

Kalle Pihlava

**Biopedit apuna kasvinsuojeluaineriskien vähentämisessä**

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Maa- ja metsätalouden yksikkö, Ilmajoki

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Kasvituotanto ja agroteknologia



## SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

### Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalouden yksikkö, Ilmajoki

Koulutusohjelma: Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Kasvituotanto ja agroteknologia

Tekijä: Kalle Pihlava

Työn nimi: Biopedit apuna kasvinsuojeluaineriskien vähentämisessä

Ohjaaja: Leena Riikonen

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 53

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Kasvinsuojeluaineita käsiteltäessä on oltava tarkkana, ettei niitä kulkeudu vesistöihin tai keräännä maaperään, missä niistä voi olla haittaa. Biopeti toimii osaltaan tämän tavoitteen saavuttamisessa. Biopetiä käytetään kasvinsuojeluruiskun täyttö- ja pesualueena, jolloin läikkyneet aineet ja pesuvedet saadaan kerättyä samaan paikkaan. Biopedissä kasvinsuojeluaineet hajoavat biologisesti, koska mikrobit käyttävät niissä olevaa hiiltä energialähteenään. Mikrobihajoamisen lisäksi kasvinsuojeluaineet voivat hajota kemiallisesti tai fotokemiallisesti.

Ensimmäinen biopeti rakennettiin vuonna 1992 Ruotsissa. Sen jälkeen maailmalla on esitelty useita eri variaatioita siitä, kuinka kasvinsuojeluruiskun pesu- ja huuhteluedet sekä läikkyneet ja ohikaadetut torjunta-aineet tulisi käsitellä. Tällä hetkellä Euroopassa on n. 2 650 virallisesti hyväksyttyä biopetiä.

Työssä annetaan ohjeet biopedin rakentamiseen maatilalle. Lopullinen rakennuskustannus määräytyy sen mukaan, kuinka iso biopedistä halutaan tehdä, kuinka paljon tilalla olevia tarvikkeita ja koneita voidaan rakentamiseen käyttää, mistä tarvikkeet hankitaan ja voidaanko käyttää enemmän omaa työtä rakentamisessa.

Maissa, joissa laki määrää käsittelemään torjunta-ainejäämiä sisältäviä ruiskun pesu- ja huuhteluvesiä, biopedit voivat olla hyvä ratkaisu. Myös Suomessa ympäristötukeen saattaa tulevaisuudessa tulla suuria muutoksia, ja yksi niistä voi esimerkiksi koskea kasvinsuojeluaineiden käsittelyä.

Asiasanat: Biopeti, kasvinsuojelu, kasvinsuojeluaineet

## SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: Ilmajoki School of Agriculture and Forestry  
Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises  
Specialisation: Crop Production and Agrotechnology

Author: Kalle Pihlava

Title of thesis: Risk reduction of plant protection products with a biobed

Supervisor: Leena Riikonen

Year: 2012

Number of pages: 53

Number of appendices: 0

---

When using plant protection products, one must take care that they do not drift anywhere where they might be harmful. A biobed can contribute to achieving this goal. It is a sprayer filling and washing area, which collects pesticide spillages and sprayer washing waters in the same place. Pesticides degrade biologically in a biobed. Microbes break down pesticides because they use carbon in pesticides for energy. Besides microbial degradation pesticides may degrade chemically or photochemically.

The first biobed was built in 1992 in Sweden. Since then several different variations of biobeds and how to handle a sprayer's washing and rinsing waters, as well as spills of plant protection products, has been introduced around the world. Currently there are around 2 650 officially accepted biobeds in Europe alone.

This thesis contains a guide on how to build a biobed on a farm. The final cost is determined by how big the biobed is going to be, how much of the farm supplies and machinery can be used for construction, where the equipment will be acquired and how much work can be done yourself.

In countries where legislation requires the handling of the sprayer's washing and rinsing waters, as well as pesticide residues, biobeds can be a good solution. One must also take into account that the Finnish environmental subsidy might undergo some big changes in the future, and one of them may require the safe handling of pesticide residues.

Keywords: Biobed, Plant Protection, Plant Protection Products

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract.....	3
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo .....	7
1 JOHDANTO .....	10
2 YLEISTÄ TORJUNTA-AINEISTA .....	11
2.1 Torjunta-aineiden käyttö Suomessa ja vertailu Ruotsiin.....	11
2.2 Torjunta-ainepäästöt luontoon .....	12
2.3 Torjunta-aineiden käyttäytyminen luonnossa .....	14
2.3.1 Hajoaminen.....	14
2.3.2 Sitoutuminen .....	16
2.3.3 Huuhtoutuminen.....	17
2.3.4 Haihtuminen.....	17
3 BIOPEDIT .....	19
3.1 Mikä on biopeti? .....	19
3.2 Biopedin biomassa ja siinä käytettävien aineiden vaatimuksia .....	20
3.3 Biopetien yleisyys maailmalla.....	21
3.4 Biopetityypit.....	21
3.4.1 Ruotsalainen biopeti .....	21
3.4.2 Vuorattu biopeti.....	23
3.4.3 Vertical green -biopeti .....	24
3.4.4 Phytobac®-biopeti.....	25
3.4.5 Biosuodatin .....	26
3.4.6 Biomassapeti .....	27
3.4.7 Eri biopuhdistamoiden vertailua .....	28
3.5 Biobedin ylläpito ja huoltotoimet.....	29
3.5.1 Kastelu.....	29
3.5.2 Biomassan käsittely .....	29
3.5.3 Muuta huomioitavaa.....	30
4 BIOPEDIN RAKENTAMINEN MAATILALLE.....	32
4.1 Rakennuspaikan valinta .....	32

4.2 Biopedin rakenne .....	32
4.3 Biopedin koon määrittäminen.....	33
4.4 Rakennusohjeet .....	34
4.4.1 Ruotsalainen biopeti .....	34
4.4.2 Vuorattu epäsuora biopeti .....	36
5 BIOPEDIN RAKENTAMINEN KOKEMÄEN KOULUTILALLE .....	38
5.1 Kokemäen koulutilan tietoja .....	38
5.2 Paikan valinta.....	40
5.3 Kuopan kaivaminen.....	41
5.4 Muotit valuja varten .....	42
5.5 Betonin valaminen.....	43
5.6 Kannatinpalkkien valmistus .....	44
5.7 Kannatinpalkkien ja ritilän asentaminen sekä kantavuuden testaus.....	45
5.8 Valmis biopeti.....	46
5.9 Kustannuslaskelma .....	47
6 POHDINTAA .....	48
LÄHTEET.....	50

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Biopeti</b>	Kasvinsuojeluaineruiskun täyttö- ja pesualue, jossa torjunta-aineet hajoavat mikrobiologisesti.
<b>Mikrobi</b>	Kaikki bakteerit, sekä mikroskooppiset sienet, kasvit ja eläimet ovat mikrobeja.
<b>Puoliintumisaika</b>	Aika joka on mennyt, kun puolet torjunta-aineesta on hajonnut maassa.
<b>Tehoaine</b>	Tuotteessa, esim. kasvinsuojeluaineessa, oleva varsinainen vaikuttava aineosa.

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

KUVA 1. Torjunta-aineiden käsittelystä aiheutuvia pistekuormituksia. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].) .....	13
KUVA 2. Ruotsiin rakennettu maailman ensimmäinen biopeti. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].).....	22
KUVA 3. Vuorattu epäsuora biopeti. (Fogg 2007.).....	24
KUVA 4. Esimerkit VG-biopedin tyhjästä ja täydestä rautahäkistä. (Anping huade, [viitattu 25.11.2011]; Ecavert, [viitattu 25.11.2011].) .....	25
KUVA 5. Phytobac® huuhtelu- ja pesualueineen. (Pietrantoni, [viitattu 1.12.2011].) .....	26
KUVA 6. Biosuodatin. (Cors ym. 2007, [viitattu 1.12.2011].).....	27
KUVA 7. Biomassapeti toiminnassa. (Merli, [viitattu 1.12.2011].) .....	28
KUVA 8. Tulevan biopedin paikan valinta. ....	40
KUVA 9. Kuopan kaivaminen biopedille.....	41
KUVA 10. Valmis kaivanto. ....	41
KUVA 11. Keskeneräinen muotti betonivalulle.....	42
KUVA 12. Valmiit muotit betonivalulle.....	43
KUVA 13. Betonin valaminen.....	43

KUVA 14. Valmis valu.....	44
KUVA 15. Kannatinpalkkien sahaaminen. ....	44
KUVA 16. Kannatinpalkkien asentaminen. ....	45
KUVA 17. Ritilöiden asentaminen.....	45
KUVA 18. Kantavuuden testaus.....	46
KUVA 19. Valmis biopeti.....	46
KUVIO 1. Torjunta-ainepäästöjen lähteet maatilalla. (Pesticide handling presentation, [viitattu 7.11.2011].).....	14
KUVIO 2. Kaavio torjunta-aineiden käyttäytymisestä levityksen jälkeen. (Himel, C.M., Loats, H. & Bailey G.W. 1990, Fraktmanin 2002 mukaan.) .....	18
KUVIO 3. Karttakuva Euroopassa ja Amerikassa olevista biopedeistä. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].) .....	21
KUVIO 4. VG-biopedin toimintakuvaus. (Ecavert, [viitattu 25.11.2011].) .....	25
KUVIO 5. Erialaisten biopuhdistamoiden toimintaperiaatteita. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].).....	29
KUVIO 6. Esimerkki tukipilarien asennuksesta. (Odlingibalans, [viitattu 7.12.2011]) .....	35
KUVIO 7. Tukipilarien päälle tulevien U-palkkien asentaminen. (Odlingibalans, [viitattu 7.12.2011]) .....	35



KUVIO 8. Ajoramppien asennus. (Odlingibalans, [viitattu 7.12.2011]) .....	35
KUVIO 9. Biopedin poikkileikkaus. (Odlingibalans, [viitattu 7.12.2011]).....	36
KUVIO 10. Lämpileikkauskuva epäsuoran biopedin ruiskunkäsittelyalueesta. (Design manual, [viitattu 22.12.2011].) .....	37
TAULUKKO 1. Myytyjen kasvinsuojeluaineiden määrä Suomessa 2009 (Kasvinsuojeluaineiden myyntitilastot, [viitattu 22.11.2011], Pesticides consumption, [viitattu 24.1.2012]). .....	11
TAULUKKO 2. Myytyjen kasvinsuojeluaineiden määrä Ruotsissa vuonna 2009 (Pesticides consumption, [viitattu 14.12.2011].).....	12
TAULUKKO 3. Puoliintumisajan ryhmittely. (Laitinen 2000.) .....	15
TAULUKKO 4. Biopedin mitoituksessa auttavia raja-arvoja. (Fogg 2007.) .....	33
TAULUKKO 5. Kokemäen koulutilalla käytettävät kasvinsuojeluvalmisteet ja niiden tehoaineet. (Tehoainetiedot: Tukes Kasvinsuojeluinerekisteri.) .....	39
TAULUKKO 6. Kustannuslaskelma biopedin rakentamisesta. ....	47

## 1 JOHDANTO

Jatkuvasti tiukentuvat lait ja asetukset luonnonsuojelusta ovat pakottaneet monet ammattikunnat tarkistamaan toimintojaan eri työvaiheissa. Maataloudessa on jo pitkään puhuttu ravinteiden aiheuttamista ongelmista vesistöjen rehevöittäjinä. Myös kasvinsuojeluaineita käytettäessä tulee toimia huolellisesti, jotta niiden kerräntyminen maaperään ja kulkeutuminen vesistöihin olisi mahdollisimman vähäistä. Biopeti toimii tässä työssä viljelijän apuna. Biopeti on kasvinsuojeluruiskun täyttö- ja pesualue, joka auttaa ehkäisemään torjunta-aineiden pääsyä luontoon.

