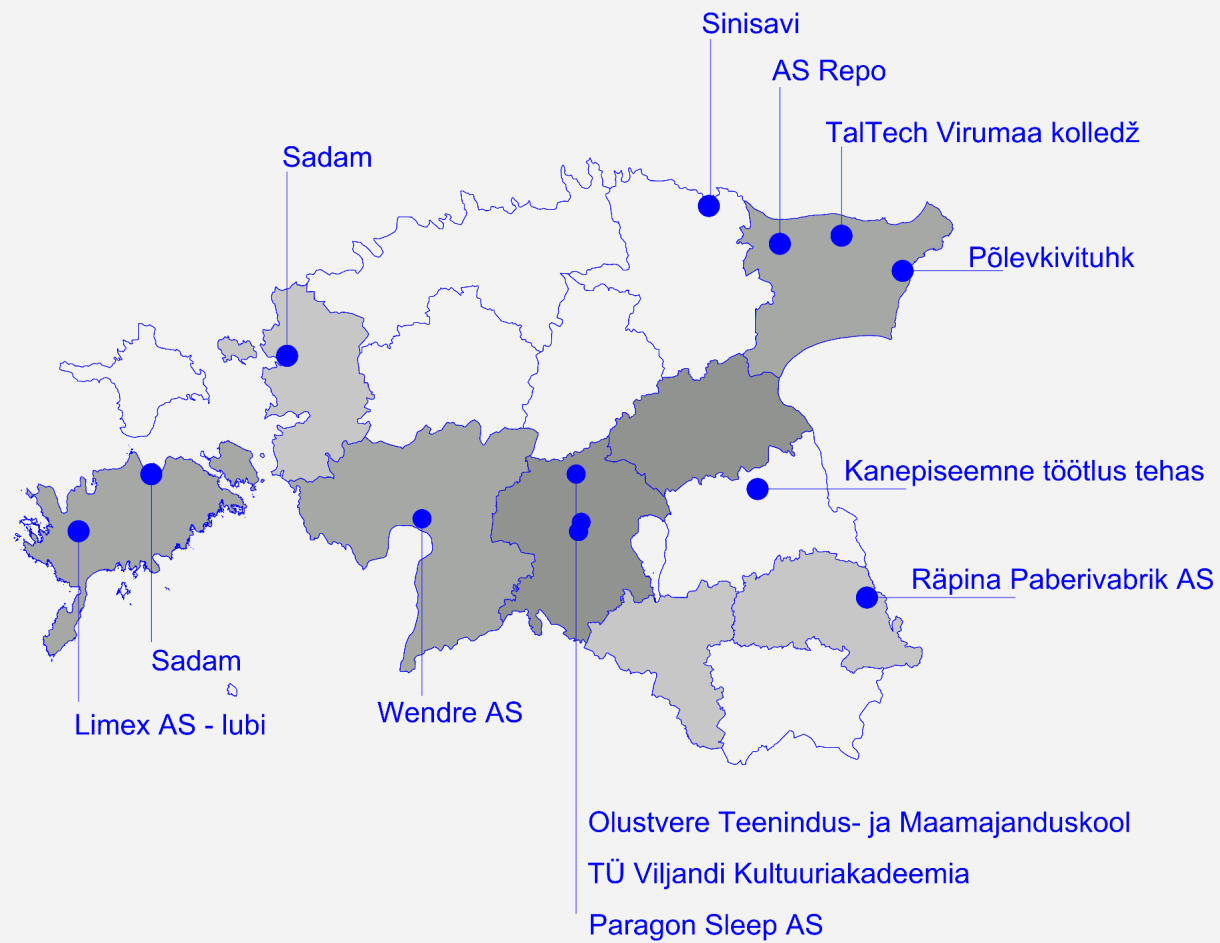
## 5.2 Toetavad funktsioonid

Eelmainitule lisaks tõin välja ka toetavad funktsioonid maakonniti (Joonis 35). Näiteks hariduskeskused, mis potentsiaalselt saavad panustada selle sektori arendusse või olemasolevad toorained ning ettevõtted, mis võiks toetada kanepist materjalitööstust.

Üheks selliseks on Ida-Viru maakonnas asuv TalTech Virumaa kolledž, kus tegeletakse põlevkivituhaga, mida saaks ka kanepilubjas potentsiaalselt kasutada sideainena. Samuti asub ka seal AS Repo vabrikud, mis tootis puitkiuplaati, mille tootmise saaks asendada ka kanepiluuplaadiga. Materjalidest asub seal ka sinissavi, mida on võimalik kasutada erinevate kanepiluust krohvide valmistamiseks. Näiteks Lääne ja Saare maakonnas on võimalus sadama kasutamiseks, mis võib soodustada transporti. Saare maakonnas asub ka Limex AS,

kes on ainuke lubja tootja Eestis. Põlva maakonnas asub Räpina paberivabrik, kus võiks kasutust saada kanepiluu ning Pärnu maakonnas asuv Wendre AS, mis toodab erinevaid tekstiilitooteid, võiks kasutada kanepikiudu.

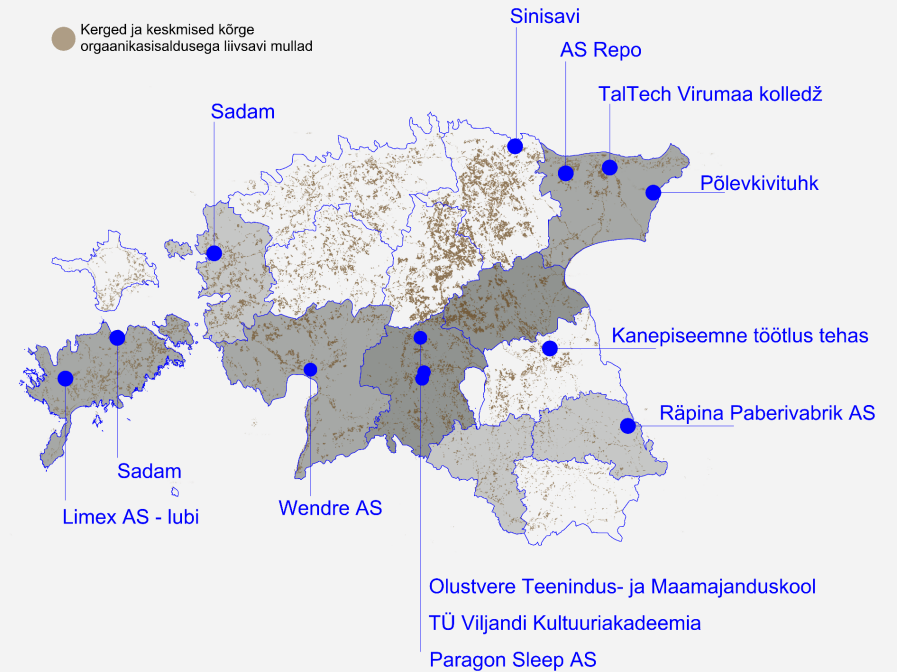
Viljandi maakonnas asub Olustvere Teenindus ja Maamajanduskool, mis saaks edendada just tööstuskanepi kasvatus- ning koristusprotsessi. Lisaks asub Viljandimaal ka Tartu Ülikooli Viljandi Kultuuriakadeemia, kus on Rahvusliku ehituse õppekava, see eriala saaks toetada kanepilubja ja teiste kanepist saadavate ehitusmaterjalide kasutamise teadlikkust ning vajalikke oskusi. Viljandimaal asub ka Paragon Sleep AS, kes samuti nagu Wendre AS toodab tekstiilitooteid.



Joonis 35: Eelnevatele kihtidele lisatud toetavad funktsioonid maakondades (autor Looa Orav)

### 5.3 Maakasutuse võrdlus

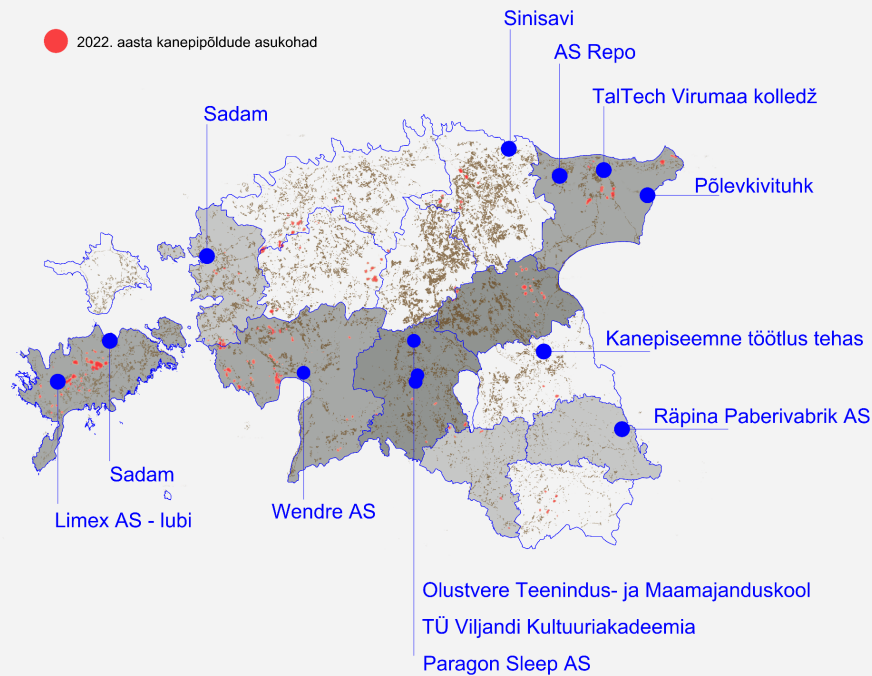
Nagu on mainitud eelmistes peatükkides, kasvab kanep väga edukalt erinevatel muldadel. Parimad on kerged ja keskmised kõrge orgaanikasisaldusega liivsavi mullad. Sobiv mulla pH on 6-7,5, sest happelistel muldadel kanep hästi ei kasva ja jääb kiduraks. Järgmiseks olen kaardile märkinud kõige sobilikuma mulla asukohad (Joonis 36).



