



PAJUARVOKETJUISTA
UUTTA LIIKETOIMINTAA

PAJUN KÄYTTÖ KASVU- ALUSTAMATERIAALINA

Kirjallisuuskatsaus

Katri Juva

2026

Sisällys

1	Johdanto.....	2
2	Kasvualustojen ominaisuuksiin kohdistuvat vaatimukset.....	4
2.1	Kasvuturpeelle vaihtoehtoja	4
2.2	Kasvualustojen käyttökohteet ja keskeiset vaatimukset.....	5
2.2.1	Ammattiviljelyn kasvualustat.....	6
2.2.2	Viherrakentamisen kasvualustat	8
2.2.3	Kuluttajamarkkinoiden kasvualustat	9
3	Paju kasvualustamateriaalina.....	10
3.1	Pajupohjaisten kasvualustojen ilmastovaikutukset.....	10
3.2	Pajun ominaisuudet kasvualustamateriaalina	11
3.3	Pajukasvualustojen tutkimus- ja kehitystyö sekä kaupalliset ratkaisut.....	12
3.3.1	Pajukompostiin keskittyvät kasvualustatutkimukset	12
3.3.2	Biosubstrate-hankkeissa kehitetyt pajupohjaiset kasvualustat	14
3.3.3	Ny Vraa ja kaupalliset pajukasvualustat	16
4	Pajuhake katemateriaalina ja maanparannuksessa	17
5	Pohdinta ja yhteenveto	18
6	Lähdeluettelo	20

1 Johdanto

Kasvualustoja valmistetaan niin ammattiviljelijöiden, harrastepuutarhurien kuin viherrakentajienkin käyttöön ja niiden kysynnälle ennustetaan globaalisti voimakasta kasvua tulevana vuosikymmeninä muun muassa väestönkasvun, kaupungistumisen ja vihreiden ympäristöjen arvostuksen lisääntymisen seurauksena. Suomessa kasvualustojen tärkein raaka-aine on kasvuturve, joka on myös globaalisti kasvualustojen merkittävin raaka-aine. Turpeen merkittävä rooli perustuu sen hyvään saatavuuteen, tasalaatuisuuteen ja puhtauteen. Turpeen ilmavuus ja hyvä vedenpidätyskyky tarjoavat kasvien juurille hyvät olosuhteet ja sillä on luontaisesti alhainen pH-taso ja ravinnepitoisuus, jotka voidaan säätää viljeltävälle kasville sopivaksi. Kuitenkin kasvualustojen kysynnän globaali kasvu sekä turvetuotannon tulevaisuuteen ja ilmasto- ja ympäristövaikutuksiin liittyvät kysymykset ovat saaneet monet toimijat kiinnostumaan vaihtoehtoisten kasvualustamateriaalien kehittamisestä.

Uusilla kasvualustamateriaaleilla on pyritty sekä täydentämään turvepohjaisia kasvualustoja että kehittämään kokonaan turpeettomia ratkaisuja. Suomessa tutkittuja ja tuotteistettuja vaihtoehtoisia kasvualustamateriaaleja ovat esimerkiksi puukuitu, rahkasammal ja ruokohelpi.

Yksi kiinnostava, mutta Suomessa vähälle huomiolle jäänyt kasvualustamateriaali on lyhytkiertoviljelmillä tuotettava viljelypaju (kuva 1). Euroopassa lyhytkiertopajua viljellään mm. Ruotsissa, Tanskassa, Iso-Britanniassa ja Puolassa kokonaisviljelyalan ollessa 20 000 hehtaarin luokkaa (Heino & Hytönen, 2016, Jordbruksverket, 2024). Pajua viljellään em. maissa pääasiassa energiakäyttöön, mutta siitä valmistetaan myös punontatuotteita, kuiviketta, kasvualustaa ja paju-uutetta kosmetiikkatuotteisiin. Suomessakin on pieniä muutaman hehtaarin lyhytkiertopajun viljelmiä, mutta pajuviljelmien kokonaispinta-ala on arviolta vain 70-100 hehtaaria.

Erityisesti Tanskassa ja Puolassa on tutkittu pajukompostien soveltuvuutta kasvualustakomponentiksi, ja Tanskassa on kehitetty myös pajupohjaisia kasvualustaseoksia kaupalliseen tuotantoon. Pajun kiinnostavuus kasvualustamateriaalina perustuu erityisesti sen uusiutuvuuteen, nopeaan biomassatuottoon sekä siihen, että pajukomposteilla on saatu lupaavia tuloksia turvetta osittain korvaavina kasvualustakomponentteina. Pajukompostit sisältävät runsaasti orgaanista ainesta ja lisäävät kasvualustan biologista aktiivisuutta. Lisäksi pajun sisältämällä bioaktiivisilla yhdisteillä on raportoitu olevan kasvien kasvua edistäviä biostimulanttivaikutuksia, mutta toisaalta myös mahdollisia kasvua haittaavia vaikutuksia.



Kuva 1. Kasvualustamateriaaliksikin soveltuvaa pajubiomassaa voidaan tuottaa lyhytkiertoisilla pajuviiljelmillä. (Kuva: Katri Juva)

Turpeelle kilpailukykyisten kasvualustojen kehittäminen on haastavaa, sillä uusien materiaalien tulisi yhdistää hyvät viljelyominaisuudet, tasalaatuisuus, riittävä saatavuus sekä kohtuulliset tuotanto- ja logistiikkakustannukset. Tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan lyhytkiertoviljelmillä tuotettavan pajun mahdollisuuksia turvetta täydentävänä kasvualustamateriaalina sekä osana uudenlaisia kasvualustaseoksia. Kirjallisuuskatsaus kokoaa tietoa pajun soveltuvuudesta kasvualustojen raaka-aineeksi. Selvityksessä tarkastellaan kasvualustojen käyttöä ja niille asetettavia vaatimuksia yleisesti sekä kootaan yhteen tutkimustietoa pajubiomassan prosessoinnista kasvualustamateriaaliksi, pajua sisältävien kasvualustojen ominaisuuksista sekä viljelykokeista. Lisäksi tarkastellaan pajua sisältävien kasvualustojen kehitystyötä sekä kaupallisia ratkaisuja, pajuhakkeen käyttöä katemateriaalina sekä pajupohjaisten kasvualustojen ilmastovaikutuksia.

Kirjallisuuskatsaus on laadittu osana Pajuarvoketjuista uutta liiketoimintaa -hanketta, jossa tarkastellaan uusien pajupohjaisten tuotteiden ja arvoketjujen kehittämismahdollisuuksia. Hankkeessa arvioidaan alustavien liiketoimintamallien ja kannattavuuslaskelmien avulla myös sitä, millaiset edellytykset pajulla voisi olla toimia teknisesti ja taloudellisesti kilpailukykyisenä turvetta täydentävänä kasvualustamateriaalina.

2 Kasvualustojen ominaisuuksiin kohdistuvat vaatimukset

Kasvualustojen merkitys ruoantuotannolle on suuri ja sen ennustetaan edelleen kasvavan seuraavien vuosikymmenten aikana. Vuonna 2022 kasvualustojen globaali käyttö oli noin 116 miljoonaa m³ vuodessa ja Wageningenin yliopiston ennusteen mukaan kasvualustojen kysyntä kasvaa 2-2,5 -kertaiseksi vuoteen 2050 mennessä. Kysynnän kasvuun vaikuttavia tekijöitä ovat mm. väestön kasvu, maailmanlaajuinen tulotason nousu, kasvisten syönnin lisääntyminen sekä kasvava kiinnostus hoidettuun vihreään ympäristöön. (Nguyen, ym., 2026)

2.1 Kasvuturpeelle vaihtoehtoja

Vaikka Wageningenin yliopiston raporteissa turve nähdään jatkossakin yhtenä keskeisenä kasvualustamateriaalina, sen käytön ei ennusteta kasvavan nykyisestä tasosta. Sen sijaan muille kasvualustamateriaaleille, kuten kookoskuidulle, puukuidulle, puunkuorelle, kompostille, perliitille, kivivillalle ja mineraalisten kasvualustojen käytölle povataan merkittävää kasvu. Kasvualustojen globaalin kysynnän kasvu onkin siis turvetta täydentävien kasvualustamateriaalien kysynnän kasvun takana. Kasvuturpeen tuotanto ei ennusteen mukaan riitä vastaamaan kasvualustojen kasvavaan kysyntään. (Nguyen, ym., 2026)

Suomessa nostetaan vuosittain noin 2 miljoonaa kuutiometriä kasvuturvetta. Tästä menee vientiin hieman yli miljoona kuutiometriä. (Muilu-Mäkelä, ym., 2026). Kasvuturpeen kotimaan kasvualustakäyttö on noin miljoona kuutiometriä vuodessa jakautuen ammattiviljelyyn, viherrakentamiseen ja harrasteviljelyyn. Ammattimainen kasvihuoneviljely käyttää noin 170 000 - 200 000 m³ kasvuturvetta vuodessa ja metsätaimituotanto vastaavasti noin 40 000 m³. (Silvan;Virkkunen;& (toim), 2025). Myös viherrakentaminen on merkittävä kasvuturvetta käyttävä toimiala: sen on arvioitu käyttävän noin 300 000 - 500 000 m³ kasvuturvetta vuosittain. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2021). Em. lukujen perusteella myös harrasteviljely kattaa merkittävän osan kasvuturpeen kokonaiskulutuksesta.

Suomessa turpeen osuus kasvihuonekasvatuksen kasvualustoista on yli 90 % (Silvan ym. 2024) ja myös metsätaimituotannossa on käytetty lähes yksinomaan turvetta (Heiskanen, 2024). Kasvualustojen saatavuuden heikentymisen tai hinnan nousun nähdäänkin vaikuttavan suoraan esimerkiksi vihannestuotantoon, jossa kasvualustaa ei voida korvata ilman merkittäviä vaikutuksia tuotantoon (Muilu-Mäkelä ym. 2026).

Kasvuturpeen saatavuus tulevaisuudessa herättää huolta: Suomessa kasvuturpeen tuotanto on ollut osa energiaturpeen tuotantoketjua ja energiaturpeen tuotantoalojen supistuminen pienentää siten myös kasvuturpeen tuotantoaloja. Bioenergia ry:n mukaan uusia turvesoita ei tällä hetkellä ympäristöluviteta samalla tahdilla kuin vanhoja suljetaan, ja kasvu- ja kuiviketurpeen tuotanto uhkaa supistua myös tästä syystä (Bioenergia ry, 2025).