Kiinnostus tehdä opinnäytetyö biopedeistä heräsi, kun erikoistumisharjoittelupaikastani Kokemäen koulutilalta ehdotettiin, että rakentaisin sellaisen heille. Silloin itselläni ei ollut kovinkaan paljoa tietoa siitä, mikä on biopeti. Olin kuullut aiemmin mainittavan biopedistä jossain yhteydessä torjunta-aineista puhuttaessa, mutta muuten käsite oli minulle melko outo.

Tämän työn tarkoitus on koota tiivis paketti biopedeistä ja niiden toiminnasta sekä kertoa eri biopetiratkaisuista ja siitä, miten ne toimivat. Työ sisältää myös työselosteen biopedin rakentamisesta maatilalle. Se toimii ohjeena ja esimerkkinä viljelijälle, joka on kiinnostunut rakentamaan biopedin omalle tilalleen. Biopedit eivät ole mitenkään uusi asia, ensimmäinen biopeti kehitettiin jo 1990-luvun alkupuolella. Tästä huolimatta niitä ei kuitenkaan juuri ole käytössä Suomessa.

Tämä tietopaketti on suunnattu maatalouden ammattilaisille, opiskelijoille ja kaikille aiheesta kiinnostuneille. Koin tarpeelliseksi kerätä tähän työhön mahdollisimman paljon tietoa biopedeistä eri puolilta maailmaa, koska niistä on kirjoitettu suomenkielistä tekstiä niin vähän.

## 2 YLEISTÄ TORJUNTA-AINEISTA

### 2.1 Torjunta-aineiden käyttö Suomessa ja vertailu Ruotsiin

Torjunta-aineilla tarkoitetaan yleisesti sellaisia tuotteita, joilla pyritään kontrolloimaan rikkakasvien, kasvitautien ja tuhoeläinten määrää. Torjunta-aineita ovat esim. herbisidit, fungisidit ja insektisidit. (Fogg 2007, 3.)

Tällä hetkellä Suomessa on noin 350 hyväksyttyä kasvinsuojeluainevalmistetta. Nämä sisältävät noin 150 eri tehoainetta. Rikkakasviaineiden eli herbisidien osuus myynnistä vuonna 2009 oli 80 %. (Kasvinsuojeluaineiden myyntitilastot, [viitattu 22.11.2011].)

Vuonna 2009 Suomessa myytiin yhteensä 1 693,8 tn eri tehoaineita maatalouden kasvinsuojeluun. Kaikkia kasvinsuojeluaineita myytiin 71,9 tn enemmän kuin vuonna 2008. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Myytyjen kasvinsuojeluaineiden määrä Suomessa 2009 (Kasvinsuojeluaineiden myyntitilastot, [viitattu 22.11.2011], Pesticides consumption, [viitattu 24.1.2012]).

Kasvinsuojelu-aineryhmä	Tehoainemyynti (tn) 2009	Tuotemyynti (tn) 2009	Tehoainemyynnin erotus vuodesta 2008
Herbisidit	1 355,1	3 320,8	-2,2
Korrenvahvistajat	78,8	137,6	7,3
Fungisidit	224,7	721,4	66,6
Insektisidit	35,2	192,1	0,2
<b>Yhteensä</b>	<b>1 693,8</b>	<b>4 371,9</b>	<b>71,9</b>

Vuonna 2009 Ruotsissa myytiin yhteensä 1 904 tn eri tehoaineita maatalouden kasvinsuojeluun. Kaikkia kasvinsuojeluaineryhmiä myytiin 398 tn vähemmän, kuin vuonna 2008. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2. Myytyjen kasvinsuojeluaineiden määrä Ruotsissa vuonna 2009 (Pesticides consumption, [viitattu 14.12.2011].)

Kasvinsuojelu- aineryhmä	Tehoainemyynti (tn) 2009	Tehoainemyynnin erotus vuodesta 2008
Herbisidit	1 594	-340
Korrenvahvistajat	32	-6
Fungisidit	234	-60
Insektisidit	44	8
<b>Yhteensä</b>	<b>1 904</b>	<b>-398</b>

Suomen ja Ruotsin torjunta-aineiden käyttömäärät ovat hyvin lähellä toisiaan. Ruotsissa käytetään jonkin verran enemmän insektisidejä ja herbisidejä. Tämän voi selittää se, että Ruotsissa on enemmän peltopinta-alaa kuin Suomessa. Suomessa kuitenkin käytetään enemmän korrenvahvistajia.

Suomen peltopinta-ala on n. 2,3 miljoonaa hehtaaria. Jos kokonaismäärä 1 693,8 tonnia tehoainetta jaetaan koko peltopinta-alan kesken, tulokseksi saadaan  $1\,693\,800\text{ kg}/2\,300\,000\text{ ha} = 0,74\text{ kg tehoainetta/ha}$ . Ruotsissa peltopinta-alaa on n. 2,63 miljoonaa hehtaaria (Arable land in Sweden, [viitattu 20.1.2012]). Koko peltopinta-alalle levitetty tehoainemäärä Ruotsissa on tällöin  $1\,904\,000\text{ kg}/2\,630\,000\text{ ha} = 0,72\text{ kg tehoainetta/ha}$ . Tämän laskennan perusteella voidaan todeta, että hehtaaria kohti laskettuna tehoaineen käyttömäärissä ei ole suurta eroa Suomen ja Ruotsin välillä.

## 2.2 Torjunta-ainepäästöt luontoon

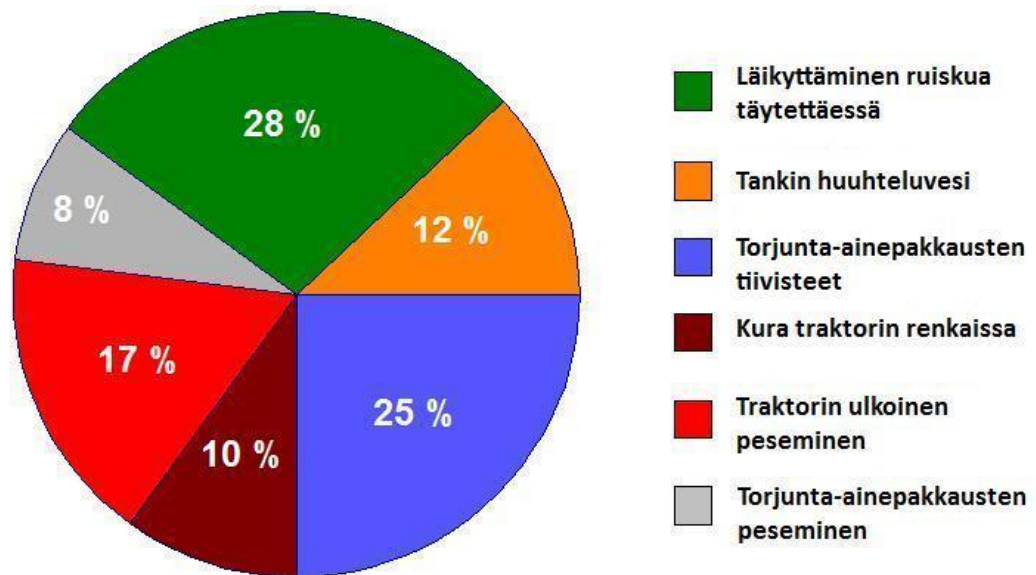
Torjunta-aineita voi päästä luontoon läikkymisen, vuodon, traktorin tai ruiskun pesun tai puhdistuksen vuoksi. Tutkimukset ovat osoittaneet, että kaikki maahan pääsevät torjunta-aineet voivat huuhtoutua pintavesiin. Maan kautta torjunta-aineita voi päästä myös pohjaveteen. Näitä pistekuormituksia voidaan minimoida muuttamalla työskentelytapoja. Ruiskun tulee myös olla kunnossa ja sen käyttäjällä on oltava käyttökoulutus. (Fogg 2007, 3.)

Torjunta-aineiden ja muiden kemikaalien varomaton käyttäminen saattaa lisätä jäämiä pinta- ja pohjavesissä (Kuva 1). Useat tutkimukset ovat todistaneet, että 40–90 % pintavesien torjunta-ainesaastumisista johtuu suorista menetyksistä. Suorilla menetyksillä tarkoitetaan läikkymisiä ruiskun täyttövaiheessa, ruiskun vuotoja, ruiskun tyhjennystä (tankki, pumppu ja puomit), tankin huuhteluvesiä ja ruiskutuskaluston ulkoista puhdistamista. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].)



KUVA 1. Torjunta-aineiden käsittelystä aiheutuvia pistekuormituksia. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].)

Maatilalla aiheutuu torjunta-ainepäästöjä useista eri syistä. Osaa päästöistä voidaan vähentää toimimalla tarkasti kasvinsuojeluaineita käsiteltäessä ja huolehtimalla siitä, että ruiskutuskalusto täytetään, pestään ja huuhdellaan siihen soveltuvalla paikalla. (Kuvio 1.)



KUVIO 1. Torjunta-ainepäästöjen lähteet maatilalla. (Pesticide handling presentation, [viitattu 7.11.2011].)

## 2.3 Torjunta-aineiden käyttäytyminen luonnossa

### 2.3.1 Hajoaminen

Orgaaniset torjunta-aineet hajoavat maassa biokemiallisissa prosesseissa. Ne koostuvat mikrobiologisista ja abiottisista kemiallisista reaktioista. Hydrolyysi ja hapetusreaktiot ovat tärkeimpiä kemiallisia muuntumisreaktioita. Suurin osa yhdisteistä hajoaa mikrobiologisesti, mutta ne voivat hajota myös täysin kemiallisesti (epäorgaaniset yhdisteet) tai fotokemiallisesti valon vaikutuksesta. Kemiallinen hajoaminen tapahtuu maahiukkasten pinnoilla maaveden vuorovaikutuksen ansiosta. (Fraktman 2002, 30, Kuvio 2.)

Mikrobit hajottavat torjunta-aineita, koska ne saavat energiaa torjunta-aineesta olevasta hiilestä. Tätä hajoamista kutsutaan metaboliseksi hajoamiseksi. Metabolisesti hajoavia torjunta-aineita ovat ne, joiden rakenteet ovat yksinkertaisia ja luonnonaineita muistuttavia (esim. MCPA).

Hajoaminen voi myös olla kometabolista, jolloin aineiden hajottamiseen tarvitaan monen eri mikrobilajin yhteistyötä. Tällöin torjunta-aineen rakenne on monimutkaista eivätkä mikrobit saa torjunta-aineen hajottamisesta energiaa. Kuitenkin hajotuksen yhteydessä torjunta-aineen rakenne muuttuu yksinkertaisemmaksi, jonka jälkeen metabolinen hajottaminen on mahdollista jollekin mikrobilajille.

Metabolisessa hajoamisessa mikrobit tottuvat käyttämään torjunta-ainetta energiänlähteenään, ja ne pystyvät hajottamaan sitä tehokkaammin. Kometabolisessa hajoamisessa hajottamisnopeus säilyy muuttumattomana. (Hartikainen 1992, 330.)

Puoliintumisaajalla ( $T_{50}$ ,  $T_{1/2}$  tai  $DT_{50}$ ) kuvataan torjunta-aineen hajoamisnopeutta. Tällä tarkoitetaan aikaa, joka kuluu siihen kun puolet torjunta-aineesta olevasta ainemäärästä on hajonnut. (Laitinen 2000, 11.) (Taulukko 3.)

TAULUKKO 3. Puoliintumisaajan ryhmittely. (Laitinen 2000.)

<b>Puoliintumisaika <math>T_{50}</math>:</b>	<b>Ryhmittely:</b>
Alle viikko	Nopeasti hajoava
1 viikko–1 kuukausi	Kohtalaisen nopeasti hajoava
1–3 kuukautta	Kohtalaisen hitaasti hajoava
3–8 kuukautta	Hitaasti hajoava
Yli 8 kuukautta	Erittäin hitaasti hajoava

Torjunta-aineiden hajotessa muodostuu uusia yhdisteitä, jotka voivat hajota hitaammin tai nopeammin kuin alkuperäinen yhdiste. Ne voivat myös olla haitallisia tai haitattomampia. (Laitinen 2000, 12.)