Joonis 36: Eelnevatele kihtidele lisatud kerged ja keskmised kõrge orgaanikasisaldusega liivsavi mullad (autor Loora Orav)

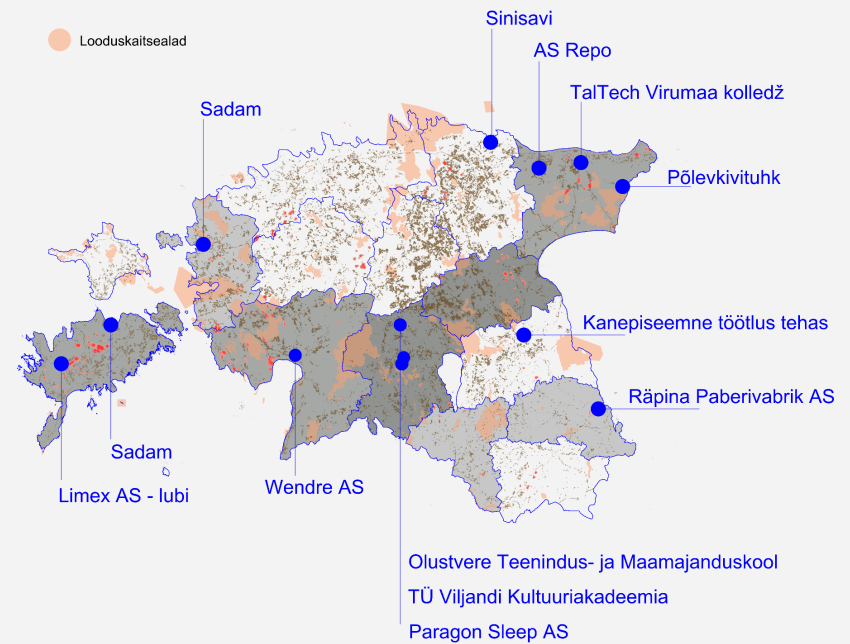


Seejärel olen kaardile lisanud kihi, mis näitab, kus kasvati 2022. aastal tööstuskanepit (Joonis 37). Nii saab asukoha valikul arvestada ka konkreetse hetkeolukorraga.



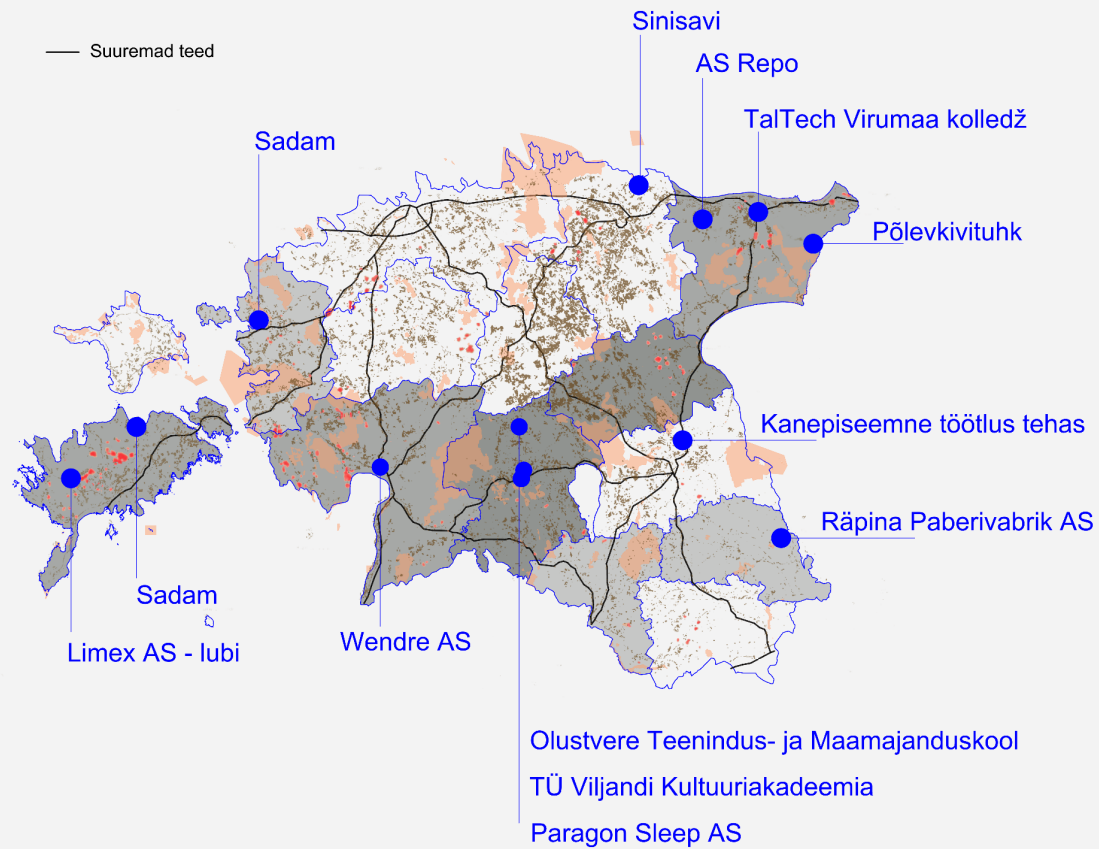
Joonis 37: Eelnevatele kihtidele lisatud 2022. aasta kanepipõldude asukohad (autor Looa Orav)

Kaardile on märgitud ka looduskaitsealad (Joonis 38), et oleks näha, mis piirkondadesse kindlasti ei saa tööstuskanepi põlde rajada või kus see on väga raskendatud.



Joonis 38: Eelnevatele kihtidele lisatud looduskaitsealad (autor Looa Orav)

Ning viimasena olen kaardile lisanud suuremad Eesti teed  
(Joonis 39), et nende järgi vaadata transpordivõimalusi.

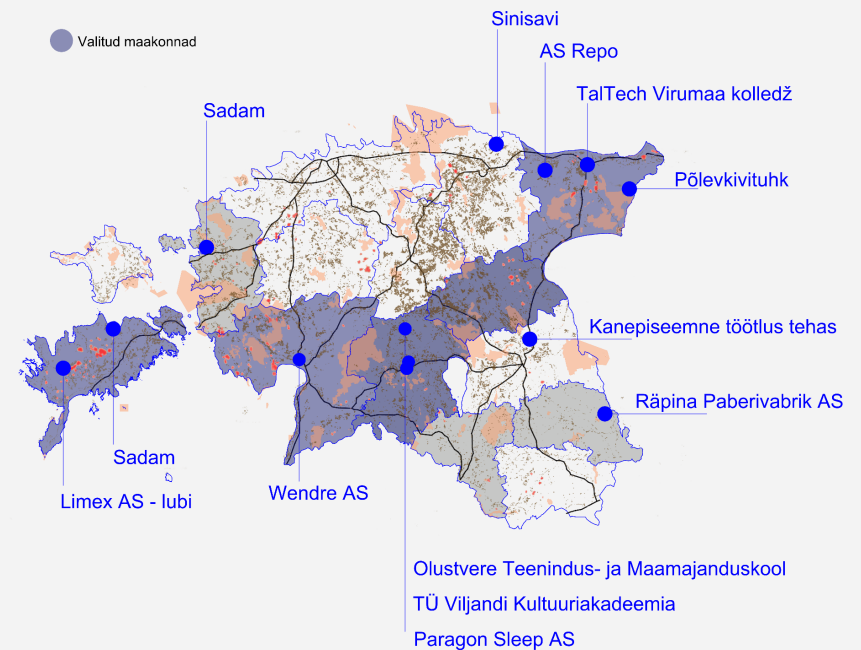


Joonis 39: Eelnevatele kihtidele on lisatud Eesti suuremad teed (autor Loora Orav)

## 5.4 Asukohtade määramine

Eelmainitud analüüsi põhjal mõistsin, et igas maakonnas on võimalik kasvatada kanepit edukalt, sest kanepi kasvatamiseks olulised kriteeriumid on igas maakonnas täidetud. Seetõttu maakondade, kuhu rajada kanepi tööstustehas, valikul lähtun eelkõige toetavate funktsioonide olemasolust ja põllumajanduslikust olukorrast. Jälgin, millistes maakondades on kõige rohkem kasutuseta haritavat maad ja millised on varasemalt kasvatanud kanepit kõige suuremal hulgal.