Turvetta täydentäville kasvualustamateriaaleille on siis tarvetta niin globaalisti kuin Suomessakin. Kysymys on ennen kaikkea huoltovarmuudesta. Toki kasvualustat ovat kotimaisille alan toimijoille

myös tärkeä vientituote, jolloin vaihtoehtoisten kasvualustojen kehittäminen tarjoaa mahdollisuuden vastata kasvavaan globaaliin kysyntään ilman, että kasvuturpeen tuotantomääriä tarvitsee lisätä.

Myös turpeen tuotantoon ja käyttöön liittyvät ilmasto- ja ympäristökysymykset ovat yksi uusien kasvualustamateriaalien kehittämisen ajuri. Turpeennosto lisää soiden kasvihuonekaasupäästöjä ja heikentää soiden luontoarvoja. EU:n sisällä kasvuturpeen tuotantoa tai käyttöä on rajoitettu Irlannissa ja Iso-Britanniassa (Silvan ym., 2024).

Suomessa tutkittuja ja tuotteistettuja turvetta täydentäviä kotimaisia kasvualustamateriaaleja on useita. Kaupallisiin tuotteisiin saakka ovat päässeet ainakin puukuitu, rahkasammal, ruokohelpi ja järviruoko. Myös monenlaisten kierrätysmateriaalien, kuten esimerkiksi biokaasulaitosten mädätteen ja hygienisoidun hevosenlannan soveltuvuutta kasvualustoihin on viime vuosina tutkittu.

2.2 Kasvualustojen käyttökohteet ja keskeiset vaatimukset

Kasvualustan tehtävä on tarjota kasvin juurille vettä, ravinteita ja ilmaa sekä mahdollistaa juurten kasvu (Growing Media Europe AISBL, n.d.). Kasvualustojen laatua mitataan sekä kemiallisten että fysikaalisten ominaisuuksien perusteella. Tärkeimpiä kasvualustan kemiallisia ominaisuuksia ovat pH ja sähkönjohtavuus (EC). Fysikaalisista ominaisuuksista tärkein on kasvualustan rakenne. Der Visserin (2025) mukaan esimerkiksi ruukkukasveille ja taimitarhatuotantoon käytettävä kasvualusta on pH-arvoltaan 5,5–6,5, EC-arvoltaan 1,7–2,5 (mS/cm) sekä rakenteeltaan riittävän ilmava ja vettä pidättävä. Kasvualustan tulee olla myös vapaa taudinaiheuttajista ja rikkakasvien siemenistä. (der Visser, 2025)

Vaatimuksia kasvualustan laadusta löytyy myös lannoitelainsäädännöstä, sillä kasvualustat määritellään lannoitelainsäädännössä lannoitevalmisteiksi (lannoitelaki 711/2022 sekä EU:n lannoitevalmisteasetus). Lannoitelainsäädännössä veloitetaan kasvualustan valmistajaa huolehtimaan mm. siitä, että kasvualusta täyttää haitallisten aineiden enimmäispitoisuuksiin ja hygieniaan liittyvät vaatimukset. (Ruokavirasto, 2025) Lannoitelainsäädäntö ei koske kasvualustan käyttöpaikalla olevan maa-aineksen parantamista kasveille sopivaksi kasvualustaksi (Viherympäristöliitto, n.d.).

Kasvualustan käyttökohde vaikuttaa merkittävästi siihen, millaisia kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia kasvualustalta vaaditaan ja millä perusteella se valitaan (kts. taulukko 1). Ammattiviljelyssä yksi tärkeimmistä kasvualustan valintakriteereistä lienee useimmiten kasvualustan vaikutus sadon määrään ja laatuun. Kasvualustan tulee myös toimia kasvihuoneissa käytössä olevissa kastelu- ja muissa viljelyjärjestelmissä. Viljelyjärjestelmät sekä satovaatimukset asettavat tarkkoja kriteerejä esimerkiksi kasvualustan rakenteelle, puhtaudelle ja vedenpidätyskyvylle.

Viherrakentamisessa tai kuluttajatuotteissa teknisiä viljelyjärjestelmiä ei ole, joten vaatimukset ovat hieman erilaisia. Kuluttajatuotteissa kasvualustan odotetaan antavan kasville hyvät kasvuedellytykset, vaikka kastelu ja lannoitus olisi epäsäännöllistä. Viherrakentamisen kasvualustojen tulee kestää ympäristön olosuhteita. Viherrakentamisen kasvualustoissa käytetään enemmän kierrätysmateriaaleja, ja julkisten rakentamishankkeiden kilpailutuksen kriteerien kautta myös kasvualustan ympäristövaikutukset voivat vaikuttaa kasvualustan valintaan.

Taulukko 1. Kasvualustojen käyttökohteet ja keskeiset vaatimukset.

Käyttökohte	Keskeiset vaatimukset	Tyypillisiä materiaaleja
Ammattiviljely	Tasalaatuisuus, puhtaus, veden ja ravinteiden tarkka hallinta, yhteensopivuus viljelyteknologian kanssa	Turve, kivivilla, kookoskuitu
Viherrakentaminen	Rakenteellinen kestävyys, toimivuus vaihtelevissa sääolosuhteissa	Turve, komposti, kivennäismaa
Kuluttajamarkkinat	Helppokäyttöisyys, epäsäännöllisen kastelun ja lannoituksen sieto, puhtaus, tasalaatuisuus	Turve, komposti, puukuitu, kookoskuitu

Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan erikseen ammattiviljelyyn, viherrakentamiseen ja kuluttajakäyttöön suunnattuja kasvualustoja. Tavoitteena on tuottaa pohjatietoa pajun potentiaalın arvioimiseksi kasvualustojen raaka-aineena.

2.2.1 Ammattiviljelyn kasvualustat

Ammattiviljelyssä tavoitteena on viljelykasvien kaupallinen tuotanto. Rajoitettuja kasvualustoja, joissa kasvit kasvavat luonnonmaan sijaan esimerkiksi ruukuissa tai kasvatussäkeissä, tarvitaan niin kasvihuoneviljelyssä, tunneliviljelyssä (esimerkiksi mansikan ja vadelman tuotanto), metsätaimien tuotannossa kuin taimitarhoissakin. Tällainen rajoitetussa kasvualustassa tapahtuva tuotannollinen viljely asettaa kasvualustoille runsaasti vaatimuksia. Kasvualustan ominaisuudet vaikuttavat suoraan kasvien veden ja ravinteiden saantiin sekä juuriston kehittymiseen, ja siten sadon määrään ja laatuun. Lisäksi viljelyteknologia asettaa vaatimuksia kasvualustoille.

Suomessa turve on ollut pitkään ylivoimaisesti tärkein kaupallisten kasvualustojen materiaali sen hyvien viljelyominaisuuksien, saatavuuden ja hinnan takia. Turve on tasalaatuinen, huokoisuudeltaan sopiva, kotimainen, kasvitautivapaa ja hygieeninen materiaali, jonka kasvualustaominaisuuksia (pH, ravinteet) voidaan säädellä helposti halutulle tasolle. (Salo, 2023, Santanen, 2012).

Muita ammattiviljelyssä käytettyjä kasvualustamateriaaleja ovat mm. kivivilla, kookoskuitu, perliitti, puukuitu ja rahkasammal, mutta niiden käyttömäärät ovat turpeen käyttömääriin verrattuna pieniä. Perliittiä käytetään kasvualustaseoksissa parantamaan ilmavuutta ja vedenläpäisevyyttä. Kotimaisia vaihtoehtoja, puukuitua ja rahkasammalta on ammattiviljelyyn tarkoitetuissa kasvualustoissa käytetty turpeen kanssa seostettuna. Esimerkiksi Novarbon valikoimista löytyvät Mossgrow-tuoteperheen kasvualustaseokset sisältävät turpeen ohella mm. rahkasammalta ja Kekkilä-BVB:n valikoimista kasvualustaseoksia, joissa turvetta on osittain korvattu puukuidulla ja sammalella (Novarbo Oy, n.d.) ja (Kekkilä BVB, 2026). Kekkilä-BVB on myös kehittämässä ruokohelpeä sisältäviä kasvualustatuotteita ammattikäyttöön (Kekkilä BVB, 2026). Luonnonvarakeskuksen Kasvuturpeelle kavereita -hankkeessa tehdyt tutkimukset osoittivat, että turpeen osuutta kasvualustoissa voidaan jonkin verran vähentää ilman, että tuotannon määrä tai laatu merkittävästi kärsii. Uudenlaiset kasvualustat edellyttävät kuitenkin monesti viljelykäytäntöjen, kuten kastelun ja lannoituksen, mukauttamista käytetyn kasvualustan ominaisuuksiin. (Silvan ym. 2024).

Kasvihuonetuotannossa kasvualustalta edellytetään viljelyteknisesti ennustettavaa käyttäytymistä ja tasalaatuisuutta. Tuotettaville kasveille pyritään antamaan vettä ja lannoitteita mahdollisimman optimaalinen määrä. Kastelun ja lannoituksen ollessa pitkälti automatisoitua tulee kasvualustan käyttäytyä ennustettavalla tavalla sekä viljeltävän kasvin kannalta optimaalisesti, jotta vältetään yli- tai alikastelun tai lannoituksen aiheuttamilta tuotantotappioilta.

Koska kasvihuoneissa tuotettavia kasveja kasvatetaan pääasiassa ruukkuihin tai levyihin pakatuissa kasvualustoissa, kasvualustan tulee olla koostumukseltaan sellaista, että sitä voidaan pakata erilaisilla pakkauskoneilla halutun kokoisiin ruukkuihin tai levyihin. Esimerkiksi salaatteja tai yrttejä tuottavat kasvihuoneet ruukuttavat kasvualustat omissa tiloissaan ruukutus-koneilla, jolloin kasvualustan toimivuus ruukutuksessa on keskeinen kasvualustan valintaan vaikuttava kriteeri. Ruukutus-koneet edellyttävät kasvualustalta mm. tasalaatuisuutta. (Silvan ym. 2024, Norhage Industri, n.d.)

Kasvihuoneviljelyä muistuttavassa mansikan ja vadelman tunneliviljelyssä kasvatus tapahtuu yleisesti viljelykouruissa olevissa ruukuissa tai suuremmissa astioissa. Kesällä kuumassa kasvutunnelissa kasvin lämpöstressiä helpotetaan tiheällä kastelulla, ja siksi tunneliviljelyssä suositellaankin käytettäväksi karkeita ja ilmavia kasvualustoja. Karkean ja ilmavan kasvualustan huokostilasta kasvi saa helposti tarvitsemansa veden käyttöön. (Kekkilä BVB, 2022, Järvenkylä Oy, n.d.).