Hajoamisnopeuteen vaikuttavat kemiallisten ominaisuuksien lisäksi ympäristön lämpötila, kosteus, maalaji, maan happamuus, valo ja mikrobiston kyky hajottaa torjunta-ainetta. (Laitinen 2000, 12.) Hajoaminen on nopeinta lähempänä maan pintaa, koska kemialliset ja mikrobiologiset reaktiot ovat nopeampia muokkauskerroksessa kuin pohjamaassa. (Heinonen-Tanski 1986, Torstensson 1987, Laitisen 2000, 12 mukaan). Lämpötilalla on suuri vaikutus torjunta-aineen hajoamisnopeuteen. Jos lämpötila alenee +20 celsiusasteesta +10:een, puoliintumisaika kasvaa

2,2 kertaiseksi. Nollassa celsiusasteessa puoliintumisaika on n. viisinkertainen verrattuna +20 asteeseen. (Laitinen 2000, 12.)

Mikrobiologisesti torjunta-aineista hajoaa maassa huomattava osa. Jos maassa ei ole riittävästi kosteutta, mikrobiologinen hajoaminen voi hidastua tai se voi pysähtyä kokonaan. Jos maa on liian vettynyt, mikrobitoiminta estyy, koska mikrobeilla ei ole tarpeeksi happea käytettäväksi. Mikrobiologinen hajoaminen vähenee myös, mitä lähemmäs mennään  $\pm 0$  celsiusastetta. Mikrobitoiminta pysähtyy maan jäätyessä. (Laitinen 2000, 13.)

Jos mikrobisto maassa on tottunut käyttämään ainetta energianlähteenä, hajoaminen on nopeaa. Esim. Ruotsissa on todettu MCPA:n hajoavan nopeammin maassa, joka on vuosi toisensa jälkeen käsitelty samalla tavalla. (Laitinen 2000, 13.)

### 2.3.2 Sitoutuminen

Torjunta-aine sitoutuu sitä voimakkaammin maaperään, mitä vähemmän sitä on maanesteessä. Tällöin mikrobien on vaikeampi hajottaa sitä. On kuitenkin tapauksia, joissa biohajoaminen on mahdollista vain silloin, kun torjunta-aine on sitoutunut maahiukkasiin. (Seppälä 1997, Mattsoffin 2005, 10 mukaan.) Saveksen määrä, kationivaihtokapasiteetti ja maaperän happamuus sekä orgaaninen aines vaikuttavat sitoutumiseen. Nämä ominaisuudet ovat keskenään vuorovaikutuksessa, eikä yksittäisen tekijän vaikutusta voi tarkkaan arvioida. (Krogh ja Martikainen 1999, Mattsoffin 2005, 10 mukaan.)

Mitä enemmän maassa on savimineraaleja ja humusta, sitä tiukemmin torjunta-aineet voivat sitoutua maahan. Näin maapartikkelien koolla on vaikutusta sitoutumiseen. (Martikainen 1992, 50.) Koska humuksella on suuri ominaispinta-ala (800–900 m<sup>2</sup>/g), sillä on suuri sitomiskyky. (Seppälä 1997, Mattsoffin 2005, 10 mukaan.) Sitoutuminen humukseen on voimakkaampaa torjunta-aineen rasvaliukoisuuden kasvaessa. Myös lämpötilan lasku vahvistaa torjunta-aineen sitoutumista. (Martikainen 1996, Mattsoffin 2005, 11 mukaan.)



### 2.3.3 Huuhtoutuminen

Torjunta-aineet kulkeutuvat maassa kemiallisten ominaisuuksien sekä maaperästä ja säästä johtuvien seikkojen ansiosta. Torjunta-aineita voi joutua vesistöihin usealla tavalla, kuten huuhtoutumalla, eroosiossa sitoutuneena maahiukkasiin tai tuulien ja sateiden mukana. Aineen vesiliukoisuus ja orgaaniseen ainekseen sitoutuvuus ovat aineiden kulkeutumisen arvioinnissa tärkeitä. Hyvin veteen liukenevat aineet kulkeutuvat yleensä hyvin, mutta heikosti liukenevat aineet voivat pieniin maahiukkasiin sitoutuessaan kulkeutua veden mukana. (Byers ym. 2000, Laitisen 2000, 14 mukaan, Kuvio 2.)

Saviaineksen ja humuksen määrä sekä maan happamuus vaikuttavat sitoutumiseen ja huuhtoutumiseen. Näin torjunta-aineiden sitoutuminen vaihtelee eri maalojeilla. Sidokset maahiukkasiin ovat kemiallisia, ja niiden määrä riippuu vapaana olevista sitoutumispaikoista. Sitoutuneen aineen vapautumisnopeuteen vaikuttavat veden virtausnopeus maassa tai sen huokosissa, sidoksen lujuus sekä orgaanisen aineksen hajoaminen. Joidenkin aineiden sitoutumiseen ja hajoamiseen vaikuttavat happamuuden muutokset maassa tai vedessä. (Torstensson 1987, Laitisen 2000, 14 mukaan.)

Tiukasti sitoutuneita torjunta-aineita vapautuu, kun maa jäätyy ja sulaa. Tästä johtuen talvella ja keväällä voi vesissä esiintyä tiettyntyyppisiä aineita, joita ei ole syksyllä havaittu. (Turtola 1999, Laitisen 2000, 14–15 mukaan.)

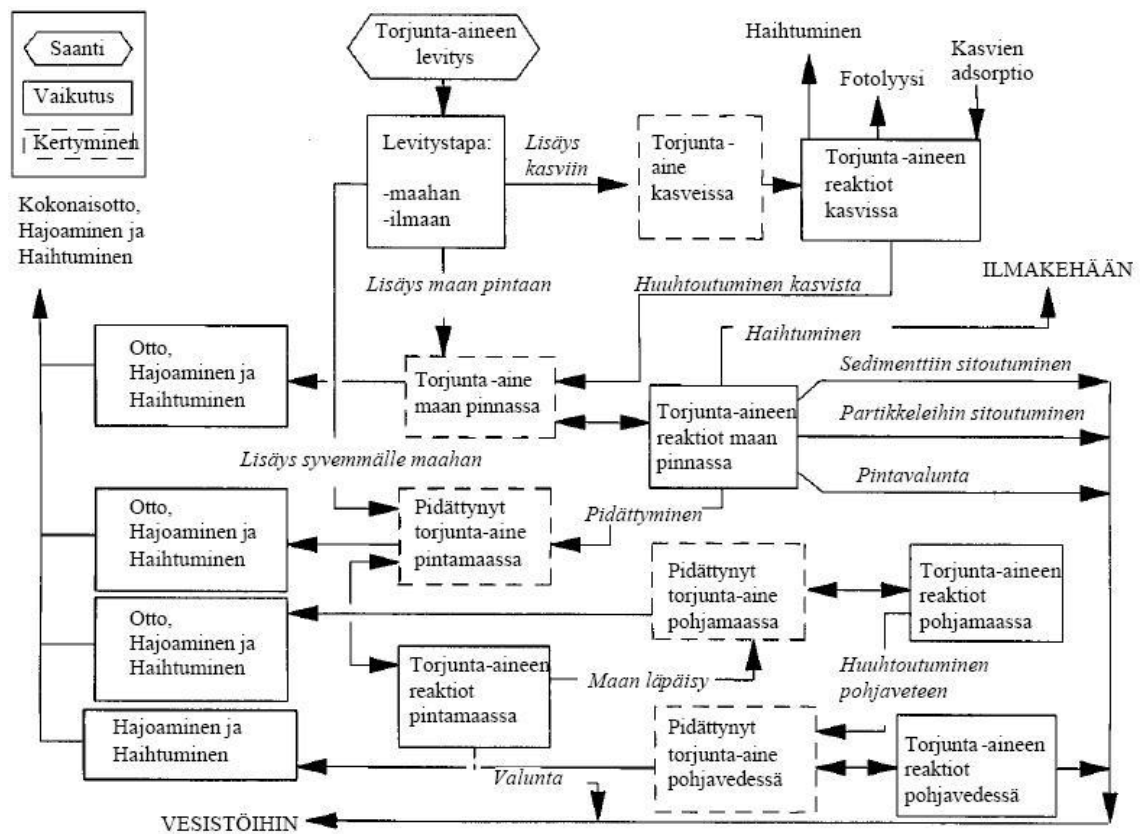
Viljelytoimenpiteet, kuten muokkaus ja kastelu, vaikuttavat osaltaan torjunta-aineiden kulkeutumiseen, koska ne liikkuvat paljolti veden mukana. Muokkauksen vuoksi myös syvemmällä olevat aineet pääsevät pintaan ja pinnassa olevat aineet syvemmälle. (Laitinen 2000, 15.)

### 2.3.4 Haihtuminen

Torjunta-aineiden suurimmat siirtymismekanismit ovat haihtuminen ja ilmakulkeuma. Torjunta-aineesta voi levityksen jälkeen haihtua 40–90 %. Torjunta-aineet

voivat ilmavirtojen mukana kulkeutua pitkiä matkoja, minkä jälkeen ne laskeutuvat maahan, vesistöihin ja kasvillisuuteen. (Turnbull 1996, Liikanen 1998, Walker ym. 1999, Sivulan 2003, 8 mukaan, Kuvio 2.)

Maaperän kosteus ja lämpötila ovat tärkeimmät ympäristötekijät torjunta-aineiden haihtumisessa. Mitä kylmempää on, sitä vähemmän haihtumista tapahtuu. Haihtuminen vähenee myös, kun torjunta-aineet sitoutuvat maaperään. (Liikanen 1998, Sivulan 2003, 8 mukaan.)



KUVIO 2. Kaavio torjunta-aineiden käyttäytymisestä levityksen jälkeen. (Himel, C.M., Loats, H. & Bailey G.W. 1990, Fraktmanin 2002 mukaan.)

## 3 BIOPEDIT

### 3.1 Mikä on biopeti?

Kasvinsuojeluineruisku yleensä täytetään ja pestään maatilalla samassa paikassa, lähellä vesipistettä. Tästä aiheutuu pistekuormitusta, jonka vuoksi kasvinsuojeluaineita voi joutua pinta- ja pohjavesiin. Tämä on todettu useissa maissa tehtyjen tutkimusten perusteella. Pistekuormitusriskiä voidaan oleellisesti vähentää rakentamalla ruiskun täyttö- ja pesupaikalle biopeti. (Hiltunen 2005, 7.)

Fysikaalis-kemialliset jätevesikäsitteilyt ovat hyvin tehokkaita, mutta yleensä liian kalliita normaaleille viljelijöille. Tästä syystä jonkinasteinen biologinen käsittely on suositumpi torjunta-aineita hajotettaessa. Maatalouskäytössä näiden käsittelyjen on oltava halpoja, luotettavia, helppoja käyttää pienellä työpanoksella ja pienellä jätteidenkäsittelykululla. Mahdollisesti biopuhdistavilla systeemeillä saadaan vähennettyä vesien saastumista tiloilla. Biopuhdistaminen on herättänyt mielenkiintoa ympäri maailman. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].)

Alkuperäinen biopuhdistamo, biopeti, kehitettiin Ruotsissa 1990-luvun alkupuolella. Ideana oli saada aikaan paikka, joka keräisi ohikaadetut tai läikkyneet torjunta-aineet talteen. Alueen tuli myös jäljitellä maan ominaisuuksia hajottaa torjunta-aineita. (Bramstorp 2009, 2.) Biopeti voi yksinkertaisimmillaan olla maahan kaivettu kuoppa, johon on laitettu olkea, turvetta ja multaa (Design manual, 2).

Käsittelytavan keksimisen jälkeen monia variaatioita on kehitelty. Näitä ovat esimerkiksi Phytobac® (Ranskassa), biosuodatin (Belgiassa), biomassapeti (Italiassa) yms. Nämä kaikki toimivat samantapaisesti. Kaikki sisältävät biologisesti aktiivista massaa, joka sitoo torjunta-aineita itseensä ja jossa on tehokasta mikrobitoimintaa, joka hajottaa torjunta-aineita. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].)