Esile tulid viis maakonda, kuhu oleks parim rajada kanepitööstustehas, ja nendeks on Ida-Virumaa, Jõgevamaa, Viljandimaa, Pärnumaa ja Saaremaa (Joonis 40). Magistritöö raames jätkan ühega neist, et luua näidistehas.



Joonis 40: Eelnevatele kihtide põhjal valitud maakonnad, kuhu võiks Eestis rajada kanepi tööstustehas (autor Looora Orav)

## 6. Kanepitööstustehas Viiratsi näitel

### 6.1 Maakonna valik

Eelmises peatükis mainitud viiest maakonnast on kõik potentsiaalsed näidistehase loomiseks, kuid otsustasin Viljandimaa kasuks.

Viljandi maakond on ainsana suutnud kasvatada aastas üle 2 000 hektaril kanepit<sup>105</sup>. 2 000 hektaril kasvatatav kanep on maht, mis on optimaalne tehase toimimiseks. Ükski teine maakond Eestis ei ole Statistikaameti andmete põhjal kasvatanud kanepit üle 1 900 hektaril, kuid Viljandimaal kasvatati 2017. aastal kanepit 3 663 hektaril, mis on isegi suurem optimaalseks tehaseks vajaminevast mahust.

---

<sup>105</sup>PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuurid maakonna järgi, Eesti Statistikaamet 2023, [https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_\\_pellumajandus\\_\\_pellumajandussaaduste-tootmine\\_\\_taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaaduste-tootmine__taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281/table/tableViewLayout2) (vaadatud 05.05.2023).

Lisaks asuvad Viljandimaal mitmed toetavad funktsioonid nagu ettevõtted, kutse- ja ülikoolid. Toetavatest funktsioonidest on üks olulisemaid haridusasutused, mis aitavad kanepist ehituse teadlikkust tõsta. Viljandimaal asub Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool, kus tegeletakse põllumajandustehnoloogiatega, ja koostöös õpilastega saaks leida viise kuidas paremini kasvatada kanepit, mida tööstus kasutaks.

Samuti asub Viljandis Tartu Ülikooli Kultuuriakadeemia, kus tudengid tegelevad erinevate kudumistehnoloogiate ja materjalikatsetustega, et leida viise kuidas jääkmaterjale ringluses hoida, mis oleks kanepitööstuses samuti oluline fookuspunkt. Lisaks on Kultuuriakadeemias Rahvusliku Ehituse õppekavaga, mis keskendub ehitustehnikatele ja materjalidele. See tõstaks teadlikkust kanepist ehituse kohta, mis oli ühtlasi üks kanepi kasutamise probleeme.

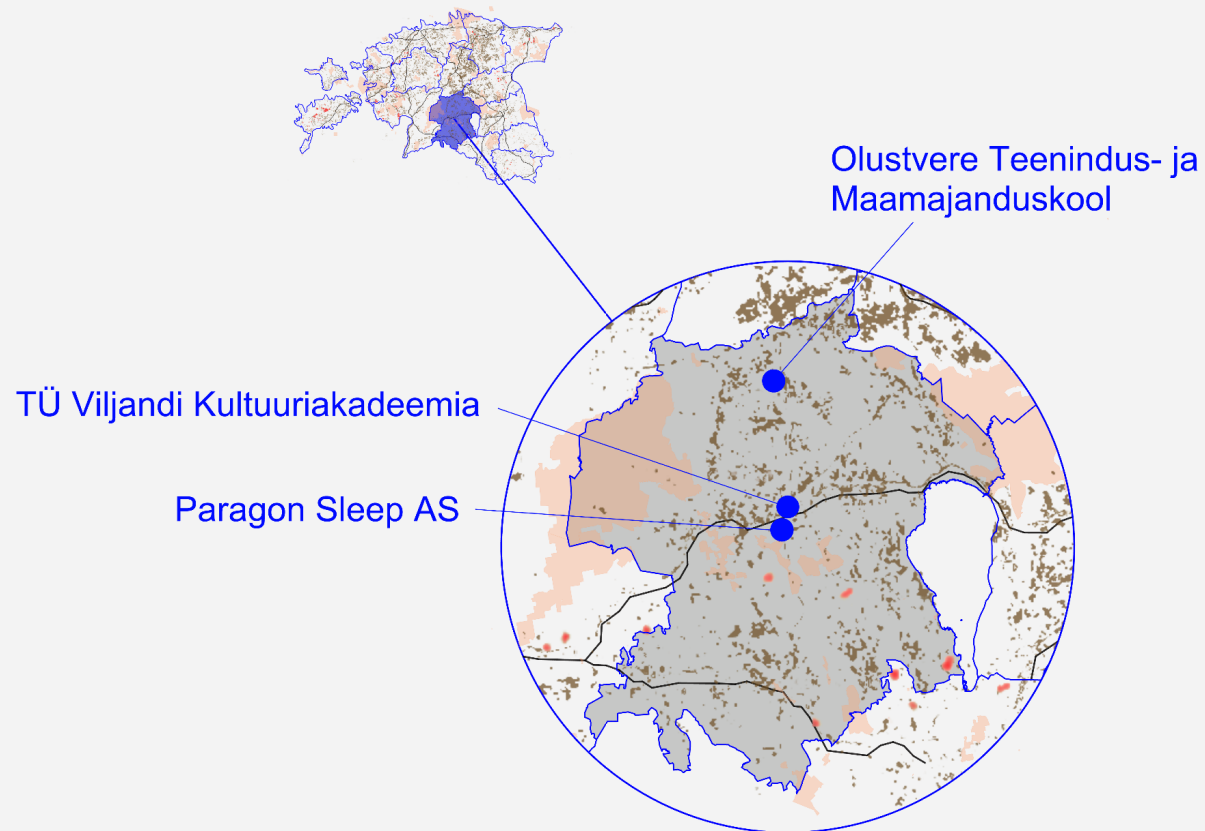
Üliõpilastega koostöö on kasulik nii koolile kui ka ettevõttele, sest noorte kaasamine tootearendusse annab neile vajaliku realistliku kogemuse töölalasel ja ettevõtte saab endale potentsiaalseid tulevaseid töötajaid leida. Viljandimaal asub ka Paragon Sleep AS, kes on üks Eesti juhtivaid tekstiili arendajaid ja tootjaid.

## 6.2 Maakonna sisene asukoht

Otsides Viljandimaal asukohta kanepitööstustehaseks, analüüsisin transporditeid, põldude asukohti, toetavate funktsioonide lähedust, ühistranspordi ligipääsu (Joonis 41). Suurimad maanteed, mis Viljandimaad läbivad, on Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme ja Imavere-Viljandi-Karksi-Nuia.

Kasutades neid teid, saaks mugavalt tehase toodangut transportida erinevatesse sihtkohtadesse.

Viljandimaa keskus on Viljandi linn, kust on parim ühistranspordi infrastruktuur. Seetõttu võiks tehas asuda võimalikult lähedal keskusele, sest sealt leiaksid tulevased töötajad endale meelepärase kodu ja saavad mugavalt liikuda tööle ühistranspordiga. Enamus toetavatest funktsioonidest, mis panid Viljandimaa kasuks otsustama, asuvad samuti Viljandi linna läheduses. Viljandimaa keskosas, kus asub ka keskus, on sobilikku põllumaad rohkelt. Seda kõike arvesse võttes otsustasin otsida tehase asukohta Viljandi linnast ja selle lähedusest.