Merkittävä kaupallisten kasvualustojen käyttökohde on metsäpuiden taimituotanto. Metsäpuiden paakutaimien alkukasvatus tapahtuu kasvihuoneolosuhteissa, jonka jälkeen ne siirretään karaistumaan ulkokasvatukseen. Talven ajan taimia voidaan säilyttää pakkasvarastossa odottamassa kevään istutuksia. (Katajisto, 2015) Myös metsäpuiden paakutaimikasvatuksessa tuotanto on pitkälti automatisoitua, ja teknologia sekä viljelykäytännöt on pitkän ajan kuluessa rakennettu turpeelle soveltuviksi, joten uusien kasvualustojen kehitystyö ottaa aikaa.

Tutkimuksissa parhaiten ovat toimineet kasvualustaseokset, joissa on vähintään puolet turvetta (Suoranta, 2025).

Puutarhoihin ja viheralueille tarkoitettuja kasveja tuottavilla taimistoilla taimet kasvatetaan ja toimitetaan asiakkaille astioissa. Astiataimikasvatuksessa kasvualustaseoksen valinnassa tärkeitä kriteereitä ovat omaan kastelujärjestelmään sopivat vedenpidätysominaisuudet ja karkeus sekä oikea lannoitetaso. (Kekkilä BVB, 2026)

Edellä esitetyn perusteella voidaan todeta, että ammattiviljelyssä käytettäviltä kasvualustoilta vaaditaan hyvin tarkasti määritellyjä fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia ominaisuuksia. Kasvualustojen tulee olla tasalaatuisia, toimia ennustettavasti erilaisissa viljelyjärjestelmissä ja soveltua yhteen käytettävän viljelyteknologian kanssa. Lisäksi kasvualustojen puhtaus ja hygieenisuus ovat keskeisiä tuotannon onnistumisen kannalta. Näiden vaatimusten vuoksi uusien kasvualustamateriaalien käyttöönotto ammattiviljelyssä edellyttää huolellista tutkimus- ja kehitystyötä sekä niiden toimivuuden osoittamista käytännön viljelyolosuhteissa ennen kuin niitä otetaan käyttöön varsinaisessa tuotannossa.

2.2.2 Viherrakentamisen kasvualustat

Viherrakentamisen kasvualustoja käytetään puistoissa, piha-alueilla sekä tie- ja katualueiden viherkaistoilla. Tarkoituksena on luoda viihtyisiä ja vihreitä ympäristöjä, jotka kestävät kuormitusta, kulutusta ja vaihtelevaa säätä. Viherrakentamisen kasvualustoissa korostuu kasvualustan tarjoamien suotuisten kasvuolosuhteiden lisäksi kasvualustan rakenteellinen kestävyys ja ympäristöolosuhteiden hallinta. Siksi kasvualustat ovatkin yleensä varsin hiekkapitoisia, kivennäismaa-aineksen osuus viherrakentamisen kasvualustoissa vaihtelee 20-50 % välillä (Kekkilä BVB, 2020a). Teollisesti valmistetuissa valmiissa viherrakentamisen kasvualustaseoksissa orgaaninen aines on yleensä turvetta tai kompostia. (Kekkilä BVB, 2020a) Turvetta käytetään usein myös kompostien seosaineena, joten turvetta päätyy viherrakentamiseen myös kompostin mukana (Bioenergia ry, 2024). Koska kompostit sisältävät enemmän ravinteita kuin turve, määrittää kasvualustan toivottu ravinnepitoisuus orgaanisen aineksen laatua. (Kekkilä BVB, 2020b)

Kompostin käyttö kaupallisissa kasvualustaseoksissa edellyttää, että kompostointiprosessi täyttää lannoitelainsäädännössä esitetyt vaatimukset kompostoinnin kestosta ja riittävän korkeasta lämpötilasta, joka on tyypillisesti vähintään 55 - 70 °C, riippuen prosessin kestosta (Ruokavirasto, 2025). Kompostoinnin kokonaiskesto riippuu käytetystä kompostointimenetelmästä. Yksinkertaisessa aumakompostissa viherjätekompostin kypsyminen kestää jopa 1-2 vuotta (Uusiomaarakentaminen.fi (UUMA-ohjelma), 2023). Erilaiset kompostorit nopeuttavat kompostoitumista.

Viherrakentamisen kasvualustoja valmistetaan myös paikan päällä olevia maa-aineksia hyödyntäen ja niitä parantamalla. Yleensä hyödynnetään rakentamistöiden yhteydessä kaivettua pintamaata, jota voidaan parantaa sekoittamalla siihen muualta tuotavaa maa-ainesta, kuten

esimerkiksi kompostia. Kasvualustan valmistaminen paikan päällä syntyvistä kaivumaista ja muista kierrätysraaka-aineista vähentää luonnosta otettavien raaka-aineiden käyttöä ja kuljetusten määrää sekä tukee rakennetun ympäristön biologista monimuotoisuutta. (Oikarinen, 2013, Viherympäristöliitto, n.d.)

Viherrakentamisen kasvualustoja koskevat vaatimukset ja ohjeistukset löytyvät muun muassa InfraRYL-julkaisuista sekä Viherympäristöliiton ohjeista, joissa annetaan suosituksia mm. viherrakentamisen kasvualustojen rakeisuudesta ja ravinnepitoisuuksista. Ohjeiden tavoitteena on varmistaa sekä kasvualustojen toimivuus erilaisissa viherrakennuskohteissa että viheralueiden pitkäikäisyys ja kestävyys. Viherympäristöliiton suosituksissa kasvualustat on jaettu istutettavan kasvillisuuden mukaan kolmeen ravinteisuustyyppiin ja annettu ravinteisuustyypeittäin suositusalueet pää- ja hivenravinteille, pH:lle, sähkönjohtavuudelle ja orgaanisen aineksen pitoisuudelle (hehikutushäviö). Kasvualustan rakeisuudesta on annettu ohjeelliset rakeisuuskäyrät sekä hienorakeisemmille, enemmän kosteutta pidättäville kasvualustoille, että karkearakeisemmille kasvualustoille, joissa kuivemmassa ympäristössä viihtyvät kasvit menestyvät. (Viherympäristöliitto, 2026, Viherympäristöliitto, 2022)

2.2.3 Kuluttajamarkkinoiden kasvualustat

Harrasteviljelyssä ja puutarhanhoidossa viljelykäytännöt poikkeavat huomattavasti ammattiviljelystä, sillä viljely tapahtuu ilman tarkasti säädelyä kastelua ja lannoitusta. Kasvualustoilta odotetaan toimivuutta ilman jatkuvia ravinnelisiäyksiä tai tarkkoja kasteluohjelmia ja lisäksi niiden tulee olla helppokäyttöisiä. Kasvualustatuotteilta edellytetään tasalaatuisuutta, mutta niiden ei tarvitse soveltua koneelliseen ruukutukseen. Kuluttajatuotteiden kohdalla onkin havaittavissa enemmän vapautta ja vaihtelua käytettyjen raaka-aineiden ja kasvualustan rakenteen suhteen.

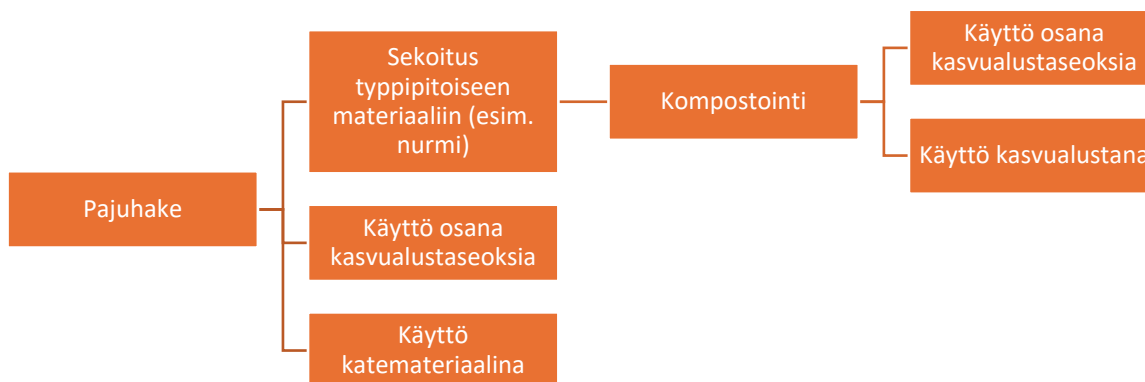
Kuluttajille suunnattuja kasvualustatuotteita on saatavilla hyvin erilaisiin käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi huonekasveille, kesäkukille, kasvimaiden ja istutusalueiden perustamiseen sekä erikoiskasveille, kuten kaktuksille ja orkideoille on omat tuotteensa. Kasvualustat ovat usein valmiiksi lannoitettuja, jotta kasvien kasvu käynnistyy ilman erillisiä lannoitustoimenpiteitä. Kuluttajakäyttöön suunnatulle kasvualustalle tärkeitä ominaisuuksia ovat sekä riittävä vedenpidätyskyky että ilmavuus, jotta kasvit kestävät epäsäännöllistä kastelua. (Biolan Oy, n.d.) ja (Kekkilä BVB, 2020c). Kasvualustojen tulee olla lannoitelainsäädännön vaatimusten mukaisia, ja käyttäjäkokemuksen takia myös rikkakasvittomuus on tärkeää.

Harrasteviljelyyn tarkoitettujen kasvualustatuotteiden ominaisuudet perustuvat käytettyjen raaka-aineiden yhdistelmiin. Perinteisesti keskeisin raaka-aine on ollut turve, joka toimii kasvualustan runkomateriaalina sen hyvän veden- ja ravinteiden pidätyskyvyn, ilmavan ja huokoisen rakenteen, tasalaatuisuuden sekä luontaisen puhtauden ansiosta (Kekkilä BVB, 2020d). Turpeen ohella kasvualustoissa käytetään yleisesti erilaisia komposteja, jotka tuovat kasvualustaan ravinteita, mikrobitoimintaa ja parantavat mururakennetta (Kekkilä BVB, 2020e).

Kuluttajamarkkinoille suunnatuissa kasvualustoissa hyödynnetään enenevässä määrin myös puupohjaisia materiaaleja, kuten puukuitua, joka lisää kasvualustan ilmavuutta ja keventää rakennetta ja toimii hyvin esimerkiksi turpeen täydentäjänä seoksissa (Viherkeskus Focus, n.d., Järvenkylä Oy, n.d., Muilu-Mäkelä, ym., 2026). Markkinoilla on myös täysin turpeettomia kasvualustatuotteita, joissa turvekomponentti on korvattu rahkasammaleella tai kookoskuidulla (Biolan Oy, n.d., Cropper, n.d., Geologian tutkimuskeskus (GTK), 2022). Rahkasammalen ja kookoskuidun avulla kasvualustan vedenpidätys- ja ilmavuusominaisuudet on saatu säilymään myös ilman turvetta.