### **3.2 Biopedin biomassa ja siinä käytettävien aineiden vaatimuksia**

Biopedin toiminta ja tehokkuus perustuvat siinä käytettävään biomassaan. Biomassa koostuu oljesta, turpeesta ja mullasta. Seoksessa tulee olla olkea 50 %, turvetta 25 % ja multaa 25 %. Biomassa tulee sekoittaa hyvin, ja sitä laitetaan biopetiin vähintään 50 cm:n kerros (Bramstorp 2009, 4).

#### **Olki**

Seoksessa olki toimii energianlähteenä sienille, jotka muodostavat torjunta-aineita hajottavia entsyymejä. Pieneksi silputtu olki (n. 5 cm) on paremmin mikrobien käytävissä ja helpommin sekoitettavissa muuhun biomassaan kuin karkea olki. Silputtu olki menee myös pienempään tilaan. (Bramstorp 2009, 4.) Vehnän tai ohran oljen käyttö on suositeltavaa (Fogg 2007, 6).

#### **Turve**

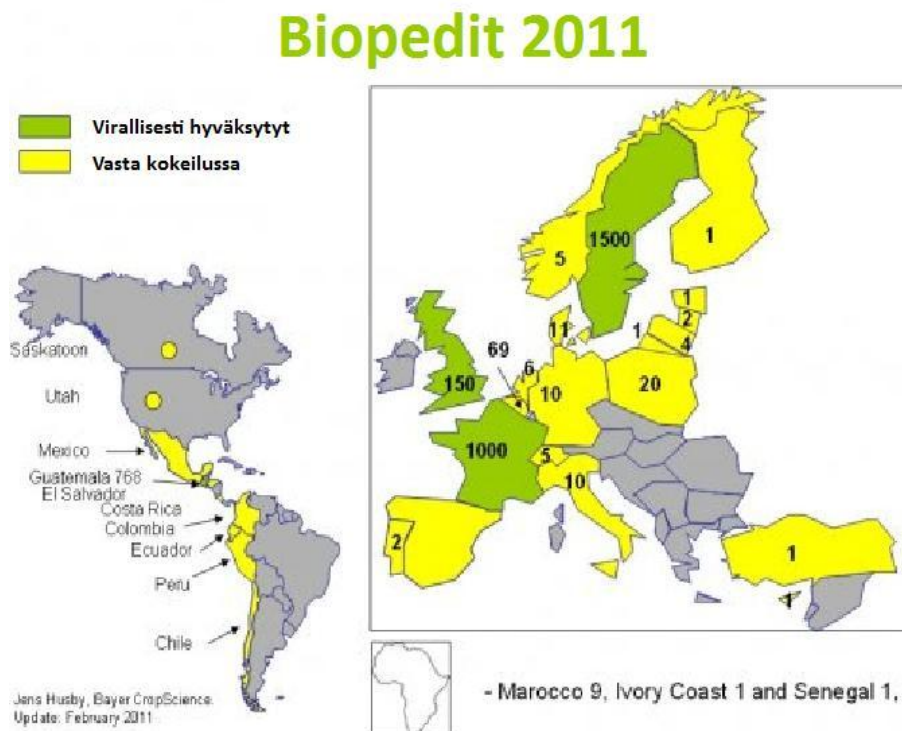
Puhdas turve seoksessa aiheuttaa happamuutta, jossa sienet viihtyvät. Turve myös sitoo vettä, joten se auttaa pitämään kosteutta yllä biopedissä. (Bramstorp 2009, 4.) Foggin (2007, 6) mukaan turpeen tulee olla kompostoitua.

#### **Multa**

Tilan omaa pintamaata voi olla hyvä käyttää biopedissä, koska sen mikrobieliöstö on tottunut hajottamaan tilalla käytettäviä torjunta-aineita. Maan korkea humuspi-toisuus on eduksi. (Bramstorp 2009, 4.) Maa-aineksessa ei saa olla paljoa savea, jotta biomassa saataisiin hyvin sekoitettua (Fogg 2007, 6). Multa toimii myös pieneliövarastona (Hiltunen 2005, 7).

### 3.3 Biopetien yleisyys maailmalla

Vuonna 2011 Euroopassa oli n. 2 650 virallisesti hyväksyttyä biopetiä. Nämä sijaitsivat Englannissa, Ranskassa ja Ruotsissa. Monessa eri maanosassa on osoitettu kiinnostusta biopetejä kohtaan, ja niitä onkin kokeilussa Euroopan lisäksi Afrikassa ja Etelä- sekä Pohjois-Amerikassa. (Kuvio 3.)



KUVIO 3. Karttakuva Euroopassa ja Amerikassa olevista biopedeistä. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].)

### 3.4 Biopetityypit

#### 3.4.1 Ruotsalainen biopeti

Ruotsalainen biopeti on suunniteltu yksinkertaiseksi käyttää, ja se voidaan usein

rakentaa tilalla olevista aineista. Perusasioita ovat tiivis pohjamaa, paksu kerros biomassaa ja nurmikansi. (Bramstorp 2009, 3.)

Pohjamaaksi suositellaan savea, koska se estää veden juoksemista ulos biopedistä liian nopeasti. Savea laitetaan biopedin pohjalle 10–20 cm:n kerros. Pohjamaan ollessa hyvin läpäisevää kannattaa pohjasta tehdä täysin vesitiivis. (Bramstorp 2009, 4.)

Biopedin nurmipinnoite auttaa säilyttämään vesitasapainon. Nurmi imee itseensä vettä ja haihduttaa sitä. Rehevä nurmipinta kertoo, että ilmasto on sopiva biopedissä tapahtuvalle torjunta-aineiden hajotukselle kompostoinnilla. Nurmissa näkyvät aukot myös paljastavat mahdollisesti läikkyneet tai vuotaneet torjunta-aineet. (Bramstorp 2009, 4.) Nurmi estää biopedin pinnan liettymisen ja auttaa sen kuivana säilymisessä (Hiltunen 2005, 7). (Kuva 2.)

Biopedin toiminta huononee merkittävästi, jos se kyllästyy vedellä. Se ei voi veden valtaamana kompostoida torjunta-aineita tehokkaasti. Ruiskua täytettäessä tuleekin aina seurata, ettei vettä pääse biopetiin suuria määriä. (Bramstorp 2009, 6.)



KUVA 2. Ruotsiin rakennettu maailman ensimmäinen biopeti. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].)

### 3.4.2 Vuorattu biopeti

On väistämätöntä, että vesistöihin päätyy aina hieman torjunta-aineita. Siksi on oltava systeemeitä, joiden avulla huuhtoutumista tulee pyrkiä vähentämään. Niiden tulee olla yksinkertaisia, kustannustehokkaita ratkaisuja. Yksi tapa on käyttää vuorattua biopetiä, jolla saadaan torjunta-ainevalumat ja pesuvedet talteen. (Fogg 2007, 3.) Euroopassa on viime vuosien aikana kehitetty biopetiä siten, että se pysyy käsittelemään suuria määriä jätevettä. Biopedin on oltava kokonaan vesitiivis. Varsinkin suurilla tiloilla, joilla ruiskutetaan paljon, vedet tulisi saada kerättyä talteen käsittelyä varten. (Bramstorp 2009, 2.) Käsittelyn jälkeen voidaan vesi käyttää uudelleen (Fogg 2007, 3).

On olemassa kaksi erilaista vuorattua biopetiä. Ensimmäinen on ns. epäsuora biopeti, jossa kaikki pesuvedet ja läikkyneet torjunta-aineet kerätään talteen käsittelyalueelta, joka on läpäisemätön, esim. asfaltilta. Kaikki nesteet kerätään viemäröinnin avulla läheiseen biopetiin. (Kuva 3.) Toinen tapa on ns. suora biopeti (vrt. ruotsalainen), jossa ruisku ajetaan suoraan biopedin päälle missä ruisku pestään ja täytetään. (Fogg 2007, 3.)

Huuhtelu- ja pesuvesien sekä torjunta-aineiden tulee päätyä muovitankkiin, josta ne voidaan edelleen ohjata biopetiin. Tankin koko määräytyy sen mukaan, kuinka paljon nesteitä kaikkiaan tarvitsee varastoida. Varastosta nesteet pumpataan biopetiin. Tärkeää on käyttää biopedin koko pinta-alaa, jotta se toimisi tehokkaasti. Nesteet voidaan pumpata biopetiin esimerkiksi tippakastelujärjestelmällä, jolloin kustannukset pysyvät pieninä. (Fogg 2007, 10–11.)

Vuoratussa epäsuorassa biopedissä voi olla myös toinen muovitankki, johon kerätyt vedet päätyvät biopedistä käsittelyn jälkeen. Sieltä vesi tulee levittää biologisesti aktiiviselle maalle. Jos vesi on peräisin biopedistä, jonka päällä ruiskua on vain täytetty, voidaan vesi levittää pienelle alueelle. Jos ruiskua on sekä pesty että täytetty biopedin päällä, kerätty vesi tulee levittää suurelle alueelle. Tällöin vesi voidaan levittää vaikka ruiskulla. (Bramstorp 2009, 6.)



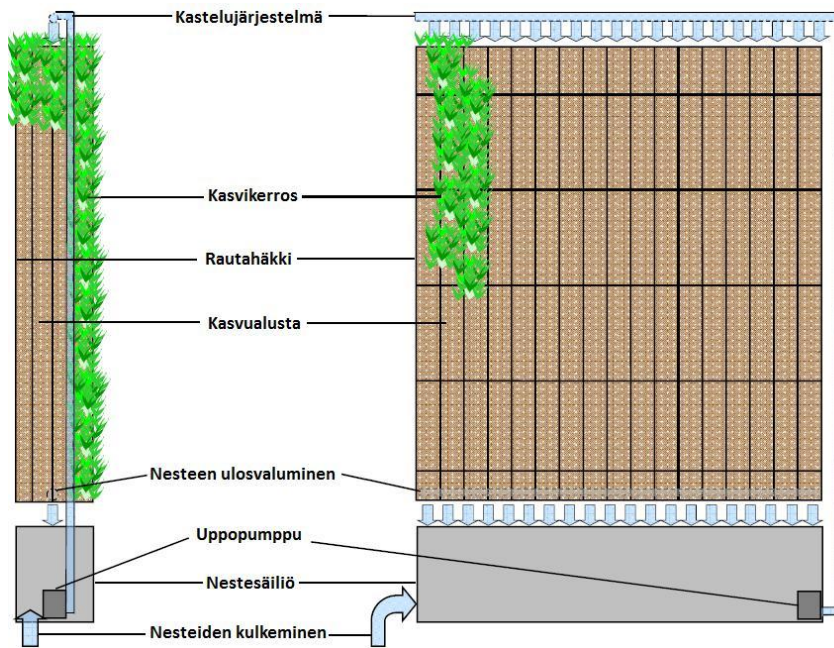
KUVA 3. Vuorattu epäsuora biopeti. (Fogg 2007.)

### 3.4.3 Vertical green -biopeti

Vertical green -biopeti (VG, suom. pystysuora vihreä) on uusi keksintö biopetien saralla. Se on kehitetty vuonna 2010 Sveitsissä, ja sille on haettu patenttia Euroopassa vuonna 2011. (Vertical green biobed, [viitattu 24.11.2011].) VG-biopedissä käytettävä biomassa on laitettu metalliseen häkkiin, joka on neliskanttinen. Biomassaan on istutettu nurmi jokaiselle seinämälle paitsi pohjaan. Biopetiin johdetaan torjunta-aineita sisältävä neste tippakastelujärjestelmällä. Nesteet pääsevät valumaan biopedin lävitse, minkä jälkeen ne päätyvät takaisin nestesäiliöön ja sieltä edelleen kierto. Seinämällä oleva nurmi haihduttaa vettä, ja biopedissä olevat mikrobit hajottavat torjunta-aineita. (Kuvio 4 ja Kuva 4.)