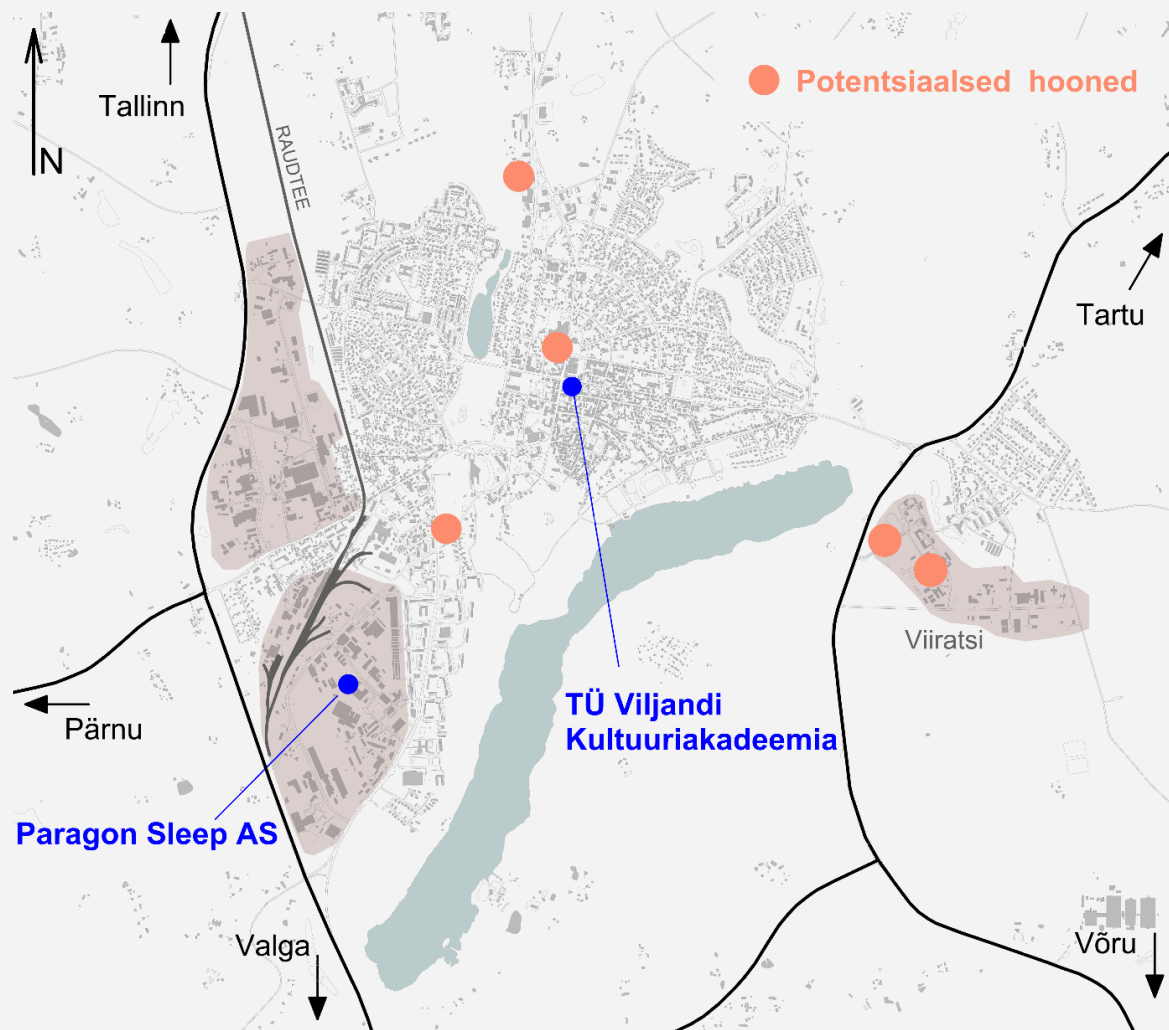


Joonis 41: Viljandimaa (autor Looa Orav)

Viljandi linnas ja selle ümbruses on kolm aja jooksul väljakujunenud tööstuspiirkonda. Kanepist ehitus on väga sobilik olemasolevate hoonete soojustamiseks ning kivi- ja puithoonete restaureerimiseks. Sellele toetudes, keskkonnasõbralikku mõttelaadi viljeledes, on mõistlik kasutada ära mõnda vana tühja hoonet, mis muidu jääks kasutuseta.

Otsides Viljandi linna lähedalt tööstuspiirkondadest tühjasid hooneid, leidsin keskusest kilomeetri kauguselt Viiratsi, mida ühendab linnaga kergliiklustee. Viiratsis asuvad tühjad

hooned, mille suurus on sobiv tööstuskanepi töötlustehase loomiseks. Asukohas oli kunagi üks Eesti uuenduslikumaid kolhoosikomplekse, mille hooned on täna kasutuseta. Samuti elab Viiratsis rohkelt inimesi ja seal on arenguruumi tööstuse loomiseks. Selle põhjal valisin tehase asukohaks Viiratsi (Joonis 42).

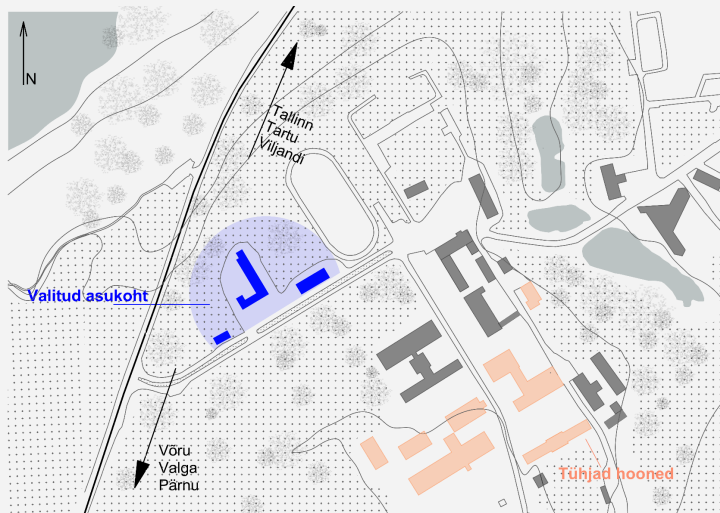


Joonis 42: Viljandi linn ja selle ümbrus (autor Looa Orav)



### 6.3 Kanepi tööstustehas Viiratsi näitel

Viiratsis asuvate tühjade hoonete seast valisin vana viljakuivati ja selle lähedal asuvad Viiratsi mõisa juurde kuuluvat kaks hoonet (Joonis 43). Viimastel on väärtus, mida võiks kasutusele võtta ja seeläbi säilitada. Samuti on viljakuivati erilisema arhitektuuriga kui ümberkaudsed kolhoosiehitised.

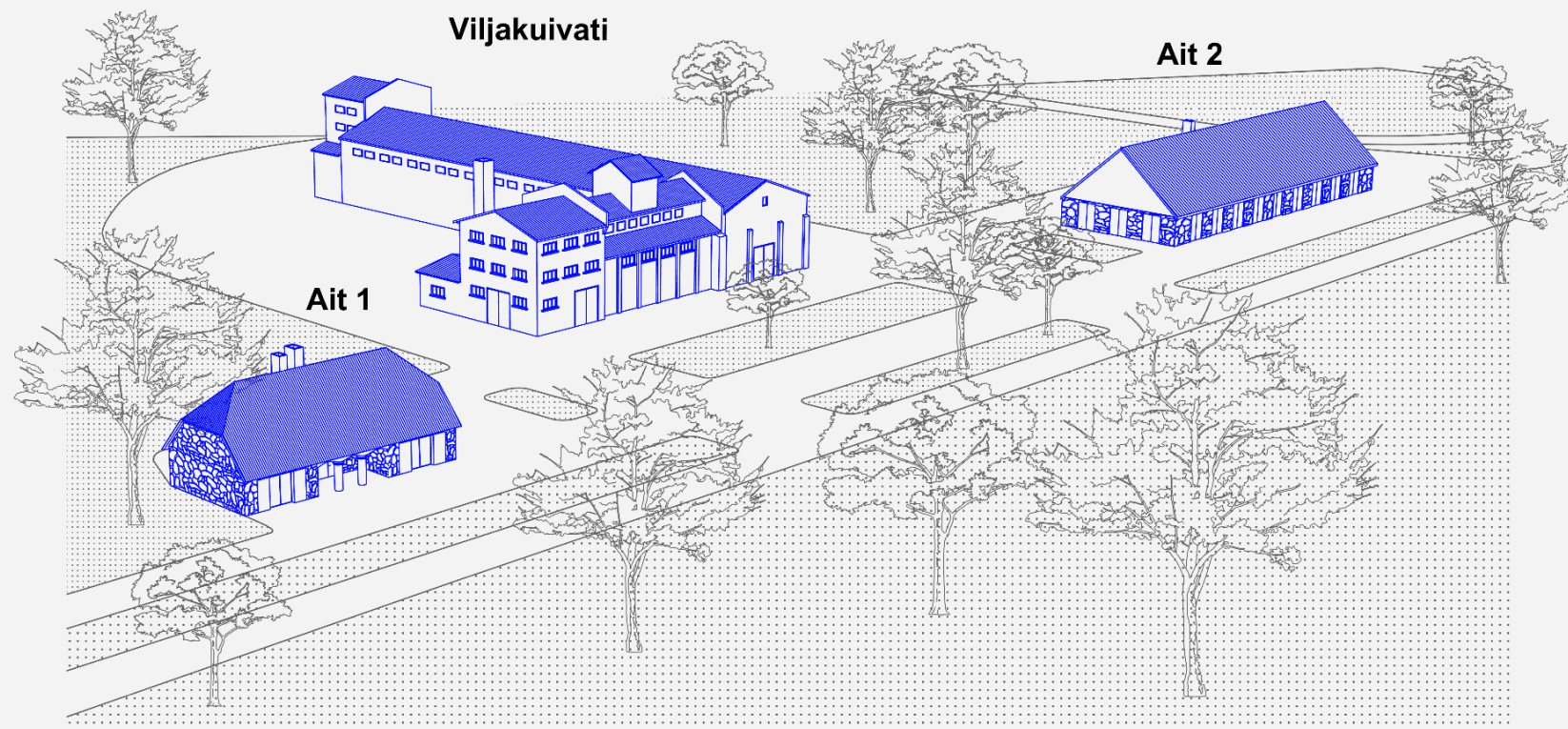


Joonis 43: Kanepi tööstustehase asukoht (autor Looa Orav)

Valitud hooned asuvad maanteele väga lähedal, mis on hea, sest siis saab toimuda vajadusel transport ilma linna läbimata igas suunas. Hoone oleks nähtav nii maanteel sõitjatele ja Viiratsisse sisenejatele, tänu millele saaks see vajadusel tähelepanu. Samuti viib tehase hooneteni kergliiklustee, mida mööda saaksid näiteks töötajad või külastajad keskusest tulla. Lisaks asub potentsiaalne hoone teistest eraldi ja on ümbritsetud kõrghaljastusega. Eelmainitud omadusi arvesse võttes, otsustasin luua näidiseks kanepitööstustehase nendesse hoonetesse.