3 Paju kasvualustamateriaalina

Pajua on hyödynnetty kasvualustoissa kompostoituna ja haketettuna (kuva 2). Pajun on tutkimus- ja kehityshankkeissa havaittu soveltuvan parhaiten kasvualustan osakomponentiksi. Pajusta ja nurmesta valmistettu komposti sekä sen siihen perustuvat seokset ovat olleet pitkään kehitystyön kohteena Tanskassa. Tanskassa on kehitetty myös kasvualustaseoksia, joissa on mukana tuoretta pajuhaketta. Nuorista pajuversoista valmistettu hake soveltuu kirjallisuuden perusteella myös puutarhojen katemateriaaliksi (kts. luku 3.4).



Kuva 2. Pajun hyödyntämismahdollisuuksia kasvualustoissa.

3.1 Pajupohjaisten kasvualustojen ilmastovaikutukset

Uusien, turvetta täydentävien kasvualustamateriaalien kehittämisen rinnalla on arvioitu myös niiden ilmastovaikutuksia, jotta voidaan tunnistaa ratkaisuja, joilla on potentiaalia pienentää

ruoantuotannon päästöjä. Tanskassa on elinkaariarvioinnin menetelmin laskettu kuidutetun pajun, pajupohjaisen HTC-hiilen (märkähiiltomenetelmällä valmistettu hydroterminen hiilituote), pajukompostin ja biokaasumädätteen kuitujakeen aiheuttamaa ilmaston lämpenemispotentiaalia (GWP100). Tarkastelussa huomioitiin kasvihuonekaasupäästöt raaka-aineiden tuotannosta kasvualustan käyttöön asti, mukaan lukien kasvualustan hajoamisesta aiheutuvat päästöt sekä hydrohiilen tapauksessa hiilen pitkäaikainen varastoituminen maaperään. Vertailukohtana käytetyn turpeen aiheuttama ilmaston lämpenemispotentiaali oli 260 kg CO₂-ekv./m³ kasvualustaa. Tarkastelluista vaihtoehdoista kuidutetun pajun, pajukompostin ja biokaasumädätteen kuitujakeen ilmastovaikutus (GWP100) oli 89–99 % pienempi kuin turpeella. Pajupohjaisen HTC-hiilen nettoilmastovaikutus oli puolestaan negatiivinen (–23 kg CO₂-ekv./m³), koska sen pitkäaikainen hiilen varastoituminen maaperään ylitti tuotantoketjussa syntyneet päästöt. Seoksissa, joissa 25 % turpeesta korvattiin uusiutuvalla vaihtoehdolla, ilmaston lämpenemispotentiaali (GWP100) pieneni 16–33 % verrattuna pelkkään turpeeseen. Tulosten perusteella jo turpeen osittainen korvaaminen uusiutuvilla materiaaleilla voi tuottaa merkittäviä ilmastohyötyjä. (Hashemi ym. 2024).

Luonnonvarakeskuksen kuivike- ja kasvualustatuotannon tiekarttaan on koottu eri tutkimusten tuloksia kasvualustamateriaalien ilmastovaikutuksista. Koontitaulukosta löytyy myös lukuja pajukompostin ilmastovaikutuksista. Koontitaulukon mukaan pajukompostin ilmastovaikutus on keskimäärin pienempi kuin turpeen, kookoskuidun, rahkasammalen, ruokohelven, kivivillan tai perliitin. (Muilu-Mäkelä, ym., 2026)

3.2 Pajun ominaisuudet kasvualustamateriaalina

Paju sisältää muiden puumateriaalien tapaan paljon hiiltä suhteessa typeen. Hiilipitoista orgaanista ainesta hajottavat mikrobit käyttävät typpeä ravintonaan. Jos kasvualusta ei sisällä riittävästi typpeä, mikrobit ottavat sitä ympäröivästä kasvualustasta, jolloin osa typpilannoitteista muuttuu orgaaniseen muotoon eikä ole kasvien hyödynnettävissä. Puumaisissa materiaaleissa on runsaasti hitaasti hajoavaa orgaanista ainesta, erityisesti ligniiniä, jonka hajoaminen on hidasta. Tästä syystä typen immobilisaatio voi puupohjaisissa kasvualustoissa olla voimakasta ja se on huomioitava kasvualustan ravinnetarpeissa.

Kirjallisuuden perusteella kompostointi on potentiaalinen tapa valmistaa pajusta kasvualustamateriaalia. Kompostin optimaalinen hiili:typpi -suhde on noin 25–30:1, kun taas pajun hiili:typpi -suhde on noin 124:1. Kompostiin tulee optimaalisemman hiili:typpi -suhteen saavuttamiseksi lisätä typpipitoista materiaalia. Riittävä typen määrä kompostissa edistää mikrobitoimintaa, jolloin kompostin lämpötila nousee riittäväälle tasolle ja orgaanisen aineksen hajoaminen käynnistyy.

Pajuhake toimii kompostin tukiaineena eli sitoo liiallista kosteutta ja pitää kompostin ilmavana. Kompostoitumisen aikana hiilipitoinen orgaaninen aines hajoaa, joten kompostin kypsyessä materiaalin hiili:typpi-suhde pienenee. Kypsä komposti ei siis sido typpeä yhtä voimakkaasti kuin

tuore puumainen materiaali. Pajukompostin kypsyiden vaikutusta kasvualustan toimivuuteen on tarkasteltu luvussa 3.2.

Yksi pajun kasvualustakäyttöön liittyvä epävarmuustekijä on pajun kuoren sisältämien bioaktiivisten yhdisteiden mahdollinen vaikutus kasvien itämiseen ja kasvuun. Biologista ilmiötä, jossa kasvin ympäristöönsä erittämät bioaktiiviset yhdisteet vaikuttavat muiden kasvien itämiseen tai kasvuun, kutsutaan allelopaksi. Puuaineksen sisältämät bioaktiiviset yhdisteet voivat olla esimerkiksi fenoleja, tanniineja tai muita sekundaarisia aineenvaihduntatuotteita. Tällaisten yhdisteiden aiheuttamat allelopaattiset vaikutukset voivat olla joko negatiivisia tai positiivisia. (Cheng & Cheng, 2015)

Pajubiomassa sisältää useita bioaktiivisia yhdisteitä, kuten salisylaatteja, fenoleja ja tanniineja, joita esiintyy erityisesti pajun kuorella (Liimatainen, 2022). Tutkimuskirjallisuuden perusteella niiden vaikutus kasveihin ei kuitenkaan ole yksiselitteisesti haitallinen eli fytotoksinen. Tutkimuksissa pajuperäisten uutteen on havaittu toimivan jopa kasvien kasvua edistävänä biostimulanttina (Mutlu-Durak ym., 2023, Wise ym. 2020, Mutlu-Durak & Yildiz Kutman, 2021, Sowinski ym. 2022).

Pajun sisältämien yhdisteiden haitallisia vaikutuksia kasvuun on todettu tutkimuksessa, jossa tiettyjen pajulajien (*Salix* spp.) tuoreista lehdistä ja kuoresta valmistettu kasvualusta vähensi retiisin juurten kasvua, mutta vaikutus riippui pajulajista ja kasvinosasta: tutkimuksessa havaittiin myös kasvien kasvua stimuloivia vaikutuksia. (Rosa ym. 2014)

3.3 Pajukasvualustojen tutkimus- ja kehitystyö sekä kaupalliset ratkaisut

Pajupohjaisten kasvualustojen tutkimus- ja kehitystyö on keskittynyt erityisesti pajukomposteihin. Tutkimuksissa on tarkasteltu muun muassa pajukompostien kemiallisia ominaisuuksia, niiden vaikutuksia kasvien kasvuun sekä soveltuvuutta erilaisiin kasvualustaseoksiin. Kehitystyö on ollut aktiivista erityisesti Puolassa ja Tanskassa.

3.3.1 Pajukompostiin keskittyvät kasvualustatutkimukset

Pajukompostin soveltuvuutta kasvualustaksi on tutkittu paljon Puolassa, joka on yksi suurimmista energiapajun viljelymaista Euroopassa. Puolan energiapajuviljelmien pinta-alaksi on arvioitu noin 8700 hehtaaria (Stolarski;Niksa;Kryzaniak;Tworkowski;& Szczukowski, 2019). Pajukompostin kasvualustatutkimuksissa on tarkasteltu muun muassa kompostien kemiallisia ominaisuuksia, kompostoinnin keston vaikutusta materiaalin fytotoksisuuteen sekä pajukompostien soveltuvuutta kasvualustakomponentiksi erilaisissa viljelykokeissa (taulukko 2).

Taulukko 2. Yhteenvedo pajukomposteja käsittelevien kasvualustatutkimusten keskeisistä tuloksista.

Tutkimus	Tutkitut materiaalit	Keskeiset havainnot	Johtopäätös
Bekier ym. (2022)	Pelkkä paju, paju + heinä, paju + heinä + typi	Kypsymättömät kompostit heikensivät itämistä. Pelkkä pajukomposti jäi ravinneköyhäksi.	Pajukomposti toimii paremmin kasvualustan komponenttina kuin ainoana materiaalina.
Adamczewska-Sowińska ym. (2021)	Pajukomposti tomaatin taimituotannossa	Typillisäys lisäsi fytotoksisuutta (liian korkea sähkönjohtavuus). Paras tulos saatiin turveseoksella.	Pajukompostin käyttökelpoisuus paranee turpeeseen seostettuna.
Sowinski ym. (2022)	Pajukompostien vesiuutteet kompostin eri kypsyysvaiheissa	Typillisäys nopeutti kompostoitumista mutta lisäsi alkuvaiheen fytotoksisuutta.	Riittävä kompostointiaika on keskeinen pajukompostien kehittämisessä.