Muiden biopetien heikkous on se, että ne vaativat suuren pinta-alan ja kyllästyvät vedellä helposti. VG-biopedillä ei ole näitä ongelmia. Kasvipeitteisyytensä vuoksi ne ovat miellyttävän näköisiä ja erittäin tehokkaita torjunta-aineiden hajottamisessa. Vuoden aikana VG-biopedillä voidaan normaalisti käsitellä noin kymmenen kertaa enemmän jätevettä kuin mitä tunnetuimmilla vaakatasossa olevilla biopedeillä. (Vertical green biobed, [viitattu 24.11.2011].)





KUVIO 4. VG-biopedin toimintakuvaus. (Ecavert, [viitattu 25.11.2011].)



KUVA 4. Esimerkit VG-biopedin tyhjästä ja täydestä rautahäkistä. (Anping huade, [viitattu 25.11.2011]; Ecavert, [viitattu 25.11.2011].)

### 3.4.4 Phytobac®-biopeti

Ranskassa ainoa hyväksytty ja siellä kehitetty biopetimalli on Phytobac®-biopeti. Sitä alettiin kehittää vuonna 1997 alkuperäisen ruotsalaisen konseptin mukaan. Ranskassa on säädetty, että viljelijöiden tulee huolehtia siitä, että ruiskun huuhte-

lu- ja pesuvedet käsitellään. (Fournier, [viitattu 1.12.2011].)

Phytobac®-biopeti muistuttaa hyvin paljon vuorattua biopetiä. Kuitenkin tiettyjä eroja on havaittavissa: sadanta biopetiin on estettävä. Biomassassa ei saa olla turvetta, vaan siinä on oltava maata 70 % ja olkea 30 %. (Fournier, [viitattu 1.12.2011].) Biopedissä tulee olla betonikaulus, joka on vähintään 30 cm maanpinnan yläpuolella, tällä estetään veden kulkeutumista pois biopedistä (Pietrantoni, [viitattu 1.12.2011]). Biomassan päälle ei tule nurmikantta (Kuva 5).



KUVA 5. Phytobac® huuhtelu- ja pesualueineen. (Pietrantoni, [viitattu 1.12.2011].)

### 3.4.5 Biosuodatin

Biosuodatin koostuu 2–3 säiliöstä, joiden jokaisen tilavuus on 1 m<sup>3</sup>. Säiliöt ovat päällekkäin, ja ne sisältävät vastaavaa olki-turve-multa-seosta kuin ruotsalaisessa biopedissä. (Cors, De Vleeschouwer, Henriët, Huyghebaert & Pigeon, [viitattu 7.12.2011].)

Biosuodattimen toimintaperiaate vastaa pitkälti epäsuoraa vuorattua biopetiä. Huuhtelu- ja pesunesteet kerätään tankkiin ja pumpataan biosuodattimen ylimpään osaan. Nesteet ovat jokaisessa osassa noin vuorokauden ajan. Kun neste on kulkenut kaikkien kerrosten läpi, se levitetään nurmelle. (Cors ym., [viitattu 7.12.2011], Kuva 6.)



KUVA 6. Biosuodatin. (Cors ym. 2007, [viitattu 1.12.2011].)

### 3.4.6 Biomassapeti

Biomassapeti kehitettiin varta vasten italialaisia oloja varten. Ruiskun huuhtelu- ja pesuvedet kerätään talteen, jonka jälkeen ne pumpataan biomassapetiin. Sen biomassassa on silputtua viiniköynnöstä 40 %, kompostia 40 % ja multaa 20 %. (Merli, [viitattu 1.12.2011].) Näin se eroaa muissa biopedeissä käytettävästä biomassasta (Kuva 7).

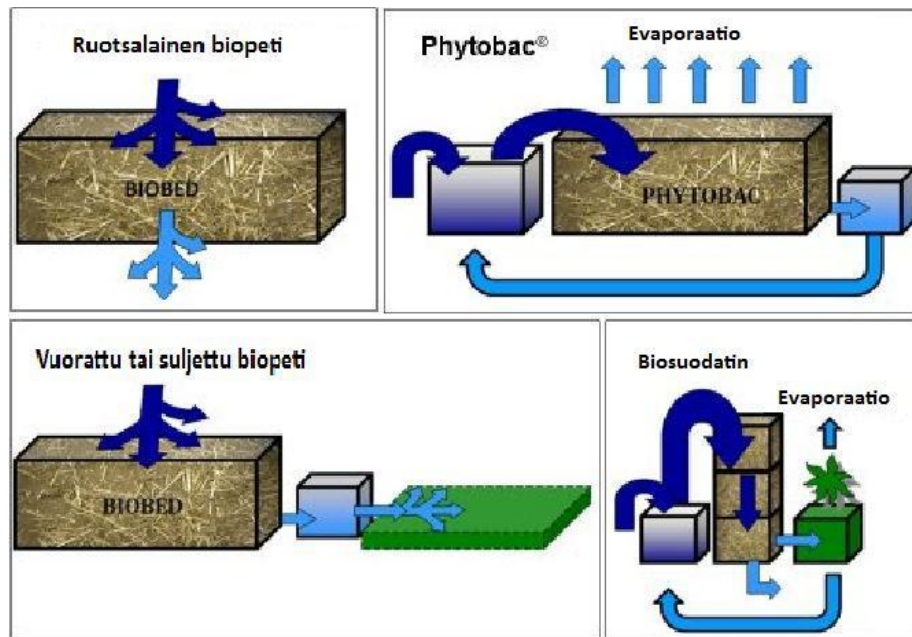




KUVA 7. Biomassapeti toiminnassa. (Merli, [viitattu 1.12.2011].)

### 3.4.7 Eri biopuhdistamoiden vertailua

Ruotsalainen biopeti on toiminnaltaan yksinkertainen: siinä vesi menee suoraan biopetiin. Muut biopedit perustuvat pitkälti siihen, että ruiskutuskalusto pestään sille tarkoitetulla alueella, josta pesu- ja huuhteluvedet kerätään erilliseen säiliöön ja vasta säiliöstä vesi päätyy varsinaiseen biopetiin. (Kuvio 5.)



KUVIO 5. Erilaisten biopuhdistamoiden toimintaperiaatteita. (Biobeds, [viitattu 2.11.2011].)

### 3.5 Biobedin ylläpito ja huoltotoimet

#### 3.5.1 Kastelu

Biopetiä on kastettava kuivana aikana. Jatkuva kosteus on tärkeää, jotta mikrobi-toiminta olisi suurta. Kuitenkaan liikaa ei kannata kastella, jotta sateen sattuessa ei biomassaa pääse kyllästymään vedellä. Tällöin happea on vähemmän ja mikrobi-toiminta vähenee. Hyvä sääntö on pitää kosteutta siten yllä, ettei ruoho pääse kuolemaan. Jos ruohoa pääsee kuolemaan syystä tai toisesta, kuollut kohta tulee korvata ehjällä nurmella. (Bramstorp 2009, 6–7.)

#### 3.5.2 Biomassan käsittely

Mikrobit kuluttavat jatkuvasti olkea, joten biomassaa biopedissä vähenee 5–10 cm/vuosi. Biomassaa tai silputtua olkea kannattaa lisätä, kun biobedin pinta las-

kee. Samalla kannattaa laittaa päälle tuleva nurmi kuntoon. (Bramstorp 2009, 7.)

Biomassa tulee vaihtaa kokonaan 5–8 vuoden välein. Tässä ajassa kaikki biopeidin oljet ovat maatuneet. Biomassan vaihtoväliin vaikuttavat ilmasto-olot, petiin laitettavat ainemäärät ja kunnossapito. Kovassa käytössä ja korkeassa mikrobi-toiminnassa biomassa voidaan joutua vaihtamaan 5 vuoden välein. Biomassan elinikä pitkittyy, jos sitä lisätään vuoden tai kahden vuoden välein. Paras aika vaihtaa biomassa on joko syksyllä ruiskutuskauden jälkeen tai varhain keväällä ennen ruiskutuskauden alkua. Uuden biomassan tulee saada rauhassa asettua. Biomassaa kannattaa esikompostoida, etenkin jos olki on karkeaa. Tutkimukset osoittavat myös, että uusi biomassa alkaa toimia nopeammin, jos siihen sekoitetaan hieman vanhaa biomassaa. Biomassa tulee kastella jos se on kuivaa. (Bramstorp 2009, 7.)

Torjunta-ainejäännökset hajoavat biopedissä. Siksi vanha biomassa ja talteen otettu vesi voidaan levittää pellolle. Ennen biomassan levittämistä sitä tulee kompostoida n. vuoden ajan. Tässä ajassa torjunta-aineiden pitäisi olla täysin hajonneita. Komposti tulee pitää kosteana ympäri vuoden. Kompostoitava biomassa voidaan laittaa esim. lantalaan pressun alle. (Bramstorp 2009, 5–6.)

### **3.5.3 Muuta huomioitavaa**

Laimentamatonta torjunta-ainetta ei saa päästää biopetiin. Ensimmäiset huuhteluviedet tulisi levittää pellolle ja vasta tämän jälkeen johtaa pesuvedet biopetiin (Fogg 2007, 6). Ylijäänyttä torjunta-ainetta ei koskaan saa laittaa biopetiin, vaan sitä täytyisi laimentaa ja levittää pellolle. Traktorista ja ruiskusta tulisi myös puhdistaa suuremmat liat jo pellolla. Ruiskun perusteellinen ja säännöllinen pesu vaativat biopediltä täysin vesitiiviin rakenteen, jossa vedet kerätään kokooma-astiaan. (Bramstorp 2009, 6.) Biopetiin ei tule myös laittaa esim. eläimille tarkoitettuja lääkkeitä. (Fogg 2007, 3.)

Kokemus osoittaa, että biopeti voidaan peittää talven tullessa. Se tulee peittää ajoissa, jotta ruoho alkaa kasvaa ja biopeti toimia ennen ruiskutussesonkia. Yksi mahdollisuus on laittaa pedin päälle kate, joka läpäisee valoa eikä estä haihtumista. (Bramstorp 2009, 5.)

## **4 BIOPEDIN RAKENTAMINEN MAATILALLE**

### **4.1 Rakennuspaikan valinta**

Biopeti tulee rakentaa tukevaan paikkaan, jonka välittömässä läheisyydessä ei ole kaivoja, viemäreitä tai vesistöjä (Bramstorp 2009, 2) tai pohjavesialuetta (Hiltunen 2005, 7). Näihin suositellaan vähintään 15 metrin etäisyyttä (Bramstorp 2009, 3). Ympäristön olisi hyvä olla biologisesti aktiivista, esim. nurmea (Bramstorp 2009, 2). Biopetiä ei saa rakentaa sellaiseen kohtaan, jonka yli ajetaan, koska torjunta-aineet saattavat levitä renkaiden mukana (Fogg 2007, 4).

Biopeti tulee aina rakentaa ensisijaisesti ulos (Hiltunen 2005, 7). Biopedin toimivuus torjunta-aineiden hajottamisessa huononee, jos sadanta biopetiin estetään kokonaan. Kuitenkin on eduksi, jos sateen määrää biopetiin voidaan rajoittaa. Biopedin päälle ei ole kustannustehokasta rakentaa katosta, mutta biopeti voidaan rakentaa jo valmiiksi olemassa olevaan rakennukseen. Tällöin biopedin kokonaispinta-alaa voidaan pienentää merkittävästi. (Fogg 2007, 8.)

Biopeti tulee rakentaa mahdollisimman lähelle kasvinsuojeluainevarastoa. Näin voidaan ennaltaehkäistä mahdollisia päästöjä luontoon. Kun varasto on lähellä, ruiskun täytön jälkeen tulee vietyä ylijääneet aineet myös takaisin varastoon, eivätkä ne unohdu ulos. (Bramstorp 2009, 3.)

### **4.2 Biopedin rakenne**

Biopedin rakenteen tulee olla sellainen, että se kestää raskaiden koneiden painon. Tästä syystä on hyvä tukea rakennetta betonilla ja raudalla. Erilaiset ajorampit ovat myös hyviä. Toteutustapoja on monta, jokainen voi rakentaa biopedin omalla tyyllillään, kunhan siitä tulee kestävä. Biomassa tulee voida lisätä ja vaihtaa petiin.