Olemasolevad hooned Viiratsis on mahuga 1 415 ruutmeetrit, millest üksi ei piisa optimaalse tehase jaoks. Vaja on juurde vähemalt 1 500 ruutmeetrit, et kogu tehase maht oleks ligikaudu 3 000 ruutmeetrit. Hoonesse peavad mahtuma tehas, laoruum, töötajate ruumid, tehnoruumid ja kontor.

## 6.4 Hetkeolukord

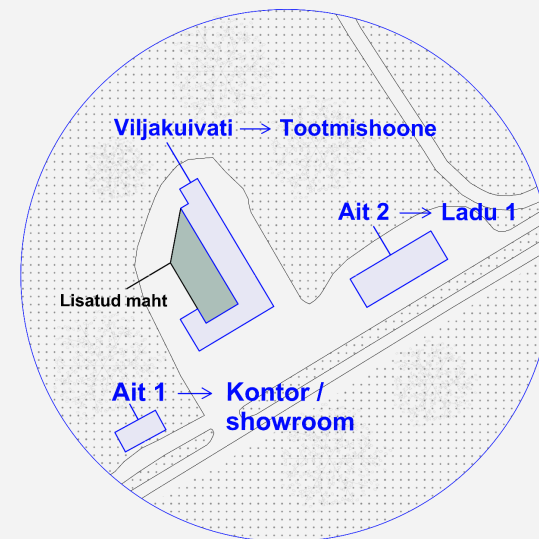


Joonis 44: Olemasolevad hooned Viiratsi mõisakompleksis (autor Looa Orav)

Esimene hoone maantee poolt lähenedes on 19. sajandi algusest pärinev mõisakompleksi ait (Joonis 44). Tegemist on paksude maakivist seintega, kelpkatusega ja 3 kaaravaga hoonega. Hoone pindala on 95 ruutmeetrit. Hoone peasissepääs on maja eest, sammaste vahelt, mis on kutsuv ja esinduslik. Sinna saaks ehitada kanepitööstehase kontori- ja näituseruumi, sest hoone suurus on väikseim kompleksis ja hoone arhitektuur kõige sobilikum.

Järgmine hoone on kolhoosiaegne viljakuivati, mis on ehitatud 1950. aastatel ning sellele on tehtud juurdeehitisi. Varasemalt teega paralleelselt olnud hoonele lisandus teega risti olev väljaulatuv osa. Hoone pindala on algselt 775 ruutmeetrit, millest ei piisa tehase mahuks. Kuna hoone on L-kujuline, siis saab ehitada siseturka lisamahu, mis täidaks täna kasutuseta ala ja parandaks hoone ümber transporti. Mahu selliselt lisamine annaks juurde 450 ruutmeetrit, millest

koos esialgse hoone koosseisuga piisaks optimaalse tootmishoone ja lao loomiseks (Joonis 45).



Joonis 45: Planeeritavad funktsioonid ning lisamaht kanepi tootmishoones (autor Loora Orav)

Kõige suurem maht tehasekompleksis on vajalik tööstuskanepi pallide ja toodangu hoiustamiseks. Laopinnaks on olemas mõisakompleksi kuuluv teine aidahoone, kuid sellest jääb väheks. Kõige mõistlikumaks uue laohoone asukohaks on teisel pool laadimisala asuv ala. Kuna seade vajab kõige spetsiifilisemat ruumi ehk ventilatsiooni- ja elektrilahendusi, oleks see kõige mõistlikum paigutada tootmishoone juurde ehitatud mahtu. Eelnevat arvesse võttes on transport korraldatud nii, et laadimisala jääb tootmishoone idapoolsesse külge ning veoautod saavad mugavalt ümber maja sõita tehasealat väljumiseks (Joonis 46).



Joonis 46: Kanepitööstlustehase transpordiskeem (autor Looa Orav)

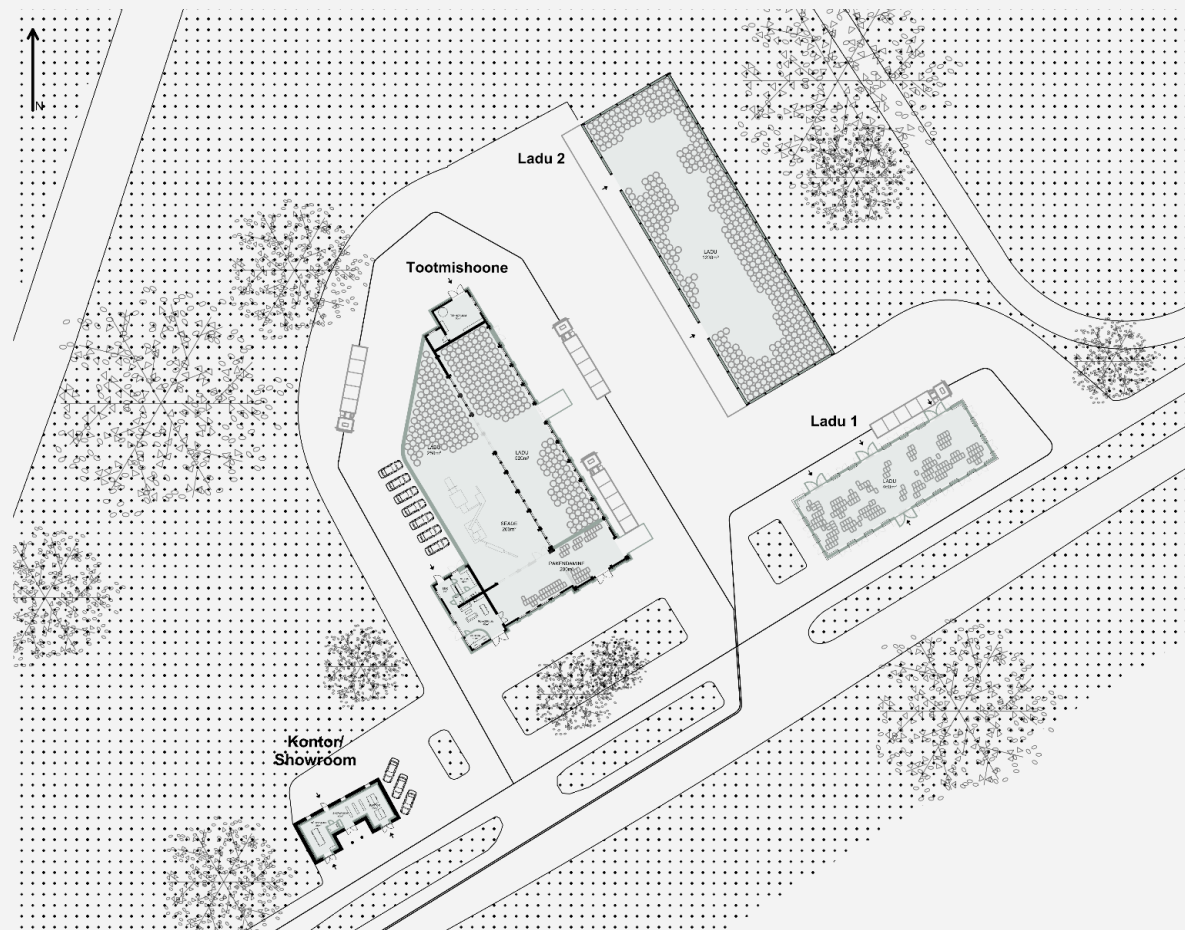
## 6.5 Planeering tehases

Kontorihoonesse sisenedes astub külastaja alasse, kus saaks näidata ja tutvustada kanepilupja ja selle kasutust. Kuna tegemist on pigem väikese hoonega, siis oleks see avatud planeeringuga (Joonis 47). Paremal näitusealast oleks kontorilauad ja vasakul nõupidamisruum, mida saab kasutada nii tehas ise kui ka väliskülalised.

Tootmishoone on kompleksi peahoone, kus asub kanepitöötusliin. Kõige vasakpoolsemas osas asub töötajatele mõeldud ala, mis koosneb riietus-, pesemis-, puhke- ja kontoriruumist. Lisamahus paikneb kanepitöötusseade koos 250 ruutmeetrise laopinnaga.

Hoone vana osa on mõeldud lao- ja pakendamispinnaks. Tehase põhjapoolseimas nurgas asuvad tehnoruumid.

Kõige suurem maht tehasekompleksist on vajalik tööstuskanepi pallide ja tehase toodangu hoiustamiseks. Laopinda pakub heinapallidele, mis vajavad suuremat ala kui kompaktselt pakendatud tehase toodang, tehasehoone pikema osaga paralleelselt olev juurde ehitatud uus hoone. Valmis toodangut saab ladustada mõisakompleksi teises hoones.