Bekierin ym. (2022) tutkimuksessa tarkasteltiin kolmen erilaisen energiapajukompostin kemiallisia kasvualustaominaisuuksia sekä tehtiin kasvatuskokeita eri kypsyysasteisilla komposteilla. Kompostit valmistettiin pelkästä pajuhakkeesta, pajuhakkeen ja heinän seoksesta sekä pajuhakkeen, heinän ja mineraalityypen seoksesta. Kompostien vaikutusta salaatin (*Lactuca sativa* L.) itämiseen ja kasvuun testattiin kompostoinnin eri vaiheissa. (Bekier ym. 2022)

Tutkimuksessa havaittiin, että pajukompostien vaikutus kasvien itämiseen ja kasvuun riippui voimakkaasti sekä kompostin kypsyysasteesta että koostumuksesta. Alkuvaiheen kompostista valmistetuista kasvualustoista erityisesti pelkkä pajukomposti ja mineraalityypillisetty pajukomposti vaikuttivat haitallisesti itämiseen. Kypsemmissä komposteissa tämä vaikutus väheni. Bekier ym. (2022) viittaavat raportissaan myös aiempiin tutkimuksiin, joissa on raportoitu kompostoinnin alkuvaiheeseen liittyvien fytotoksisten vaikutusten vähenevän kompostin kypsyessä. Tosin pelkästä pajusta valmistettu kypsäkin komposti tuotti heikkoja kasvutuloksia, minkä arvioitiin liittyvän puumateriaalin alhaiseen ravinnepitoisuuteen. Parhaat kasvutulokset saavutettiin kypsillä pajukomposteilla, joihin oli lisätty sekä heinää että typpeä, mikä viittaa siihen, että pajukomposti soveltuu paremmin kasvualustan komponentiksi kuin itsenäiseksi kasvualustaksi. (Bekier ym. 2022)

Adamczewska-Sowińska ym. (2021) tutkivat pajukompostien soveltuvuutta kasvualustoiksi tomaatin taimituotannossa kasvihuoneolosuhteissa. Myös tässä tutkimuksessa havaittiin, että pelkästä pajusta valmistettu komposti ei soveltunut kasvualustaksi alhaisen ravinnetason vuoksi. Kasvatuskokeissa myös mineraalityypillisäetty pajukomposti osoittautui voimakkaasti fytotoksiseksi, mikä ilmeni jopa täydellisenä taimikuolleisuutena. Havaittu fytotoksisuus ei liittynyt tässä tutkimuksessa kompostin kypsyttämättömyyteen, vaan myös kypsä komposti todettiin fytotoksiseksi korkean typpipitoisuuden ja siitä aiheutuneen korkean sähkönjohtavuuden takia. Pajukompostien sekoittaminen turpeeseen paransi merkittävästi tomaatin kasvua, ja parhaat tulokset saavutettiin seoksella, jossa oli 25 % pajukompostia ja 75 % turvetta. (Adamczewska-Sowińska ym. 2021)

Sowinski ym. (2022) ovat tutkineet eri kypsyisten pajukompostien vesiuutteiden fytotoksisuutta itävyystestien avulla. Erilaisilla lisäaineilla käsitellyistä pajukomposteista valmistettiin vesiuutteita yhteensä 6 kk kestäneen kompostoitumisprosessin eri vaiheissa. Vesiuutteiden vaikutusta valkosinapin (*Sinapis alba* L.) siementen itämiseen ja taimikasvuun testattiin petrimaljoilla. Verrokkina käytettiin tislattua vettä. (Sowinski ym. 2022)

Kompostissa, johon lisättiin mineraalityppeä, kompostoituminen nopeutui ja kompostointiaikana saavutettiin termofiilinen vaihe. Typpilisäys lisäsi kompostin alkuvaiheen fytotoksisuutta. Kypsan kompostin vesiuutteessa fytotoksista vaikutusta ei enää havaittu. Tulokset viittaavat siihen, että typpilisäys on kompostoitumisen kannalta hyödyllinen, mutta edellyttää riittävää kompostin kypsytystä ennen sen käyttöä. Kompostit ilman typpilisäystä olivat alkuvaiheessa vähemmän fytotoksisia, ja näiden alkuvaiheen kompostien havaittiin myös stimuloivan kasvien kasvua verrattuna typpilisätyihin komposteihin ja kontrolliin (vesi). Tätä on selitetty pajubiomassassa esiintyvillä bioaktiivisilla yhdisteillä, kuten salisyylaateilla, joilla voi olla kasvua edistäviä vaikutuksia. (Sowinski ym. 2022)

3.3.2 Biosubstrate-hankkeissa kehitetyt pajupohjaiset kasvualustat

Tanskalainen Teknologisk Institut on yhteistyössä Aarhusin yliopiston sekä yrityskumppaneiden kanssa kartoittanut ja kehittänyt systemaattisesti turvetta korvaavia tai täydentäviä kasvualustamateriaaleja useissa hankkeissa vuodesta 2019 alkaen: Biosubstrate (2019-2021), Biosubstrate 2.0 (2022-2025) ja Biosubstrate360 (2026-2029).

Vuosina 2019-2021 toteutetussa Biosubstrate-hankkeessa tutkittiin 53 uusiutuvasta biomassasta valmistettua kasvualustaa. Niiden toimivuutta selvitettiin sekä laboratorioskokeissa että kasvihuonekokeissa. Lisäksi kasvualustamateriaaleja seostettiin verrokkina toimineen turpeen kanssa erilaisissa suhteissa, jolloin hankkeen aikana testattujen kasvualustaseosten kokonaismäärä nousi noin 180:een. Kasvatuskokeissa kasvatettiin mm. kiinankaalia, krassia, salaattia, mansikkaa, basilikkaa, salviaa ja pelargoneja. (Mendanha, 2021, Mendanha & Zhou, 2021)

Hankkeessa testattiin useita pajupohjaisia kasvualustoja. Laboratorio-oloissa tehdyissä kasvatuskokeissa mukana oli mm. tuoreena hakettua pajua, murskattua pajua, mekaanisesti kuidutettua pajua, kompostoitua pajua, kananlannan sekä nurmen kanssa kompostoitua pajua,

hyönteisfrassin kanssa kompostoitua pajua, pajun ja biohiilen seosta sekä pajun ja kananlannan seosta. (Mendanha, 2021, Mendanha & Zhou, 2021)

Laboratoriokokeiden tulosten pohjalta turvekomponentin osittaiseen korvaamiseen soveltuviksi materiaaleiksi arvioitiin pajukompostit, biokaasumädätteestä erotettu kuitujae, puunkuorikuitu sekä pajukompostin ja puukuitujen seokset. Paju-kananlantakomposteilla, joihin oli seostettu turvetta 33-66 %, saavutettiin laboratoriokokeissa lupaavimpia tuloksia. Kasvatuskokeita jatkettiin kasvihuoneolosuhteissa valituilla materiaaleilla. Hankkeen kaikkien kasvatuskokeiden tulosten perusteella puukuidulla, paju-kananlantakompostilla, paju-nurmikompostilla sekä paju-nurmikompostin ja puukuidun seoksella voidaan korvata 50-70 % turpeesta ilman merkittävää vaikutusta kasvien kasvuun tai satoon. (Mendanha, 2021, Mendanha & Zhou, 2021)

Työtä jatkettiin Biosubstrate 2.0 -hankkeessa (2022-2025), jossa suoritettujen kasvatuskokeiden yhtenä tavoitteena oli selvittää, miten kasvihuoneiden viljelykäytäntöjä, kuten kastelua ja lannoitusta tulee säätää uusien kasvualustaseosten tarpeita vastaavaksi. Uusiutuvina biomassoina kasvualustaseoksissa käytettiin puukuitua, pajukompostia, kompostoitua kuorta ja biokaasumädätteestä erotettua kuituosaa. Hankkeessa seostettiin kasvualustaominaisuuksiltaan toisiaan täydentäviä biomassoja, ja kehitettiin sekä demonstroitiin kasvualustaseoksia, joissa nopeasti uusiutuvan biomassan osuus oli 50-100 %. (Teknologisk Institut, n.d., Hestbjerg, ym., 2025)

Hankkeessa käytetty pajukomposti oli tanskalaisen Ny Vraa -yrityksen valmistamaa. Ny Vraan komposti valmistetaan tuoreesta pajuhakkeesta ja apilanurmesta noin 50:50-tilavuussuhteessa, jolloin kompostoinnin alkuvaiheen hiili:typpi-suhde saadaan sopivaksi (noin 30) tehokkaan hajotusprosessin käynnistämiseksi. (der Visser, 2025) Pajukompostia seostettiin muihin kasvualustakomponentteihin. Seostamisella pyrittiin valmistamaan ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin kasvihuonetuotantoon soveltuva kasvualustaseos. Ny Vraan paju-nurmikomposti itsessään on ravinteikas kasvualusta, mutta se on melko painavaa ja nostaa kasvualustan sähkönjohtavuutta. Seostamisella voidaan säätää näitä ominaisuuksia optimaalisemmaksi. (Kjær & Jensen, 2025) Hankkeessa valmistettiin kasvualustaseos, joka koostui Advanced Substrate Technologyn (AST) valmistamasta biokaasumädätteen kuituosasta (70 %), Ny Vraan paju-apilanurmikompostista (10 %) ja Ny Vraan pajuhakkeesta (20 %). Materiaalia seostettiin turpeen kanssa suhteessa 50:50 ja tällä seoksella saatiin hyviä tuloksia viljelykokeissa. (Bjarke, 2025, Hestbjerg, ym., 2025, Ny Vraa Aps, n.d.a)

Edellä kuvattua, mädätteen kuituosaan, pajukompostiin ja pajuhakkeeseen perustuvaa kasvualustaseosta kehitetään edelleen yhteistyössä tanskalaisten viljelijöiden kanssa. Tuotteen arvioidaan tulevan markkinoille vuoden 2026 loppuun mennessä. Tuotteella on perinteisiä kasvualustoja vastaava rakenne ja se soveltuu hyvin viljelyyn, mutta viljelykäytäntöjä, erityisesti kastelua, tulee vielä säätää uuden materiaalin tarpeita vastaavaksi. (Bjarke, 2025)

Biosubstrate- ja Biosubstrate 2.0 -hankkeiden jatkohankkeena on vuoden 2026 alussa käynnistynyt Biosubstrate 360-hanke. Tässä hankkeessa tavoitteena on edelleen kehittää turpeettomien

kasvualustojen reseptiikkaa ja todentaa niiden toimivuutta kasvihuoneviljelyn käytännön olosuhteissa. Tavoitteena on kehittää täysin turpeeton kasvualusta, joka perustuu paikallisiin biomassoihin (puukuidut, biokaasumädätteen kuituosa, kompostoitu puunkuori ja kompostit). Kehitettävien kasvualustojen käytölle laaditaan ohjeet, joissa huomioidaan mm. kasvialustan vaatima kastelu ja lannoitus. Uusia ratkaisuja testataan kaupallisessa mittakaavassa, jotta niistä saadaan käytännössä toimivia ja ne pystyvät tuottamaan vähintään yhtä hyvän viljelytuloksen kuin turvepohjaiset kasvualustat. (Danish Technological Institute, n.d.)