Jos koko alue on peitetty ritilällä, ritilän silmäkoon tulee olla niin suuri, että ruoho mahtuu kasvamaan siitä läpi ja valo pääsee ruohoon kunnolla. Silmäkoon tulee myös olla niin suuri, että siitä menee lävitse esim. kaikki renkaiden mukana tullut maa. (Bramstorp 2009, 5.)

Alueella olisi hyvä olla paikka, johon torjunta-ainepakkaukset voisi laskea. Pinnan tulee olla niin tukeva, että se pitää sekä ruiskuttajan että torjunta-ainepakkaukset pystyssä. (Bramstorp 2009, 4–5.)

### 4.3 Biopedin koon määrittäminen

Biopedin tulee olla pinta-alaltaan niin suuri, että ruiskun peseminen ja täyttäminen voidaan hoitaa turvallisesti. Traktorin ja ruiskun olisi molempien hyvä mahtua biopedin päälle. (Bramstorp 2009, 4.)

Biopedin syvyys vaihtelee eri biopetimallien välillä. Esimerkiksi ruotsalaisen biopedin syvyys on n. 50 cm. Vuoraton (suoran tai epäsuoran) biopedin tulee taas olla vähintään metrin syvä, maksimissaan puolitoista. Käsittelyalaa tulisi olla 1 neliömetri/1 000 litraa käytettyä vettä kohti vuodessa. Käsittelyalueen tulee olla niin suuri, että ruisku voidaan täyttää ja sitä voidaan käsitellä normaalisti. Ruisku tulee myös voida huoltaa samalla paikalla. (Fogg 2007, 7.)

Laskukaavan avulla voidaan määrittää, minkä kokoinen biopedistä tulee rakentaa. Biopedin pituus ja leveys voidaan määrittää taulukon 4 arvojen mukaan.

TAULUKKO 4. Biopedin mitoituksessa auttavia raja-arvoja. (Fogg 2007.)

<b>Ruiskun tyyppi</b>	<b>Kokonaispituus metriä</b>	<b>Kokonaisleveys metriä</b>
Itsekulkeva	7	5
Hinattava	7	5
Nostolaitekiinnitteinen	4	5

Esimerkki laskutavasta, jolla voidaan määrittää biopedin koko:

1. Vuosittainen nestemäärä, joka petiin laitetaan (pesuvedet ja torjunta-aineet): 10 000 litraa
2. Vuosittainen sadanta alueella: 600 mm
3. Ruiskun asettama käsittelyalueen ala: nostolaiteruisku:  $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$

Kokonaisnestemäärä: Yhden millimetrin tasainen kerros vettä vastaa yhtä litraa vettä neliömetrin pinta-alalla (Sade, pilvet ja tuulet, [viitattu 19.1.2012]). Näin sadantana biopetiin tulee vettä  $600 \text{ mm} \times 20 \text{ m}^2 = 12\,000$  litraa. Ruiskuttajan arvioitavaksi jää, kuinka paljon pesuvesiä ja torjunta-aineita biopetiin on tarkoitus laittaa. Esimerkissä laitetaan 10 000 litraa, joten yhteensä nesteitä kertyy  $12\,000 + 10\,000$  litraa = 22 000 litraa. Jos oletetaan, että 1 neliometri käsittelee 1 000 litraa vettä, ja biopeti on metrin syvä, biopedin pinta-alan tulee olla n.  $23 \text{ m}^2$ . Esimerkiksi pinta-alaltaan  $6 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 24 \text{ m}^2$  biopeti voisi tulla kysymykseen. (Fogg 2007, 7–8.)

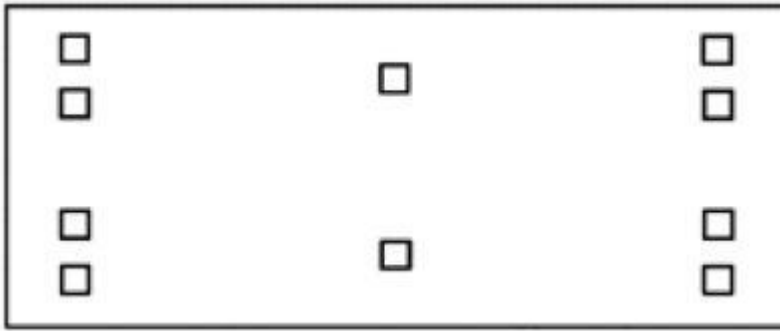
#### 4.4 Rakennusohjeet

##### 4.4.1 Ruotsalainen biopeti

Ruotsalainen biopeti on rakenteeltaan yksinkertaisin. Riittää, että kuoppa biomassaa varten on kyllin suuri, nesteiden ulospääsy biopedistä on estetty sekä ajorampit päälle ajoa varten ovat tarpeeksi kantavat.

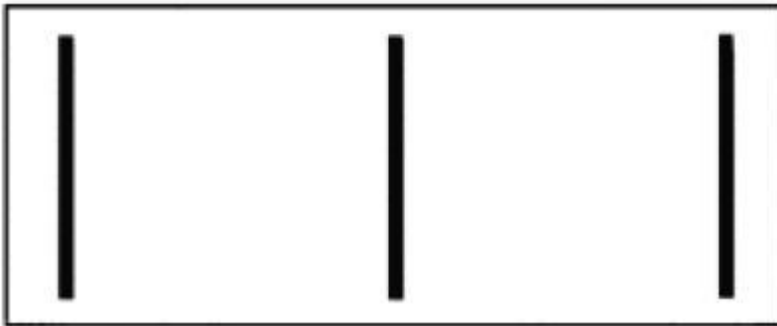
Esimerkkiohje:

1. Kaiva kuoppa, johon biopeti on tarkoitus rakentaa. Syvyydeksi 60 cm on riittävä, leveys ja pituus määräytyvät ruiskutuskaluston mukaan.
2. Aseta kuoppaan tukipilareita, joiden päälle tulevat ajorampit. Tukipilarien on kyettävä kannattamaan ruiskutuskaluston paino (Kuvio 6).



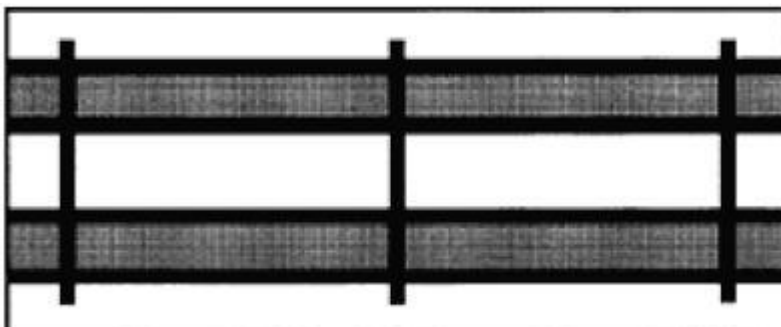
KUVIO 6. Esimerkki tukipilarien asennuksesta. (Odlingibalans, [viitattu 7.12.2011])

3. Aseta tukipilarien päälle poikittain U-palkit (Kuvio 7).



KUVIO 7. Tukipilarien päälle tulevien U-palkkien asentaminen. (Odlingibalans, [viitattu 7.12.2011])

4. Hitsaa ajorampit kiinni U-palkkeihin (Kuvio 8).



KUVIO 8. Ajoramppien asennus. (Odlingibalans, [viitattu 7.12.2011])

5. Siirrä ajoramppi/U-palkki-yhdistelmä pois, laita pohjalle 10 cm kerros tiivistä savea. Täytä biopeti biomassalla. Laita nurmikansi paikoilleen ja aseta ajo-

ramppi/U-palkki-yhdistelmä takaisin paikoilleen. Nyt biopeti on käyttövalmis. (Odlingibalans, [viitattu 7.12.2011], Kuvio 9.)



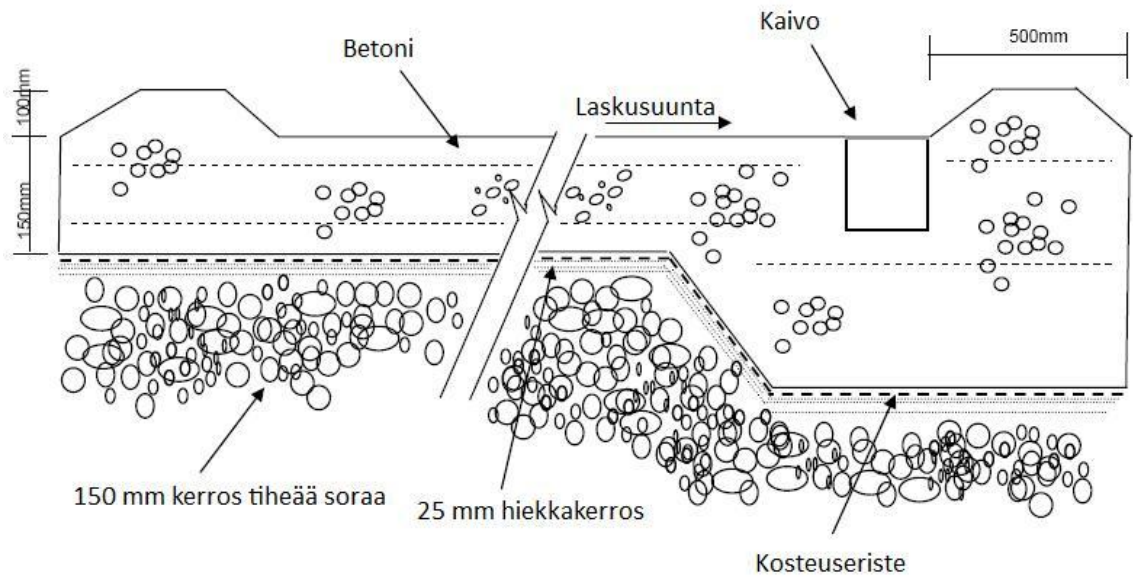
KUVIO 9. Biopedin poikkileikkaus. (Odlingibalans, [viitattu 7.12.2011])

#### 4.4.2 Vuorattu epäsuora biopeti

1. Kaiva pintamaa pois alalta, johon ruiskunkäsittelyalue tulee. Lisää pohjalle 150 mm paksuinen tiivis sorakerros.
2. Lisää soran päälle 25 mm hiekkakerros, jonka päälle tulee kosteuseriste.
3. Kosteuseristeen päälle tehdään valu, jonka paksuuden tulee olla n. 150 mm ja laskun 1:100. Alueen toiseen päähän, jonka suuntaisesti laskut ovat, tulee koko alueen levyinen kaivo, josta nesteet viemäroidään eteenpäin varastotankkiin. Alue eristetään vähintään 300 x 100 mm (leveys x korkeus) betonivalulla. (Fogg 2007, 9.)
4. Käsittelyalueen lähelle tulee rakentaa varsinainen biopeti, jossa torjunta-aineiden hajoaminen tapahtuu.

Kuviossa 10 on esitetty tiivistetty läpileikkauskuva epäsuoran biopedin ruiskunkäsittelyalueesta. Kuvassa ei ole leveys- eikä pituusmittoja, koska käsittelyalue rakennetaan ruiskutuskaluston koon perusteella. Alue tulee eristää betoniseinämällä,

jotta pesu- ja huuhteluedet eivät pääse kulkeutumaan muualle kuin kaivoon, josta ne kulkeutuvat varastotankkiin.



KUVIO 10. Lämpileikkauskuva epäsuoran biopedin ruiskunkäsittelyalueesta. (Design manual, [viitattu 22.12.2011].)

## 5 BIOPEDIN RAKENTAMINEN KOKEMÄEN KOULUTILALLE

### 5.1 Kokemäen koulutilan tietoja

Suoritin erikoistumisharjoitteluni Kokemäen koulutilalla kesällä 2011. Työhöni kuuluivat tilalla tehtävät työt ja opiskelijoiden ohjaaminen töissä. Työsopimukseni alkoi toukokuussa ja päättyi syyskuuhun, joten ehdin tehdä lähes kaikkea: esim. olin mukana kylvöillä, tein säilörehua, huolehdin kasvinsuojelusta ja olin mukana puineilla.