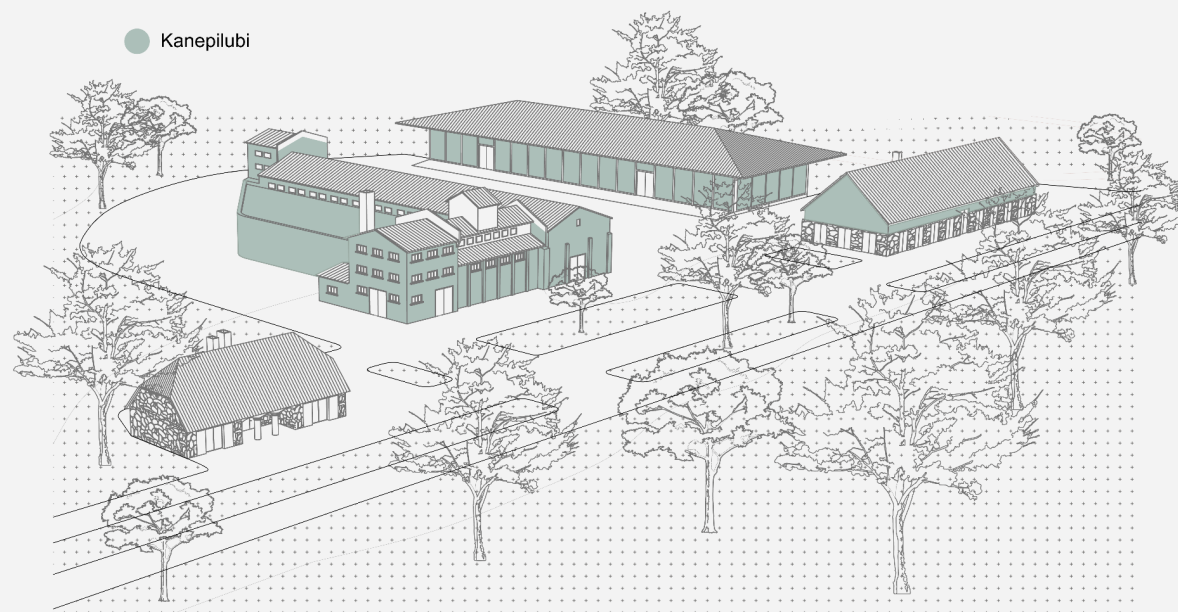


Joonis 47: Kanepitööstustehase plaan (autor Loora Orav)



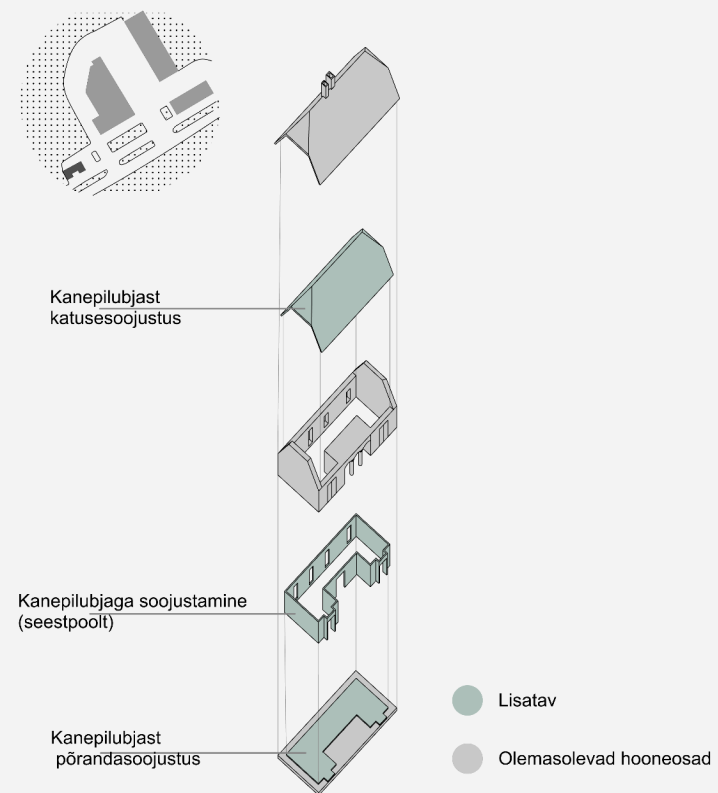
## 6.6 Ehitusmetoodika

Kuna igas hoones on vaja teha ehitus- või renoveerimistöid, siis oleks just nii hea nädata ka kanepilubja kasutust erinevates tarindites (Joonis 48).



Joonis 48: Kanepi tööstustehase kompleks Viiratsi näitel (autor Looa Orav)

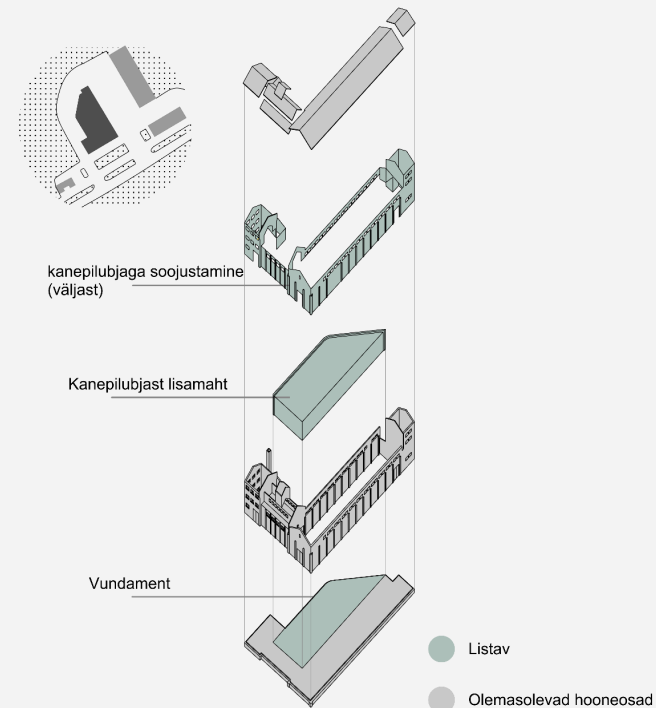
Kontori näol on tegemist väga originaalilähedaselt säilinud hoonega, mille maht on piisav. Kuna juurdeehitusi pole vaja teha, on põhjendatud ka selle seestpoolt soojustamine (Joonis 49). See tähendaks nii põranda, lae kui ka seinte soojustamist kanepilubjaga. Kuna kanepilubi jääb hoone sisse, on võimalik jätta see viimistlemata. Vana hoone soojustamisel vaadatakse igat hoonet kui erandit, lähtutakse seintes olevast niiskusest ning muudest faktoritest. Nii ei saa tuua välja kindlaid soojustuskihi paksuseid või ehitustehnikaid. Näiteks mängib suurt rolli hoone eelnev kasutus, lautades, kus on loomi peetud, on maasse ladestunud väga palju soolasid ning see teeb niiskustehniselt hoone soojutamise juba keerukamaks.



Joonis 49: Kanepilubja kasutus kontorihoones (autor Looa Orav)

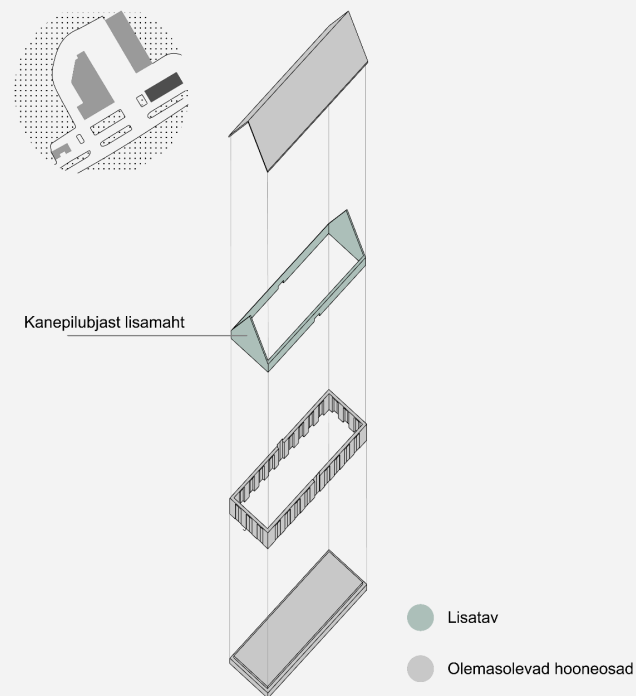


Tootmishoone koosneb uuest kanepilubjast tehtud lisamahust ning kolhoosile kuulunud silikaattelistest viljakuivatist (Joonis 50). Alati on mõistlik hooneid soojustada väljastpoolt, kui see on võimalik. Tootmishoone puhul ongi see mõistlik, sest nii tekiks kanepilubjast hoone välisfassadile soojustuskiht, mille suurus arvutatakse samuti hoonespetsiifiliselt, võttes arvesse vajaminevat soojapidavust ning teisi näitajaid. Lisamaht tuleb puitsõrestikust konstruktsioonina, mille ümber valatakse monoliitne kanepilubjast sein. Samuti valatakse kanepilubi lisamahu katusesarikate vahele.