3.3.3 Ny Vraa ja kaupalliset pajukasvualustat

NyVraa on tanskalainen yritys, jonka toiminta pohjautuu pitkäjänteiseen pajun viljelyyn ja hyödyntämiseen. Yrityksen juuret ovat maataloudessa, mutta se on keskittynyt energiapajun viljelyyn 1980-luvulta lähtien. Nykyisin yrityksellä on yli 500 hehtaarin pajuviljelmät ja se hallitsee Tanskassa pajun arvoketjua lisäysmateriaalin tuotannosta viljelyyn, sadonkorjuuseen, jalostukseen ja erilaisiin lopputuotteisiin asti. Lisäksi NyVraa toimii asiantuntijana pajun viljelyyn ja hyödyntämiseen liittyvissä kysymyksissä. Yrityksen yhtenä tavoitteena on kehittää paikallisiin biomassoihin perustuvia, kestäviä vaihtoehtoja turpeelle ja edistää kiertotalouteen perustuvia ratkaisuja kasvualustatuotannossa. NyVraa on ollut aktiivisesti mukana uusien, kasvihuoneviljelyyn soveltuvien kasvualustojen tutkimus- ja kehitystyössä, mm. edellisessä luvussa käsitellyissä BioSubstrate -hankkeissa. (Ny Vraa Aps, n.d.b., Ny Vraa Aps, n.d.c.)

Yrityksen kaupallinen kasvualustatuote on pajuhakkeen, typpipitoisen apilanurmen ja joidenkin muiden ravinnerikkaiden kasvien seoksesta valmistettu ravinteikas ja bioaktiivinen komposti (Dyrk, n.d.). NyVraan paju-apilanurmikompostia markkinoidaan kasvualustaksi keittiöpuutarhoihin, ulos, kasvihuoneen penkkeihin ja ruukkukasveille (Ny Vraa Aps, n.d.). Biosubstrate 2.0 -hankkeen kotisivuilta löytyvällä videolla NyVraan Anders Bach kertoo, miten yritys valmistaa pajukompostiaan käyttämällä raaka-aineena omilta pajuviljelmiltä korjattavaa pajuhaketta sekä pelloilta korjattavaa nurmisatoa. Näiden materiaalien lisäksi kompostiin lisätään melko suuri määrä kypsää kompostia, jotta kompostoituminen lähtee kunnolla käyntiin. Kypsä komposti sisältää runsaasti mikro-organismeja, jotka nopeuttavat kompostoitumisprosessia. (Teknologisk Institut, n.d.)

Dyrk-tuotenimellä myytävää Ny Vraan pajukompostikasvualustaa löytyy myynnistä mm. tanskalaisen XLBYG-ketjun verkkokaupasta. Tuotetta saa mm. 1500 litran suursäkissä, jonka hinta on 2149 DKK eli noin 290 euroa (1 DKK = 0,13 €). (XL-BYG Webshop Aps, n.d., tieto haettu 3.6.2026) Tuotteen kuutiohinnaksi tulee noin 193 €/m³. Vertailun vuoksi voidaan mainita, että Suomessa Hankkijan verkkokaupassa 320 litran paaleissa myytävän Kekkilän puutarhaturpeen kuutiohinnaksi tulee noin 80 €/m³ ja K-Raudan verkkokaupassa myytävän Kekkilän viljelymullan kuutiohintana on 155 €/m³. (Hankkija, n.d. ja K-Rauta, 2026, tiedot haettu 3.6.2026)

Esimerkki pajukompostikasvualustaa käyttävästä ammattimaisesta kasvihuoneesta on tanskalainen Økologihaven, joka tuottaa luomuyrttejä ja ruukkukasveja. Yritys oli mukana

BioSubstrate 2.0 -hankkeessa testaamassa biopohjaisia kasvualustoja käytännön viljelyssä, ja kertoo verkkosivuillaan käyttävänsä ruukkuyrttien kasvualustoissa kompostoitua pajuhaketta turpeen osittaisena korvaajana. Turpeesta on korvattu noin 25 % pajupohjaisella materiaalilla, ja tavoitteena on nostaa osuus 50 %:iin. (Økologihaven, n.d., Teknologisk Institut, n.d.)

Ny Vraan pajukompostikasvualustassa on runsaasti orgaanista ainesta, ravinteita ja mikrobitoimintaa, mutta kasvihuoneviljelyn tarpeita ajatellen se on painavaa eikä kaikilta osin vastaa rakenteeltaan turvetta, johon kasvihuoneiden viljelyteknologia on optimoitu. Lisäksi pajuraaka-aineen tuotannon skaalaaminen riittävän saatavuuden varmistamiseksi on haaste ammattimaisten kasvualustojen tuotannolle. Ny Vraa onkin ollut aktiivisesti mukana Biosubstrate-hankkeissa, joissa on kehitetty kasvihuoneviljelyn tarpeisiin räätälöityjä kasvualustaseoksia, joissa pajukompostia käytetään yhtenä komponenttina (kts. luku 3.3). (Hestbjerg, ym., 2025, Bjarke, 2025, Ny Vraa Aps, n.d.a)

4 Pajuhake katemateriaalina ja maanparannuksessa

Pajua voidaan hyödyntää kasvualustojen lisäksi myös katemateriaalina ja maanparannuksessa. Pajun käyttö maanparannuskatteena ns. Ramial Wood Chips -menetelmän periaatteiden mukaisesti on mielenkiintoinen esimerkki siitä, miten pajun kemialla ja huokoista rakennetta voidaan hyödyntää kasvien kasvuolosuhteiden parantamisessa.

Ramial Wood Chips (RWC) -menetelmän perusajatuksena on hyödyntää nuorten lehtipuiden kuoren sisältämien yhdisteiden korkeita ravinnepitoisuuksia ja bioaktiivisia ominaisuuksia maanparannuksessa. Menetelmän taustalla on ajatus siitä, että nuoresta puuaineksesta valmistetun hakkeen hajotessa maaperään muodostuu biologisesti aktiivinen ja hyödyllisiä sieniä sisältävä kasvualusta, joka tukee maan rakennetta ja kasvien kasvua pitkällä aikavälillä.

Pajusta valmistettu hake soveltuu tämän tyyppiseksi RWC-maanparannuskatteeksi hyvin, koska paju kasvaa nopeasti ja sen nuoret versot sisältävät runsaasti biologisesti aktiivisia yhdisteitä. Pajun kuoreissa olevien yhdisteiden, kuten tanniinien ja salisiinin, kuvataan vähentävän haitallisten mikrobien kasvua, kun taas pajun korkea ligniinipitoisuus toimii ravinto- ja kasvualustana hyödyllisille sienilajeille, jotka vaikuttavat positiivisesti kasvien hyvinvointiin, terveyteen ja satoisuuteen. Pajuhakkeen maanparannusvaikutus perustuu bioaktiivisten yhdisteiden lisäksi sen huokoiseen rakenteeseen ja suureen orgaanisen aineksen määrään. Katemateriaalina pajuhake auttaakin ylläpitämään maan kosteutta, lisää maaperän mikrobitoimintaa ja kasvattaa maan hiilipitoisuutta. Pajusta valmistetun katteen on kuvattu säilyvän käyttökelpoisena jopa 4–5 vuotta. Pajuhake valmistetaan 1–2-vuotiaasta kasvustosta hakettamalla biomassa hienojakoiseksi esimerkiksi vasaramyllyn tai muun hienontavan haketuslaitteen avulla. RWC-menetelmässä voidaan käyttää sekä hienojakoista että karkeampaa haketta riippuen käyttökohteesta. (Carbons Finland Oy, 2020, Taurines ym. 2025, Taurines ym. 2024)

5 Pohdinta ja yhteenveto

Kirjallisuuskatsauksen perusteella pajun käytöstä kasvualustamateriaalina on tehty melko paljon tutkimusta sekä käytännön kokeiluja erityisesti Puolassa ja Tanskassa. Tietoa on kertynyt erityisesti pajun kompostoinnista ja pajukompostien vaikutuksista kasvualustan ominaisuuksiin sekä erilaisten pajua sisältävien kasvualustaseosten toimivuudesta.

Pajukompostien mahdollisuuksia kasvualustoissa on tutkittu paljon, ja kompostointi näyttäisi olevan tällä hetkellä potentiaalisin tapa prosessoida pajubiomassa kasvualustamateriaaliksi. Pajubiomassa haketetaan ennen kompostointia ja sitä kompostoidaan yleensä yhdessä typpipitoisempien materiaalien, kuten nurmen tai heinän kanssa. Tanskassa on kehitetty myös tuoretta pajuhaketta sisältävää kasvualustaseosta.

Puolassa tehdyissä pajukompostien kasvualustakäyttöä tarkastelleissa tutkimuksissa havaittiin erityisesti kypsymättömillä komposteilla fytotoksisia vaikutuksia kasvien kasvuun. Parhaat kasvutulokset saavutettiin kypsillä, typpilisätyillä komposteilla, etenkin silloin kun niitä seostettiin turpeeseen. Tulosten perusteella kasvualustakäyttöön tarkoitettujen pajukompostien kehittämisessä keskeistä näyttäisikin olevan sopivan typpilisäyksen määrittäminen sekä kompostin riittävä kypsyminen ennen käyttöä.

Pajupohjaisten kasvualustojen kehitystyö on tällä hetkellä pisimmällä Tanskassa. Tanskalaisen pajun viljelyyn ja pajuotteisiin keskittyvän Ny Vraan paju-apilanurmikompostia markkinoidaan sellaisenaan puutarhakäyttöön. Paju-apilanurmikompostilla on myös mahdollista korvata osa turpeesta ammattiviljelyssä. Ny Vraa on mukana tanskalaisten tutkimusorganisaatioiden toteuttamissa Biosubstrate-hankkeissa, joissa on kehitetty kasvihuoneviljelyyn soveltuvia, vähemmän turvetta sisältäviä kasvualustoja. Biosubstrate-hankkeiden viljelykokeissa on onnistuttu korvaamaan paju-apilanurmikomposteilla jopa 50–70 % kasvualustojen turpeesta. Hankkeissa on myös kehitetty täysin turpeetonta kasvualustaseosta, joka sisältää paju-apilanurmikompostia, pajuhaketta sekä biokaasumädätteen kuituosaa. Seostamalla on saatu erilaisten biomassojen fysikaaliset, kemialliset ja biologiset ominaisuudet täydentämään toisiaan. Kyseinen tuote ei vielä ole kaupallisessa tuotannossa, mutta sen arvioidaan tulevan markkinoille vuoden 2026 aikana.

Kasvualustojen kehitystyössä on huomioitava, että erityisesti ammattiviljelyssä kasvualustoille asetetaan hyvin tarkkoja teknisiä ja laadullisia vaatimuksia. Tämän vuoksi ammattiviljelyn kasvualustojen kehittäminen edellyttää tutkimuslaitosten lisäksi myös kasvualustoja valmistavien yritysten ja niitä käyttävien viljelijöiden osallistumista, kuten Tanskassa toteutetuissa Biosubstrate-hankkeissa on osoitettu. Ammattiviljelyn lisäksi kasvualustoja tarvitaan myös viherrakentamisessa ja kuluttajamarkkinoilla, joissa niihin ei kohdistu aivan yhtä monia laadullisia ja teknisiä vaatimuksia. Pajuhakkeella voisi olla mahdollisuuksia esimerkiksi viherrakentamisen kasvualustoissa käytettävien kompostien tukiaineena turpeen korvaajana tai täydentäjänä.