Kokemäen koulutilalla on peltoa yhteensä 102 ha, josta n. 60 ha on vuosittain viljoilla. Loput n. 40 ha on varattu säilörehunurmelle, laitumeksi, sokerijuurikkaalle sekä avomaan puutarhakasveille. Oman osansa kokonaisalasta vievät myös suojakaistat, kasvihuoneet, marjapensaat ja omenapuut. Viljeltävät viljalajit ovat ohra, kaura, kevätvehnä ja syysruis. Avomaan puutarhakasveja ovat esim. porkkana, sipuli, palsternakka, selleri ja kaali.

Kokemäen koulutilalla käytettävien myyntivalmisteiden määrä on suuri, koska erilaisia viljelykasveja on tilalla paljon (Taulukko 5). Vuosittain torjunta-aineilla ruiskutettava ala on noin 100 hehtaaria, joista sokerijuurikkaalle ja avomaan puutarhakasveille suoritetaan useampi kuin yksi ruiskutus.

TAULUKKO 5. Kokemäen koulutilalla käytettävät kasvinsuojeluvalmisteet ja niiden tehoaineet. (Tehoainetiedot: Tukes Kasvinsuojeluinerekisteri.)

Käyttökohde	Myyntivalmiste	Tehoaine(et)	
<b>Viljat</b>	Hankkijan Trio	diklorproppi-P	
		MCPA	
		mekoproppi-P	
	Hankkijan MCPA	MCPA	
	Ratio 50 T	tifensulfuroni-metyyli	
		tribenuroni-metyyli	
<b>Laidun+SLR</b>	Starane 180	fluoksipyyri	
<b>Sokerijuurikas</b>	Betanal Progress SE	etofumesaatti	
		fenmedifaami	
		desmedifaami	
	Matrigon	klopyralidi	
	Betasana 2000	fenmedifaami	
	Goltix 700 SC	metamitroni	
	Targa Super 5 EC	kvitsalofoppi-P-etyyli	
	<b>Avomaan kasvit</b>	Afalon-neste	linuroni
		Lentagran WP	pyridaatti
		Karate 2.5 WG	lambda-syhalotriini
	Matrigon	klopyralidi	
	Fenix	aklofeeni	
	Agil 100 EC	propakvitsafoppi	

Koulutilalle oli jo aiemmin ollut tarkoitus rakentaa biopeti, mutta asian kanssa ei päästy alustavaa suunnittelua pidemmälle. Kun puhuin tarvitsevani aiheen opinäytetyöhön, minulle ehdotettiin biopedin rakentamista. Kiinnostuin itsekin aiheesta, joten päätin ryhtyä hankkeeseen.

Biopeti rakennettiin syksyllä 2011. Rakentaminen aloitettiin 11.10., ja biopeti saatiin valmiiksi 25.10. Aikaväli on suhteellisen pitkä syyskiireiden vuoksi. Koko urakkaan suunnitteluineen kului noin 15 työtuntia. Tekijöitä oli kolme, joten miestyötunteja meni kaikkiaan 45. Valmiin biopedin mitat ovat 2 000 x 4 000 x 600 mm (leveys x pituus x korkeus).

Biopeti rakennettiin lähinnä opetustarkoitukseen, mutta se aiotaan kuitenkin ottaa käyttöön tulevana keväänä 2012. Todennäköisesti se tulee toimimaan tilalla avo-

maan puutarhakasvien ruiskutuskaluston pesu- ja täyttöpaiikkana suhteellisen pienten mittojensa vuoksi. Haluttaessa nykyistä biopetiä on mahdollista laajentaa tulevaisuudessa tekemällä siihen jatkoa.

## 5.2 Paikan valinta

Ensimmäiseksi määriteltiin sijainti, johon biopeti tulisi rakentaa. Paikanvalinta oli hieman vaikea, koska paikalla, jossa ruisku oli totuttu täyttämään ja pesemään, oli asfaltointi. Näin biopetiä ei voinut rakentaa samaan kohtaan. Asfaltointi kuitenkin loppui vesipisteeltä n. 10 metrin päähän, joka kelpaisi biopedin paikaksi.

Ennen kaivamisen aloittamista alue mitattiin ja laitettiin rajat kaivannolle. Merkeiksi laitettiin puukepit, joiden sisäpuolelle kuoppa kaivettaisiin. (Kuva 8.) Oman jännityksensä kaivamisurakkaan toi se, että kaivettavassa kohdassa täytyisi onnistua väistämään maahan kaivettu valokaapeli.



KUVA 8. Tulevan biopedin paikan valinta.



### 5.3 Kuopan kaivaminen

Kaivaminen suoritettiin kaivurilla, joka on tilan oma. Kaivantoa tehdessä löytyi edellä mainittu valokaapelikin, joka onnistuttiin väistämään sen vahingoittumatta. (Kuva 9.)



KUVA 9. Kuopan kaivaminen biopedille.

Valmis kaivanto oli mitoiltaan (leveys x pituus x korkeus) 5 000 x 3 500 x 800 mm (Kuva 10).



KUVA 10. Valmis kaivanto.

#### 5.4 Muotit valuja varten

Valuja varten tehtiin muotit puusta (Kuva 11). Ne valmistettiin sisätiloissa tekemällä yksinkertaisia seinämiä laudoista, ja ne naulattiin toisiinsa kiinni kaivannossa. Sisemmän ja ulomman seinän väliin jätettiin betonille tilaa 15 cm, josta arveltiin tulevan tarpeeksi jyrkevä valu kannattelemaan päälle ajettavaa painoa.



KUVA 11. Keskeneräinen muotti betonivalulle.

Muottien ympärille rakennettiin kakkosvitosesta tuet, joiden tulisi tukea muotteja, jotta ne eivät lähtisi valua tehdessä laajenemaan. Ulkoseinämän taakse laitettiin maata samasta syystä. Sisä- ja ulkoseinämän väliin laitettiin 100 x 100 x 100 mm puukappaleet siten, että ne olivat vastakkain. Näiden tarkoituksena oli jättää valuun aukot, joiden kohdille kannatinpalkit tulisivat. Muottien sisällä kiertävän harjateräsverkon tarkoitus on lujittaa betonia. (Kuva 12.)



KUVA 12. Valmiit muotit betonivalulle.

### 5.5 Betonin valaminen

Betoni tilattiin paikalliselta betonialan yritykseltä. Betoniautosta kuorma purettiin suoraan muottiin käyttäen apuna vaneria, jotta suurin osa betonista menisi suoraan muottiin. Muotissa oleva betoni tiivistettiin puukapulaa apuna käyttäen, jotta valuun ei jäisi ilmareikiä. (Kuva 13.)



KUVA 13. Betonin valaminen.

Vaikka muottien ympärille rakennettiin lisätukia ja maata laitettiin ulkoseinämän taakse, betoni alkoi puskea seinämiä erilleen toisesta laidasta. Kaivurin avulla ulkoseinämää painettiin takaisin kiinnipäin ja samalla laitettiin rivi puristimia pitämään laidat kasassa. Valun pinta tasoitettiin laudanpalalla. (Kuva 14.)





KUVA 14. Valmis valu.

### 5.6 Kannatinpalkkien valmistus

Jotta biopedistä saataisiin tarpeeksi kantava, siihen päätettiin tehdä kannatinpalkit 100 x 100 mm:n RHS-palkeista. Kannatinpalkkien vahvuus on viisi millimetriä. Alun perin palkit olivat kuuden metrin mittaiset, mutta ne sahattiin vannesahalla kahden metrin mittaisiksi. (Kuva 15.)



KUVA 15. Kannatinpalkkien sahaaminen.

## 5.7 Kannatinpalkkien ja ritilän asentaminen sekä kantavuuden testaus

Valun annettiin kuivua muutama päivä, minkä jälkeen muotit purettiin ja ulkopuolelle jäänyt kaivanto täytettiin. Kannatinpalkit laitettiin paikoilleen. Palkkien keskikoh-  
tien etäisyys toisistaan on 500 mm. (Kuva 16.)



KUVA 16. Kannatinpalkkien asentaminen.

Ritilät hakevat paikkaansa. Tarkoituksena oli, että ne makaisivat sekä kannatinpalkkien että betonivalun päällä. Näin saataisiin maksimoitua rakenteen kantavuutta. (Kuva 17.)



KUVA 17. Ritilöiden asentaminen.



Kantavuutta testattiin ajamalla metsäkärri biopedin päälle. Rakenne tuntui kanta-  
van hyvin: ritilät eivät osoittaneet juurikaan taipumisen merkkejä. (Kuva 18.)



KUVA 18. Kantavuuden testaus.

## 5.8 Valmis biopeti

Biopetiä ympäröivä maasto tasoitettiin. Kuvassa 19 näkyvien tolppien tarkoitukse-  
na on rajata alue, jossa peti on. Tämä siitä syystä, ettei talvisaikaan kukaan ajaisi  
biopedin yli. Pohja jätettiin toistaiseksi täyttämättä savella, jotta kevään tullen su-  
lamavedet valuisivat pois. Lumien sulettua tarkoituksena on tiivistää biopedin poh-  
ja savikerroksella, joka on n. 10–15 cm paksu. Pohjan tullessa kuntoon petiin lisä-  
tään olki-turve-multa-seos sekä istutetaan ruohokansi. Tämän jälkeen biopeti on  
käyttövalmis.



KUVA 19. Valmis biopeti.

## 5.9 Kustannuslaskelma

Biopedin lopullinen hinta oli n. 960 euroa. Kun mukaan lasketaan kolmen henkilön työtunnit, kokonaiskustannukset nousevat n. 1 550 euroon. (Taulukko 6.) Biopeti rakennettiin mahdollisimman helpolla tavalla, joten esim. betonikuluissa voi säästää, kun käyttää enemmän omaa aikaansa. Kustannuslaskelma on vain hieman suuntaa-antava, koska tarvikkeita rakentamiseen voi saada edullisemminkin.

Suurimmat yksittäiset menoerät biopetiä rakennettaessa olivat ajoritulät sekä RHS-palkit tukirauidoitusta varten. Niiden hinta oli yhteensä n. 670 euroa. Kuitenkin rakenne tuli kannattavaksi tehdä itse, koska tarjousten perusteella kyseisestä ajoritilästä olisi joutunut maksamaan jopa 2 500 euroa.

TAULUKKO 6. Kustannuslaskelma biopedin rakentamisesta.

Nimike	Määrä	Yksikkö	kpl hinta € sis. Alv	Yhteensä	alv 0
Betoni	1,3	m <sup>3</sup>	97,7	127,01	103,26
Betonin rahti	1	kpl	98,4	98,4	80,00
Raakalauta	160	m	0,16	25,6	20,81
RHS 100 x 100 x 5	14	m	17,29	242,06	196,80
Rauidoitusverkko	8,4	m <sup>2</sup>	4,58	38,47	31,28
Ritulä	8	m <sup>2</sup>	54	432	351,22
<b>Yhteensä €</b>	-	-	-	<b>963,54</b>	<b>783,37</b>
Työtunnit	45	h	13	585	-
<b>Kaikki yhteensä</b>	-	-	-	<b>1 548,54</b>	-

## 6 POHDINTAA

Suomessa biopeti ei ole saavuttanut yhtä suurta suosiota kuin Ruotsissa. Tähän saattaa olla useita syitä. Saattaa olla, että koko keksintöä pidetään turhana. Koe-taan, että viljelijät ovat tarkkoja työssään, eikä ruiskua täytettäessä tapahdu dra-maattisia virheitä, joissa torjunta-aineita voi joutua luontoon. Koska torjunta-aineille on tyyppillistä, että ne huuhtoutuvat ja haihtuvat, on mahdotonta, ettei niistä syntyisi päästöjä.