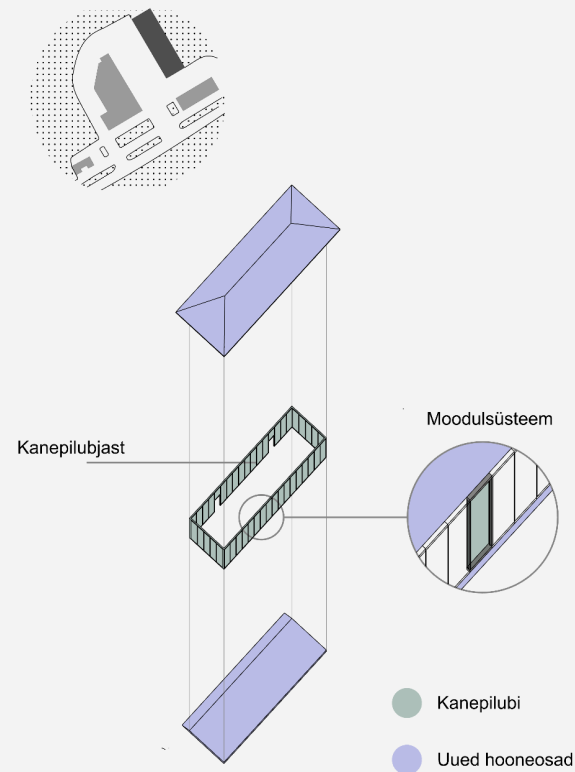
Joonis 50: Kanepilubja kasutus tootmishoones (autor Loora Orav)

Teise aida hoone katus on liiga madal, et sinna ladustada vajaminev kogus kanepipalle. Seetõttu tuleks antud hoonel katust tõsta (Joonis 51). Kanelupja kasutades oleks see tehniliselt samasugune kui eelnevalt kirjeldatud uue hooneosa ehitus. Välja arvatud seinapaksus, kuna antud hoonel ei ole vaja soojapidavust, küll aga peab olema see hingav, et ei tekiks liigset kondentsi hoone sisse.



Joonis 51: Kanepilubja kasutus laohoones (autor Looa Orav)

Kuna uus ladu on kõige suurem ning täielikult uusehitis, siis on seda mõistlik ehitada valmismoodulitest (Joonis 52). Selline ehitamine tagab kõige kiirema ehitusviisi, sest siis puudub kanepilubja kuivamisaeg ning valamine. Küll ei ole see nii soojapidav ning säästlik kui kohapeal valmistatud kanepilubjast sein. Antud olukorras on selline otsus põhjendatud, sest ehitusmaht on suur ning ladu ei vaja head soojapidavust. Samuti oleks sellel hoonel vajalik lai räästas, mis kaitseks fassaadi pritsmete eest. Sellisel juhul ei oleks vaja fassaadi katta ning kanepilubi tuleks esile.



Joonis 52: Kanepilubja kasutus laohoones (autor Loora Orav)

## 7. Kokkuvõte

Eestis kasvatatakse suures koguses tööstuskanepit kanepiseemnete eesmärgil. Nii kasutatakse ära kogu taimest vaid ligikaudu 30% ning ülejäänud osa, mis jääb kasutusest, on väga suure potentsiaaliga materjalitööstuses.

Magistritöö eesmärk oli uurida kanepilubja omadusi, kasutusalasid ning avastada võimalusi, kuidas saaks seda rakendada Eesti ehituses mittekestlikumate materjalide asemel. Lisaks määrasin töö käigus potentsiaalse kanepi tööstustehase optimaalse mahu, asukohad Eestis ja kõike eelnevat arvesse võttes projekteerisin näidistehase.

Otsisin vastuseid püsitatud küsimustele, mis olid järgmised:

1. Kuidas kujuneb kanepitaimest ehitusmaterjal?
2. Milline on kanepitaimede põllumajanduslik olukord hetkel Eestis?

3. Millised on kanepilubja omadused, kasutusviisid ja eelised?
4. Kuidas saaks kanepilubi muuta Eesti ehitusvaldkonda? Milline panus oleks kanepilubja kasutamisel Eesti ehitusvaldkonna jätkusuutlikkusele?
5. Mitut kanepi tööstustehast oleks Eestis vaja? Milline oleks optimaalse kanepi tööstustehase suurus Eestis?
6. Kuhu oleks mõistlik Eestis rajada kanepi tööstustehas?
7. Kuidas kasutada kanepilubja ehituses?

Et mõista, kuidas saab kanepitaimest valmistada ehitusmaterjali, uurisin selle ajalugu, omadusi, kasvatamist, kasutusalasid ja põllumajanduslikku olukorda Eestis. Näiteks selgus, et kanepitaimede kiud on tugevamad ja paindlikumad kui teiste taimede, näiteks puuvilla ja puidu omad. Samuti neelab kanep süsinikdioksiidi ja eraldab rohkem hapnikku kui puud. Lisaks on kanep hea toormaterjal, sest see kasvab

väga kiiresti ning saagikoristus toimub siis, kui kõik teised taimed on juba koristatud.

Segades kanepitaime luud ja/või kiud sideainega, on võimalik toota kanepilupja, mida saab kasutada hoonete soojustamiseks. See on looduslik, tervislik, jätkusuutlik, kohalik ja väikese energiakuluga ehitusmaterjal, mis on võimeline konkureerima teiste sama funktsiooni täitvate materjalidega näiteks jätkusuutlikkuses ja hinnas. Kui Eesti turul võtta kasutusele kanepilubi, siis saaksime vähendada ehitusvaldkonna CO<sub>2</sub> emissioonide hulka.

Et teada saada, mitut kanepi tööstustehast oleks Eestis vaja, analüüsisin prognoositavat turu kasvu ja arvutasin optimaalse tehase suuruse. Viimase arvutuskäigul lähtusin kanepi töötlemise seadme võimekusest ja toormaterjali ning tehase toodangu hoiustamiseks vajalikust mahust.

Tehase asukohtade leidmisel analüüsisin mineviku ja hetkeseisu põllumajanduslikku olukorda, tehast toetavate funktsioonide paiknevust ja maakasutus statistikat.

Mitmekihilise analüüsi tulemusel leidsin tehase jaoks sobiva asukoha, milleks oli kasutuseeta Viiratsi mõisahoonete ja viljakuivati kompleks Viljandi maakonnas.

Et kirjeldada, kuidas kanepilupja saab kasutada ehituses, projekteerisin eelmainitud asukohta näidiseks tehasehoone. Lähtusin olemasolevate hoonete iseärasustest ja asukohtadest, planeerisin juurde lisamahu ja -hoone, mõtestasin tehase transporditeed ja lahendasin kanepilubja kasutamise erinevates konstruktsiooni- ja ehituselemenditüüpides.

## 8. Abstract

In Estonia, industrial hemp is grown in large quantities for hemp seed purposes. Only about 30% of the plant is used, leaving unused a significant amount of material with great potential for the materials industry.

The objective of the master's thesis was to investigate the properties and uses of hemp lime and to discover ways to apply it in Estonian construction as a more sustainable alternative to current building materials. Additionally, the optimal capacity and locations for potential hemp processing factories in Estonia were determined, and a sample factory was designed taking into account all previous factors.

The study sought answers to questions such as:

1. How can construction material be made from hemp plants?

2. What is the current agricultural situation regarding hemp plants in Estonia?
3. What are the properties, uses, and advantages of hemp lime?
4. How can hemp lime transform the Estonian construction industry, and what contribution would their use make to its sustainability?
5. How many hemp processing factories are needed in Estonia, and what is the optimal size for such factories?
6. Where would be wise to build hemp processing factories in Estonia?
7. How can hemp lime be used in construction?

To understand how hemp plants can be used as construction material, the history, properties, cultivation, uses, and agricultural situation in Estonia were studied. For example, it was discovered that hemp fibre is stronger and more flexible

than other plants, such as cotton and wood. Additionally, hemp absorbs carbon dioxide and releases more oxygen than trees. Hemp is also a good raw material because it grows quickly and can be harvested when all other plants have already been harvested.

By mixing hemp hurd and/or fibres with a binder, hemp lime can be produced and used for building insulation. This is a natural, healthy, sustainable, local, and low-energy construction material that can compete with other materials with the same functions in sustainability and price. If the Estonian market were to adopt hemp lime, it could reduce CO<sub>2</sub> emissions in the construction industry.

To determine the number of hemp processing factories needed in Estonia, the market growth was analysed, and the optimal factory size was calculated. The calculation was based on the capacity of the hemp processing equipment

and the required storage volume for raw materials and factory output.

In finding suitable locations for the factory, past and current agricultural situations, the location of supporting functions, and land-use statistics were analysed. Through a multilayered analysis, a suitable location for the factory was found at the unused Viiratsi manor buildings and grain dryer complex in Viljandi County.

To describe how hemp hurds can be used in construction, a sample factory building was designed for the aforementioned location. Based on the existing building features and locations, additional space and buildings were planned, the factory's transportation route was conceptualised and the use of hemp lime in various types of construction and building elements was solved.