Paju sisältää bioaktiivisia yhdisteitä, joilla voi olla vaikutuksia kasvien kasvuun. Näitä bioaktiivisia yhdisteitä hyödynnetään myös Ramial Wood Chips (RWC) -menetelmässä, jossa nuorista versoista valmistettua haketta käytetään maanparannuskatteena maaperän biologisen aktiivisuuden ja sitä

kautta kasvien kasvun tukemiseen. Kirjallisuuskatsauksen perusteella pajun bioaktiivisilla yhdisteillä on kasvatuskokeissa raportoitu mahdollisia kasvien kasvua edistäviä biostimulanttivaikutuksia, mutta yksittäisessä tutkimuksessa on havaittu myös haitallisia vaikutuksia. Pajun bioaktiivisten yhdisteiden vaikutuksista kasvualustoissa löytyi kuitenkin melko vähän tutkimustietoa. Kirjallisuuskatsauksen perusteella nykyinen tutkimusnäyttö ei kuitenkaan viittaa siihen, että pajun bioaktiiviset yhdisteet muodostaisivat merkittävän esteen pajun kasvualustakäytölle.

Suomessa pajupohjaisten kasvualustojen kehittäminen edellyttäisi ensinnäkin pajuraaka-aineen tuotantoa. Nykyiset pajuviiljelmäalat ovat Suomessa pieniä, joten mahdollinen tuotanto vaatisi uusia pajuviiljelmiä ja toimivia arvoketjuja biomassan tuotannolle, logistiikalle ja prosessoinnille. Toisaalta olemassa olevat, tutkimustarkoituksiin perustetut pajuviiljelmät voisivat tarjota mahdollisuuden kasvualustojen valmistuksen ja käytön pilotointiin suomalaisissa olosuhteissa.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella paju toimii erityisesti kasvualustaseosten osakomponenttina. Pajupohjaisten kasvualustojen valmistukseen liittyvän liiketoiminnan kehittäminen edellyttää paitsi tuotekehitystä myös tietoa raaka-ainetuotannon, logistiikan ja prosessoinnin toimivista arvoketjuista sekä niiden taloudellisesta kannattavuudesta. Pajuarvoketjuista uutta liiketoimintaa -hankkeessa näitä seikkoja pyritään tarkastelemaan alustavien liiketoimintamallien ja kannattavuuslaskelmien avulla.

6 Lähdeluettelo

- Adamczewska-Sowińska, K.;Sowiński, J.;Jamroz, E.;& Bekier, J. (2021).** Combining Willow Compost and Peat as Media for Juvenile Tomato Transplant Production. *Agronomy*. Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.3390/agronomy11102089>
- Bekier, J.;Jamroz, E.;Sowiński, J.; Adamczewska-Sowińska, K.;& Katuża-Haładyn, A. (2022).** Effect of Differently Matured Composts from Willow on Growth and Development of Lettuce. *Agronomy*(12, 175). Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.3390/agronomy12010175>
- Bioenergia ry. (2024).** Turve. Haettu 16. 4 2026 osoitteesta Turpeen käyttökohteet: <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/turve/#kayttokohteet>
- Bioenergia ry. (2025).** *Kuiviketurpeen niukkuuteen voidaan vastata luvittamalla riittävästi turvetuotantoalaa*. Haettu 5. 7 2026 osoitteesta <https://www.bioenergia.fi/2025/06/18/kuiviketurpeen-niukkuuteen-voidaan-vastata-luvittamalla-riittavasti-turvetuotantoalaa/>
- Biolan Oy. (n.d.).** *Biolan Turpeeton Puutarhamulta*. Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.biolan.fi/tuotteet/biolan-turpeeton-puutarhamulta.html>
- Biolan Oy. (n.d.).** *Millaista on hyvä puutarhamulta?* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.biolan.fi/artikkelit/millaista-on-hyva-puutarhamulta?>
- Bjarke, L. (2025).** Fra forskningsprojekt til nyt produkt. *Gartner Tidende*(10), 22-23. Noudettu osoitteesta https://www.teknologisk.dk/_/media/96227%5FFra%20forskingsprojekt%20til%20nye%20produkt%5FGT%5F10%5F2025%5F09%5F23%5F37.pdf
- Carbons Finland Oy. (2020).** *Maatalous - kuivike- ja katemateriaalit pajuista*. Haettu 5. 6 2026 osoitteesta <https://carbons.fi/wp-content/uploads/2020/11/TUOTEKORTTI-Maatalous-Pajuhake.pdf>
- Cheng, F.;& Cheng, Z. (2015).** Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*. Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>
- Cropper. (n.d.).** *Kookoskuitu kasvualustana – vinkit tehokkaaseen kasvatukseen*. Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.cropper.fi/blogs/kasvatusblogi-vinkit-sisaviljelyyn/kookoskuitu-kasvualustana-vinkit-tehokkaaseen-kasvatukseen?srsId=AfmBOoq4Ms3xqxVvWI4f9M5NIgUUrF-J4832skRkwii-m8J9NvTv0Tsm>
- Danish Technological Institute. (n.d.).** *BioSubstrate360: Development of peat-free growing media from local and circular biomass*. Haettu 5. 5 2026 osoitteesta <https://www.dti.dk/projects/biosubstrate360-development-of-peat-free-growing-media-from-local-and-circular-biomass/47683>
- der Visser, R. (2025).** Kompost til vækstsustrater. *Gartner Tidende*(10), 18-19. Noudettu osoitteesta https://www.teknologisk.dk/_/media/96232%5FKompost%20til%20v%E6ksthussustrater%5FGT%5F10%5F2025%5F10%5F04%5F50.pdf
- Dyrk. (n.d.).** *Pilekompost*. Haettu 6. 5 2026 osoitteesta <https://dyrk.dk/pilekompost/>
- Geologian tutkimuskeskus (GTK). (2022).** *Uusiutuvasta rahkasammalesta ilmastoviisas ja turvetta korvaava kasvialusta*. Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.gtk.fi/ajankohtaista/uusiutuvasta-rahkasammalesta-ilmastoviisas-ja-turvetta-korvaava-kasvialusta/>

- Growing Media Europe AISBL. (n.d.).** *What are Growing Media?* Haettu 7. 5 2026 osoitteesta <https://www.growing-media.eu/what-are-growing-media>
- Hankkija. (n.d.).** *Kekkilä Puutarhaturve 320 l.* Haettu 3. 6 2026 osoitteesta https://www.hankkija.fi/Piha_ja_puutarha/mullat/ia-kekki-la-puutarhaturve-320-l-2003852/
- Hashemi, F.;Mogensen, L.;Smith, A.;Ugilt Larsen, S.;& Knudsen, M. (2024).** Greenhouse gas emissions from bio-based growing media: A life-cycle assessment. *Science of the Total Environment*(907). Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167977>
- Heino, E.;& Hytönen, J. (2016).** Pajunviljelyn pinta-ala Suomessa vuonna 2015. *Sorbifolia* 47(1), 12-15.
- Heiskanen, J. (2024).** Metsäpuiden paakkutaimien kasvatusta turvetta sisältävissä ja turpeettomissa kasvualustoissa. Teoksessa N. (. Silvan, *Kasvuturpeelle kavereita : Loppuraportti.* (ss. 7-8). Helsinki: Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 20/2024. Luonnonvarakeskus.
- Hestbjerg, H.;Værbak, S.;Moustaka, J.;Hashem, F.;Knudsen, M.;Mendanha, T.;& Foncillas, C. (2025).** Sphagnum må vige pladsen. *Gartner Tidende*(10), 12-13. Noudettu osoitteesta https://www.teknologisk.dk/_/media/95386%5FSphagnum%20m%E5%20vige%20pladsen.pdf
- Jordbruksverket. (7. 2 2024).** *Jordbruksmarkens användning 2023: Slutlig statistik.* Noudettu osoitteesta <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2024-02-07-jordbruksmarkens-anvandning-2023.-slutlig-statistik>
- Järvenkylä Oy. (n.d.).** //OHJE// *Mansikan tunneliviljely.* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://jarvenkyla.fi/fi/article/-ohje-mansikan-tunneliviljely/11751>
- Järvenkylä Oy. (n.d.).** *Mansikan ja vadelman ruokkuviljely Kekkilä FBM 640 EcoBoost RA647.* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://jarvenkyla.fi/fi/product/mansikan-ja-vadelman-ruokkuviljely-kekki-la-fbm-640-ecoboost-ra647/12584>
- Katajisto, M. (2015).** Taimituotanto Suomessa. *Metsänomistajat Kaakko.* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www2.mhy.fi/Kaakko/Kaakko12015/files/assets/common/downloads/page0016.pdf>
- Kekkilä BVB. (2020a).** *Viherrakentaminen.* Haettu 16. 4 2026 osoitteesta Mistä hyvä kasvualusta koostuu?: <https://www.kekkila.fi/viherrakentaminen/artikkeli/mista-hyva-kasvualusta-koostuu/>
- Kekkilä BVB. (2020b).** *Tietoa ja ohjeita.* Haettu 16. 4 2026 osoitteesta <https://www.kekkila.fi/viherrakentaminen/tietoa-ja-ohjeita/>
- Kekkilä BVB. (2020c).** *Millaista multaa valitsen?* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.kekkila.fi/artikkeli/millaista-multaa-valitsen/>
- Kekkilä BVB. (2020d).** *Kasvuturve.* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.kekkila.fi/artikkeli/kasvuturve/>
- Kekkilä BVB. (2020e).** *Komposti lisää kasvualustan monimuotoisuutta.* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.kekkila.fi/viherrakentaminen/artikkeli/komposti-lisaa-kasvualustan-monimuotoisuutta/>
- Kekkilä BVB. (2022).** *Millainen kasvualusta tunnelivadelmalle?* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.kekkilaprofessional.com/fi/viljelysvinkit-ja-neuvot/millainen-kasvualusta-tunnelivadelmalle/>
- Kekkilä BVB. (2026).** *Liity mukaan rakentamaan vihreämpää tulevaisuutta EcoBoostin avulla!* Haettu 16. 4 2026 osoitteesta <https://www.kekkilaprofessional.com/fi/tuotteet/ecoboost/>