Yleensä ruiskut ajetaan tyhjiksi ja huuhteluvedet voidaan levittää pellolle. Näin tu-lee toimia myös biopetiasiantuntijoiden mielestä. Kuitenkin, jos viljeltäviä kasveja on paljon, ruisku täytyy välillä pestä ja huuhtoa ruiskutettavaa kasvilajia vaihdetta-essa. Jos sopivia kesantoalueita ei ole lähellä, biopeti on vartenotettava vaihto-ehdo, kun mietitään paikkaa huuhteluvesille. Myös kasvinsuojelua urakoivalle hen-kilölle biopeti voi olla tarpeellinen.

Biopedissä on vikoja, jotka saattavat heikentää sen toimivuutta. Sen toiminta voi häiriintyä, jos sinne joutuu suuria määriä laimentamatonta torjunta-ainetta, tai mik-robitoiminta voi heikentyä, jos se kyllästyy vedellä. Näiden asioiden vuoksi on tär-keää tutustua eri biopetimalleihin ja siihen, miten ne toimivat, ennen kuin sellaista suunnittelee rakentavansa. Esimerkiksi paljon ruiskuttavan urakoitsijan kannattaa harkita epäsuoraa vuorattua biopetiä, koska hän todennäköisesti joutuu ruiskutus-kalustoaan useammin pesemään. Biopedin koon tarve tulee myös laskea ennen rakentamista. Jokainen voi rakentaa biopedistä oman versionsa, koska yhtä aino-aa oikeaa tapaa ei ole. Kustannustehokkuuden kannalta on myös hyvä käyttää jo tilalla valmiina olevia resursseja.

Ruotsissa biopetejä on yhteensä n. 1 500. Suurin osa näistä on ns. ruotsalaisia biopetejä. Ruotsissa lainsäädäntö on ollut myötävaikuttamassa biopetien raken-tamista. Lain mukaan ruiskun täyttö- ja pesupaikan ja vesistön välisen etäisyyden tulee olla vähintään 30 metriä. Tiloilla, joilla on biopeti, voidaan etäisyys puolittaa



15 metriin. (Nilsson 2011.)

Nykyinen ympäristötukikausi on voimassa aikavälillä 2007–2013. Tukikauden vaihtuessa uuteen saattaa tulla uusia direktiivejä, jotka ohjaavat viljelijöitä toimimaan uusilla tavoilla kasvinsuojeluaineiden kanssa. Biopeti on alun perin suunniteltu ympäristönäkökohtia silmällä pitäen, joten tulevaisuudessa niitä voi olla enemmän näilläkin leveysasteilla.

Biopedin rakentaminen maatilalle saattaa viljelijän näkökulmasta katsottuna tuntua ehkä turhalta, mutta se voi myös osoittaa tämän olevan ympäristöystävällinen viljelijä, joka välittää siitä, mitä luonnolle tapahtuu. Torjunta-aineiden pistekuormitusta vähentämällä voidaan taata puhtaammat vedet myös tuleville sukupolville. Biopeti ei tähän päämäärään tähdättäessä ole pelastus, mutta se on hyvä alku.

## LÄHTEET

- Anping Huade Hardware & Mesh Co. Ltd. Ei päiväystä. Welded wire mesh gabions. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.11.2011]. Saatavana: <http://www.huade-wire-mesh.com/piczz2E.asp?path=bookpic/201012281020758434.jpg&name=Welded%20Wire%20Mesh%20Gabions>.
- Arable land in Sweden. Ei päiväystä. Trading Economics. [Verkkosivusto]. [Viitattu 20.1.2012]. Saatavana: <http://www.tradingeconomics.com/sweden/arable-land-hectares-wb-data.html>.
- Aura, E., Hartikainen, H., Heinonen, R., Jaakkola, A. & Kemppainen, E. 1992. Maa, viljely ja ympäristö. Porvoo: WSOY.
- Biobeds. Ei päiväystä. The biobed website. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.11.2011]. Saatavana: <http://www.biobeds.org/what>.
- Bramstorp, A. & Almqvist, S. (toim.) 2009. Bygg säkert biobädd. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 30.10.2011]. Saatavana: [http://www.hallsberg.se/download/18.648e0b6012e70c8755480001326/5\\_Bygg+s%C3%A4kert\\_biob%C3%A4dd.pdf](http://www.hallsberg.se/download/18.648e0b6012e70c8755480001326/5_Bygg+s%C3%A4kert_biob%C3%A4dd.pdf).
- Byers, M.E., Douglass, L.W., Malone, W., Nelsen, T.C., Owens, L.B., Shipitalo, M.J. & Warner, R.C. 2000 Assessing herbicide movement using soil samples versus percolate samples. Transactions of the ASAE. Vol 42, s 343–348.
- Cors, F., De Vleeschouwer, C., Henriët, F., Huyghebaert, B. & Pigeon, O. 2007. PhytEauWal: development of biofilters and sharing of Best Management Practices for pesticides. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 1.12.2011]. Saatavana: [http://www.biobeds.org/User\\_files/ae238bf289b415b182c32b398a74cf4c.pdf](http://www.biobeds.org/User_files/ae238bf289b415b182c32b398a74cf4c.pdf).
- Cors, F., De Vleeschouwer, C., Henriët, F., Huyghebaert, B. & Pigeon, O. Ei päiväystä. PhytEauWal: development of biofilters and sharing of Best Management Practices for pesticides. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 7.12.2011]. Saatavana: <http://www.cleanregion.dk/F-2202-Abstracts.pdf>.
- Design manual. 2006. Design manual: Pesticide handling areas and biobeds. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 30.10.2011]. Saatavana: [http://www.biobeds.info/\\_Attachments/Pesticide%20Handling%20Areas%20and%20Biobeds%20Manual.pdf](http://www.biobeds.info/_Attachments/Pesticide%20Handling%20Areas%20and%20Biobeds%20Manual.pdf).
- Ecavert. Ei päiväystä. Produit: Vertical-Green Biobed. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 25.11.2011]. Saatavana: <http://www.ecavert.ch/telechargement.php>.

- Fogg, P. 2007. Guidance on using lined biobed to dispose of agricultural waste consisting of non-hazardous pesticide solutions or washings. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.11.2011]. Saatavana: <http://publications.environment-agency.gov.uk/PDF/GEHO0407BMNS-E-E.pdf>.
- Fournier, J.-C. Ei päivystä. A challenge for biobed use expansion in France: to upgrade safe and efficient devices. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 1.12.2011]. Saatavana: <http://www.cleanregion.dk/Presentation%2022.pdf>.
- Fraktman, L. 2002. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja: Torjunta-aineiden esiintyminen ja käyttäytyminen kauppapuutarhojen maaperässä. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 29.10.2011]. Saatavana: [http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/f670b5804a17210dbf67ff3d8d1d4668/julkaisu08\\_02.pdf?MOD=AJPERES&lmod=-1402501470&CACHEID=f670b5804a17210dbf67ff3d8d1d4668](http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/f670b5804a17210dbf67ff3d8d1d4668/julkaisu08_02.pdf?MOD=AJPERES&lmod=-1402501470&CACHEID=f670b5804a17210dbf67ff3d8d1d4668).
- Hartikainen, H. 1992. Maa, viljely ja ympäristö: Maaperä. Porvoo: Wsoy.
- Heinonen-Tanski, H. 1986. Torjunta-aineiden hajoaminen maassa. Emissio. 1/86 s. 11–15.
- Hiltunen, T. 2005. Biopeti hajottaa jäämät. Leipä leveämmäksi. 53 (4), 7. Kemira GrowHow'n lehti maatalouden ammattilaisille. Helsinki: PunaMusta Oy.
- Himel, C.M., Loats, H. & Bailey, G.W. 1990. Pesticides in the Soil Environment: Pesticide Sources to the Soil and Principles of Spray Physics. SSSA Book Series, no. 2. Madison, Wisconsin. s. 7–50.
- Kasvinsuojeluaineiden myyntitilastot. 3.5.2011. Myyntitilastot. [Verkkosivu]. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. [Viitattu 22.11.2011]. Saatavana: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/Myyntitilastot/>.
- Krogh, P. & Martikainen, E. 1999. Effects of soil organic matter content and temperature on toxicity of dimethoate to *Folsomis fimetaria* (Collembola: Isotomiidae). Environmental Toxicology and Chemistry Vol 18.
- Laitinen, P. 2000. Torjunta-aineet peltomaassa: Huuhtoutumiskenttätutkimukset 1993–1998. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus.
- Liikanen, A. 1998. Torjunta-aineiden käyttäytyminen ilmakehässä - lähteet, kulkeutuminen ja poistumismekanismit. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Martikainen, E. 1996. Toxicity of dimethoate to some soil animals species in different soil types. Exotoxicology and Environmental Safety 33: 128–136.
- Matsoff, L. 2005. Torjunta-aineiden maaperän eliöille aiheuttamien riskien arviointi

- toistuvan käytön rajoituksen tarkentaminen. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 2.12.2011]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=44810>.
- Merli, A. Ei päiväystä. Biomassbed: The results of five years field experimentation. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 1.12.2011]. Saatavana: <http://www.cleanregion.dk/Presentation%205.pdf>.
- Nilsson, E. <xxx.xxx@xxx.fi> 26.11.2011. Kysymyksiä ruotsalaisista biopedestä. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Kalle Pihlava. [Viitattu 12.1.2012].
- Odlingibalans. Ei päiväystä. Biobädd vid sprutfyllning: Säker hantering hela vägen. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 7.12.2011]. Saatavana: [http://www.odlingibalans.com/Projekt/Biobadd\\_vid\\_sprutfyllning.pdf](http://www.odlingibalans.com/Projekt/Biobadd_vid_sprutfyllning.pdf).
- Pesticide handling presentation. Ei päiväystä. Pesticide handling areas and biobeds: A presentation for farmers, operators and advisers. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 7.11.2011]. Saatavana: [http://www.biobeds.info/\\_Attachments/Pesticide%20Handling%20Areas%20%20Biobeds%20Standard%20Presentation.ppt](http://www.biobeds.info/_Attachments/Pesticide%20Handling%20Areas%20%20Biobeds%20Standard%20Presentation.ppt).
- Pesticides consumption. 3.3.2011. Pesticides consumption module. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.12.2011]. Saatavana: <http://faostat.fao.org/site/424/DesktopDefault.aspx?PageID=424#ancor>.
- Pietrantoni, B. Ei päiväystä. Phytobac®: A simple and affordable solution to prevent water contamination. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 1.12.2011]. Saatavana: <http://www.cleanregion.dk/13%20Pietrantoni.pdf>.
- Sade, pilvet ja tuulet. Ei päiväystä. Ilmatieteen laitos. [Verkkosivusto]. [Viitattu 19.1.2012]. Saatavana: <http://ilmatieteenlaitos.fi/sade-pilvet-ja-tuulet>.
- Seppälä, T. 1997. Torjunta-aineiden käyttäytyminen Suomen ympäristöoloissa. Suomen ympäristö 140. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Sivula, L. 2003. Lindaani- ja kylmälähtöjen vaikutukset painoon ja lisääntymiseen metsälierolla *Dendrobaena octaedra*. Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Pro gradu-työ. Julkaisematon.
- Torstensson, L. 1987. Kemiska bekämpningsmedel: Transport, binding och nedbrytning i marken. Aktuellt från landbruksuniversitetet N:o 357. Uppsala: Landsbruksuniversitetet.
- Turnbull, A. 1996. Chlorinated pesticides. Chlorinated organic micropollutants, ss. 113–135. Cambridge: The Royal society of chemistry.

Turtola, E. 1999. Phosphorus in surface runoff and drainage water affected by cultivation practices. Agricultural Research Centre of Finland, Institute of Crop and Soil Science 1999. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.

Vertical Green Biobed. Ei päivystä. Vertical Green (VG) Biobed: Ecological degradation of pesticide effluents. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 24.11.2011]. Saatavana:  
[http://www.biobeds.org/User\\_files/186c61746ad07f59cdf7507f443c67e4.pdf](http://www.biobeds.org/User_files/186c61746ad07f59cdf7507f443c67e4.pdf).

Walker, K., Vallero, D.A. & Lewis, R.G. 1999. Factors influencing the distribution of lindane and other hexachlorocyclohexanes in the environment. *Environ. Sci. Technol.*, 33:4373–4378.