## 9. Kasutatud materjalid

T. Annuk, Tööstuskanepi kasvatus – Tartumaa Põllumeese Liit 2018,

<https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2018/10/T%C3%B6%C3%B6stuskanepi-k%C3%B6%C3%B6mne-ja-tatrasvatus.pdf> (vaadatud 05.05.2023)

Bauroc AS, Mis on poorbetoon? 2011, [https://bauroc.ee/uploads/sites/2/2016/09/ehitaja\\_03\\_2011.pdf](https://bauroc.ee/uploads/sites/2/2016/09/ehitaja_03_2011.pdf) (vaadatud 05.05.2023)

Bauroc ecoterm välisseinaplokk. Tallinn, 2023 ESPAK AS, <https://espak.ee/epood/toode/bauroc-ecoterm-valisseinaplokk-375200600/> (vaadatud 05.05.2023)

Britannica, 2023. *Hemp*. <https://www.britannica.com/plant/hemp> (Kasutatud 05.05.2023)

B. R. Woolley, *Hemp Lime Construction* 2008, <https://courses.nus.edu.sg/course/bdgchewm/PF2302%20-%20Hemp%20Concrete/Appendix/Appendix.pdf> (vaadatud 05.05.2023)

*Builders Are Swapping Cement for Weed to Reduce Pollution*. Bloomberg 2023,

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-08-30/builders-are-swapping-cement-for-weed-to-reduce-pollution#xj4y7vzkg> (vaadatud 05.05.2023)

Built Environment Sustainable Research and Consultancy, *Hemp Lime Bio-composite as a Building Material in Irish Construction* 2012,

<https://www.equilibrium-bioedilizia.it/sites/default/files/allegati/Hemp%20Lime%20Bio-composite%20as%20a%20Building%20Material%20in%20Irish%20Construction.pdf> (vaadatud 05.05.2023)

*Dakota Hemp Orders Hemprain Advanced Processing Plant*, Canadian Greenfield Technologies Corp 2022,

<https://canadiangreenfield.com/dakota-hemp-orders-hemprain-advanced-processing-plant/> (vaadatud 05.05.2023)

Eesti Maheproteiini Ühistu, Kasvata Eesti kanepit- tulusalt ja kindlustundega 2022,

<https://maaelu.postimees.ee/7614948/kasvata-eesti-kanepit-tulusalt-ja-kindlustundega> (vaadatud 05.05.2023)

EH06: Kasutusse lubatud eluruumid (uusehitus). Eesti Statistikaamet 2023.

[https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_\\_ehitus\\_\\_ehitus-ja-kasutusload/EH06/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__ehitus__ehitus-ja-kasutusload/EH06/table/tableViewLayout2) (vaadatud 05.05.2023)



EH47U: Kasutusse lubatud mittelelamud tüübi ja 2017. Aasta haldusreformi järgse piirkonna/haldusüksuse järgi (uusehitus). Eesti Statistikaamet 2023. [https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_\\_ehitus\\_\\_ehitus-ja-kasutusload/EH47U/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__ehitus__ehitus-ja-kasutusload/EH47U/table/tableViewLayout2) vaadatud 05.05.2023)

*Environmental Product Declaration*. Bauroc AS 2021, [https://bauroc.ee/uploads/sites/2/2021/06/EPD\\_blocks\\_allkirjadega.pdf](https://bauroc.ee/uploads/sites/2/2021/06/EPD_blocks_allkirjadega.pdf) (vaadatud 05.05.2023)

Euroopa komisjon, *Hemp – Hemp production in the EU*, [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en) (05.05.2023)

*France, Italy, Netherlands lead Europe for hemp land use, industry group says*, Hemp Industry Daily, 2020, <https://hempindustrydaily.com/france-italy-netherlands-lead-europe-for-hemp-land-use-industry-group-says/> (vaadatud 05.05.2023)

*Growing Hemp for Fiber*. Texas Hemp Grower Association 2022. <https://txhempgrowersassociation.com/education/growing-fiber/> (vaadatud 05.05.2023)

*Hemp blocks for buildings with the Hempro system. Fernelmont, 2023* IsoHemp S.A., <https://www.iso hemp.com/en/hemp-blocks-buildings-hempro-system> (vaadatud 05.05.2023)

*Hemp Block*. Queensland, 2022 HEMPBLOCK USA INC, <https://hempblockusa.com/hemp-block/#product-range> (vaadatud 05.05.2023)

*Hemp Board*. Los Angeles, CA, 2023, Hemp Traders, <https://www.hemptraders.com/Hemp-Hurd-s/1950.htm><https://www.hemptraders.com/Hemp-Board-s/1937.htm> (vaadatud 05.05.2023)

*Hempcrete calculator*. RealFibre 2023. <https://real-fiber.eu/en/hempcrete-calculator/> (vaadatud 05.05.2023)

*Hemp Hurd*. Los Angeles, CA, 2023, Hemp Traders, <https://www.hemptraders.com/Hemp-Hurd-s/1950.htm> (05.05.2023)

*Hemptrain*, Canadian Greenfield Technologies Corp 2022, <https://canadiangreenfield.com/hemptrain/> (vaadatud 05.05.2023)

*Hemptrain Operation*, Canadian Greenfield Technologies Corp 2022, <https://canadiangreenfield.com/hemptrain/#operation> (vaadatud 05.05.2023)

*Industrial Hemp Market*, Polaris Market Research and Consulting 2022, <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/industrial-hemp-market> (vaadatud 05.05.2023)

*Industrial Hemp Production*, PennState Extension 2018, <https://extension.psu.edu/industrial-hemp-production> (05.05.2023)

Jäätmed 2021. Tallinn, 2021 Eesti Keskkonnaministeerium, <https://envir.ee/ringmajandus/jaatmed> (vaadatud 05.05.2023)

P. Lewis jt. *Manual of biogenic house section*. Novato, CA: ORO Edition, 2022, lk 19.

M. Luht, suuline vestlus autoriga, 15.10.2022. Märkmed autori valduses

Maja ehitus. Tallinn, Saint-Gobain Weber 2023, <https://www.ee.weber/maja-ehitus> (vaadatud 05.05.2023)

A. Miljan, Kanepikasvatus. Tallinn: Teaduslik kirjandus, 1947.

*New building - Hempro System - Waterloo*. Fernelmont, 2023 IsoHemp S.A., <https://www.iso hemp.com/en/reference/new-building-hempro-system-waterloo>

R. Pere, Looduslikud ehitusmaterjalid. Tallinn: Ajakirjade kirjastus, 2008, lk 14.

PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuurid maakonna järgi. Eesti Statistikaamet 2023.

<https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/pollumajandus-kalandus-ja-jahindus/pollumajandus> (vaadatud 05.05.2023).

PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuurid maakonna järgi. Eesti Statistikaamet 2023.

[https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_\\_pellumajandus\\_\\_pellumajandussaaduste-tootmine\\_\\_taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281/sortedtable/tableViewSorted](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaaduste-tootmine__taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281/sortedtable/tableViewSorted) (vaadatud 05.05.2023)

PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuurid maakonna järgi, Eesti Statistikaamet 2023,

[https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_\\_pellumajandus\\_\\_pellumajandussaaduste-tootmine\\_\\_taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaaduste-tootmine__taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281/table/tableViewLayout2) (vaadatud 05.05.2023)

*Poland Embraces European Potential for Industrial Hemp*. Washington, DC, 2020 Frontier Financial Group, Inc.,

<https://newfrontierdata.com/cannabis-insights/polands-rise-to-a-new-european-hemp-powerhouse/> (vaadatud 05.05.2023)

R. Rõõm, suuline vestlus autoriga, 15.10.2022. Märkmed autori valduses.

Ü. Sillasoo jt. Kanepi ajalugu ja tänapäev. – Eesti Loodus 10/2003. Tallinn: MTÜ Loodusajakiri, 2003, lk 6-10.

A. Sparrow jt, *The Hempcrete Book: Designing and Building with Hemp-lime*. Cambridge: Green Books, 2014, lk 7–272.

Y. Q. Sun jt. *CO2 Emission Analysis of Light Aggregate Concrete Block in China*. Beijing 2017, <https://www.scientific.net/MSF.898.1963> (vaadatud 05.05.2023)

Tapp-liitega kergplokki Fibo 3Mpa. Tallinn, 2023 ESPAK AS, <https://espaak.ee/epood/toode/tapp-liitega-kerplokki-fibo-3mpa-250185480/> (vaadatud 05.05.2023)

*The Usages of Every Part of Hemp Plant*. Faridabad, 2023 Ukhi Store, <https://hempfoundation.net/the-usages-of-every-part-of-hemp-plant/> (vaadatud 04.05.2023)

Trent University Zero Carbon Forensics Facility, 2021. *Just Biofiber Hempcrete Blocks for Zero Carbon*. Endeavour Centre. <https://endeavourcentre.org/just-biofiber-hempcrete-blocks-for-zero-carbon-trent-forensics-facility/> (Kasutatud 05.05.2023)

Why the Built Environment? 2023. Santa Fe, 2023 Architecture 2030, <https://architecture2030.org/why-the-building-sector/> (vaadatud 05.05.2023)

Ühtse pindalatoetuse, põllumajanduskultuuri ja heinaseemne täiendava otsetoetuse saamise nõuded ning toetuse taotlemise ja taotluse menetlemise kord ning täiendava otsetoetuse toetusõiguse üleandmisest teavitamise kord, 2010. Põllumajandusministeerium 2010. – Riigi teataja, <https://www.riigiteataja.ee/akt/13293286> (vaadatud 05.05.2023)