- Kekkilä BVB. (2026).** *Reed canary grass in our growing media*. Haettu 16. 4 2026 osoitteesta <https://www.kekkila-bvb.com/our-growing-media-25/what-raw-materials-do-we-use/reed-canary-grass-in-our-growing-media/>
- Kekkilä BVB. (2026).** *Taimistot*. Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.kekkilaprofessional.com/fi/tuotteet/ruukku-ja-ryhmaskasvit/taimistot/>
- Kjær, K.;& Jensen, M. (2025).** Godt på vej mod mindre sphagnum. *Gartner Tidende*(10), 15-16. Noudettu osoitteesta https://www.teknologisk.dk/_/media/95388%5FGodt%20p%E5%20vej%20mod%20mindre%20sphagnum.pdf
- K-Rauta. (2026).** *Viljelymulta Kekkilä 1000l*. Haettu 3. 6 2026 osoitteesta <https://www.k-rauta.fi/tuote/viljelymulta-kekkila-1000l/6430038321190>
- Liimatainen, J. (2022).** Pajun kemialliset ominaisuudet ja niihin perustuva käyttö. Teoksessa A. Viherä-Aarnio;T. Jyske;& E. Beuker, *Pajut biokiertoaloudessa : Materiaaleja, arvoaineita, ympäristöhyötyjä* (ss. 71-80). Helsinki: Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2022. Luonnonvarakeskus. Noudettu osoitteesta <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-368-8>
- Mendanha, T. (2021).** *BioSubstrate – Screening and demonstration trials*. Aarhus University, Department of Food Science. Noudettu osoitteesta https://www.teknologisk.dk/_/media/83395_6_Thayna%20Mendanha%20AU-FOOD.pdf
- Mendanha, T.;& Zhou, R. (2021).** *Biobaserede vækstsubstrater til planteproduktion (BioSubstrate) - Afrapportering af projektleverancer fra arbejdsparke 4 og 5 i GUDP-projektet, 2019-2021*. Aarhus University & Teknologisk Institut. Noudettu osoitteesta https://www.teknologisk.dk/_/media/83970_BioSubstrate%20deliverables%20Report%20of%20deliverables%20from%20WP4%20and%20WP5_TM.pdf
- Muilu-Mäkelä, R.;Manni, K.;Högel, H.;Silvenius, F.;Näkkilä, J.;Finni, S.;. . . Silvan, N. (2026).** *Kuivike- ja kasvualustatuotannon tiekartta : Tarkastelujakso 2026–2040*. Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- Mutlu-Durak, H.;& Yildiz Kutman, B. (2021).** Seed treatment with biostimulants extracted from weeping willow (*Salix babylonica*) enhances early maize growth. *Plants*(10(7), 1449.). Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.3390/plants10071449>
- Mutlu-Durak, H.;Arikan, Y.;& Kutman, B. (2023).** Willow (*Salix babylonica*) extracts can act as biostimulants for enhancing salinity tolerance of maize grown in soilless culture. *Plants*. Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.3390/plants12040856>
- Nguyen, V.;Blok, C.;Barbagli, T.;Zheng, Z.;Mondaca-Duarte, F.;& Vandecasteele, B. (2026).** The growth of growing media market by 2050: demand and availability of raw materials. *Frontiers in Horticulture: Controlled Environmental Horticulture*(5). doi:<https://doi.org/10.3389/fhort.2026.1800056>
- Norhage Industri. (n.d.).** *Ruukutuskoneet*. Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://norhageindustri.fi/product/ruukutuskoneet/>
- Novarbo Oy. (n.d.).** *Kasvualustaseokset, kasvuturpeet ja luomulannoitteet ammattiviljelyyn*. Haettu 16. 4 2026 osoitteesta <https://www.novarbo.fi/fi/tuotteet/kasvualustaseokset/mossgrow-seokset>
- Ny Vraa Aps. (n.d.).** *Dyrk*. Haettu 6. 5 2026 osoitteesta Vores pilekompost er økologisk, spagnumfri, vegansk og produceret i Nordjylland: <https://nyvraa.dk/dyrk/>
- Ny Vraa Aps. (n.d.a).** *Biosubstrate*. Haettu 6. 5 2026 osoitteesta <https://nyvraa.dk/biosubstrate/>
- Ny Vraa Aps. (n.d.b.).** *Energy willow*. Haettu 6. 5 2026 osoitteesta <https://nyvraa.dk/en/our-willow/energy-willow/>
- Ny Vraa Aps. (n.d.c.).** *Velkommen til Ny Vraa*. Haettu 6. 5 2026 osoitteesta <https://nyvraa.dk/>

- Oikarinen, M. (2013).** *Käyttötarpeen mukaisen kasvuvalustan hankinta - Käytäntö Oulun seudulla.* Opinnäytetyö, Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Haettu 16. 4 2026 osoitteesta <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305107627>
- Rosa, J.;da Della Mea, L.;Agostinetti, L.;& Boff, M. (2014).** Allelopathic effect of *Salix* spp. on seeds germination and seedling development of *Raphanus sativus* L. *Revista de Ciências Agroveterinárias*(13(1)), 45-52. Noudettu osoitteesta <https://periodicos.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5221>
- Ruokavirasto. (2025).** *Lannoitevalmisteiden vaatimukset.* Noudettu osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/>
- Ruokavirasto. (2025).** *Lannoitevalmisteiden vaatimukset.* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta Tuoteluokat ja ainesosaluokat: <https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/tuoteluokat-ja-ainesosaluokat>
- Salo, H. (2023).** *Turve kasvuvalustana ja kuivikkeena - tulevaisuus.* Haettu 8. 5 2026 osoitteesta <https://www.koneyrittajat.fi/media/Julkinen/Liitteet/Tapahtumat/Ratkaisevat2023/07Salo.pdf>
- Santanen, E. (2012).** *Orgaanisesti ja kemiallisesti lannoitettujen turvekasvuvalustojen soveltuvuus ruukkuvihannesviljelyyn.* Lepaa: Hämeen ammattikorkeakoulu. Noudettu osoitteesta <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012110614952>
- Silvan, E.;Virkkunen, E.;& (toim). (2025).** *Turvetta korvaavat vaihtoehtoiset kasvuvalusta- ja kuivikemateriaalit : Esiselvitys.* Helsinki: Luonnonvarakeskus. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-131-9>
- Silvan, N.;Näkkilä, J.;Heiskanen, J.;& Engström, S. (2024).** *Kasvuturpeelle kavereita: Loppuraportti.* Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- Sowinski, J.;Jama-Rodzenska, A.;Perera, P.;Jamroz, E.;& Bekier, J. (2022).** The changes of willow biomass characteristics during the composting process and their phytotoxicity effect on *Sinapis alba* L. *PLOS ONE*(17(10): e0275268). Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275268>
- Stolarski, M.;Niksa, D.;Krzyzaniak, M.;Tworkowski, J.;& Szczukowski, S. (2019).** Willow productivity from small- and large-scale experimental plantations in Poland from 2000 to 2017. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 461-475. Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.034>
- Suoranta, O. (26. 8 2025).** *Puuntaimien kasvuvalustaksi etsitään uusia vaihtoehtoja.* (Metsäkeskus) Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.metsaanlehti.fi/uutiset/metsanhoito/puuntaimien-kasvuvalustaksi-etsitaan-uusia-vaihtoehtoja.html>
- Taurines, S.;Guittonny, M.;& Séguin, A. (2024).** Facilitating early boreal forest succession on waste rock using Ramial Chipped Wood mulch: A five-year study. *Forest Ecology and Management*. Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121860>
- Taurines, S.;Séguin, A.;& Guittonny, M. (2025).** Promoting soil microbial community development in early primary succession on waste rock by mulching with ramial chipped wood in a boreal context. *Applied Soil Ecology*. Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2025.105958>
- Teknologisk Institut. (n.d.).** *BioSubstrate 2.0 - Development and Demonstration of Bio-Based Growth Substrates.* Haettu 30. 4 2026 osoitteesta <https://www.dti.dk/projects/biosubstrate-2-0-development-and-demonstration-of-bio-based-growth-substrates/biosubstrate-2-0-development-and-demonstration-of-bio-based-growth-substrates/46792>

- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2021).** *Turvetyöryhmä: työpaperi.* Työ- ja elinkeinoministeriö. Haettu 13. 4 2026 osoitteesta <https://tem.fi/documents/1410877/67934370/Turvety%C3%B6ryhm%C3%A4%2C+ty%C3%B6paperi+30.03.21.pdf>
- Uusiomaarakentaminen.fi (UUMA-ohjelma). (2023).** *Komposti-tuotekortti.* Noudettu osoitteesta https://uusiomaarakentaminen.fi/wp-content/uploads/sites/5/2024/02/UUMA-4_Kierratyskasvualustat_5_KOMPOSTI_TUOTEKORTTI.pdf
- Viherkeskus Focus. (n.d.).** *Novarbo Puukuitu kasvualusta 3 L.* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.viherkeskusfocus.fi/siemenet-ja-esikasvatustuotteet/novarbo-puukuitu-kasvualusta-3-l/p/6430042660001>
- Viherympäristöliitto. (2022).** *Kasvualustan suositeltavat rakeisuuskäyrät.* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta https://u79114.www2.webdomain.fi/hallinta/wp-content/uploads/2024/09/rakeisuussuositus_2022.pdf
- Viherympäristöliitto. (2026).** *Kasvualustan suositeltavaat ravinnepitoisuudet.* Haettu 20. 4 2026 osoitteesta <https://www.vyl.fi/hallinta/wp-content/uploads/2026/02/Kasvualustan-suositeltavat-ravinnepitoisuudet-paivitys-2026.pdf>
- Viherympäristöliitto. (n.d.).** *Kasvualustasuositukset ja ohjeet.* Haettu 16. 4 2026 osoitteesta Paikalla tehtävät kasvualustat: <https://www.vyl.fi/tietoa-ja-tyokaluja/ohjeet/kasvualustasuositukset/paikalla-tehtavat-kasvualustat/>
- Wise, K.;Gill, H.;& Selby-Pham, J. (2020).** Willow bark extract and the biostimulant complex Root Nectar® increase propagation efficiency in chrysanthemum and lavender cuttings. *Scientia Horticulturae*(263, 109108). Noudettu osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109108>
- XL-BYG Webshop Aps. (n.d.).** *Dyrk økologisk og spagnumfri bigbag pilekompost 1500 l.* Haettu 3. 6 2026 osoitteesta https://www.xl-byg.dk/produkt/dyrk-oekologisk-og-spagnumfri-bigbag-pilekompost-1500-l-9242257?srsId=AfmBOooD4BWA_v_Y9oiVgEEZqjTHcN-gx8tjuDPCIQHqIK3uz1sjVEnc
- Økologihaven. (n.d.).** *Derfor putter vi pileflis i potterne.* Haettu 6. 5 2026 osoitteesta <https://oekologihaven.dk/derfor-putter-vi-pileflis-i-potterne%EF%BF%BC/>