

Helsinki/25.11.2021

Metsätalouden toimenpiteiden pohja- ja pintavesivaikutusten arvioiminen

Torstai 25.11.2021

TAPIO 

 WaterHope

 GAIN

Koulutusjakson II aiheet/to 25.11.201

- D1) Kasvinsuojeluaineiden (atratsiini) kulkeutuminen taimitarhalta (to 09:00)
 - myynti lopetettu v. 1991. Joillakin pohjavesialueilla on mitattu vielä 2010-luvulla juomaveden ylittäviä atratsiinin/hajoamistuotteiden pitoisuuksia. Miksi?
- E1) Kunnostusojitusten pintavesivaikutusten ennustaminen (to 09:40)
 - ojitusten vaikutus eri yhdisteiden kuormituksiin purkuvesistössä (kiintoaine, N, P, TOC, Al, Fe, sähkönjohtokyky, pH)
- F1) Metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteet (to 10:20-10:30)
 - kaksitasouoman laskenta (Tapio)
 - lähteen ennallistaminen (Pohjois-Savon ELY-keskus)
- G1) KUNNOS-työkalun käyttöönotto ja jatkosuunnitelmat (to 11:15)
 - palvelun ylläpito ja sen rahoittaminen
 - käyttölupien hankkiminen/jakaminen
 - mitä asioita voi tehdä työkalun ”perusversiolla” ja ”tarkennetulla versiolla”
 - jatkokehitys v. 2022 aikana
 - loppukeskustelu

KOTIMAA Ylen verkkosivu: 14.5.2012

Laukaan vedessä torjunta-ainetta - käyttökielto ainakin perjantaihin

Laukaassa Torikan ja Haapalan alueella on verkostoveden käyttökielto. Vettä ei saa käyttää, sillä Torikan vedenottamon vedessä on havaittu rajat ylittävät määrät torjunta-aineita. Kunta tehnee asiasta rikosilmoituksen.

Aine kielletty vuodesta 1991 lähtien

Vedessä on atratsiini -nimisen kasvintorjunta-aineen hajoamistuotetta DEA:ta raja-arvot selkeästi ylittävä määrä. Raja-arvo on 0,1 mikrogrammaa litrassa, ja vedessä on ainetta lähes 0,2 mikrogrammaa litrassa. Ympäristö.fi -sivuston mukaan määrä on korkein Suomessa mitattu.

- Ainetta on voinut olla vedessä jo pitkäänkin, sillä nämä laajat näytteet otetaan viiden vuoden välein. Edellisessä ei näkynyt ja nyt näkyi, eli jollain välillä tässä aine on veteen tullut, sanoo Laukaan johtava terveystarkastaja Jukka Lappalainen.

Tukesin kasvinsuojeluaineiden ryhmäpäällikkö Kaija Kallio-Mannila sanoo, että Suomen käyttöveden 0,1 mikrogrammaa/l raja-arvo atratsiinille on asetettu ennaltaehkäisyä silmälläpitäen. WHO:n pitkäaikaisen altistuksen terveysvaikutuksiin perustuva raja-arvo on Kallio-Mannilan mukaan 20 kertaa suurempi, eli 2 mikrogrammaa/l.

Atrasiini on ollut kielletty Suomessa vuodesta 1991 lähtien. Vielä ei olekaan tietoa siitä mistä aine on Torikan vedenottamon veteen tullut.

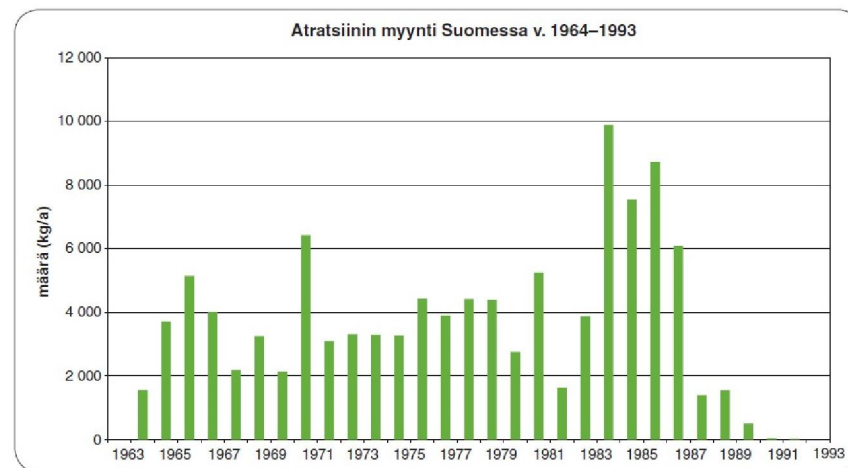
Aine on Lappalaisen mukaan hormonitoimintaa häiritsevä, mutta ei akuutisti myrkyllinen.

- Pitkäaikaisvaikutuksena on havaittu muun muassa kalaston naarastumista hormonitoiminnan sekoittumisen seurauksena, hän sanoo.

Kasvinsuojeluaineiden esiintyminen maaperässä

Hyvä loppuraportti SUOMEN YMPÄRISTÖ 42/2007

- Atratsiinin myynti lopetettiin jo v. 1991
- Ongelmia on havaittu paljon myöhemmin: miksi?
 - etsitään vastausta mallintamisen kautta kohteena atratsiinin kulkeutuminen Tapion siemenviljelykohteelta (Luumäki)



Kuva 3. Atratsiinin myynti Suomessa vuosina 1964–1993 (Savela ja Hynninen 2004)

Kasvinsuojeluaineiden käyttökohteita

Taulukko 2.

Torjunta-aineiden käyttökohteita Suomessa (Mukula 1980 ja Eviran kasvinsuojeluinerekisteri).

Tehoaine	Käyttökohde vuosina 1964–2004	Valmiste
MCPA, diklorproppi ja mekopropi	Rikkakasvien torjunta mm. viljapelloilla ja pientareilla	Hormotuho 80, Herbotal Plus
tralkoksidiimi	hukkakauran torjunta viljapelloilla	Grasp SC
bentatsoni	rikkakasvien torjunta mm. nurmi- ja perunapelloilla	Basagran
simatsiini ja atratsiini*	rikkakasvientorjunta	Primatol-Simatsin, Atranex
etofumesaatti ja metamitroni	rikkakasvien torjunta sokerijuurikaspelloilla	Tramat, Goltix
tifensulfuronimetyyli ja tribenuronimetyyli	rikkakasvien torjunta viljoista	mm. Ratio 50 T, Express 50 T
linuroni	rikkakasvien torjunta mm. perunaviljelyksillä	Hankkija Afalon
atsoksistrobiini	viljojen kasvitautien torjunta (härmä, ruosteet, laikut)	Amistar, Ortiva
terbutylatsiini	perunan rikkakasvien torjunta	Gardoprim 80
pirimikarbi	lehtikirvojen torjunta viljapelloilla ja kasvihuoneissa	

* simatsiini poistettiin torjunta-ainerekisteristä 30.9.2004 ja atratsiinin poistui markkinoilta vuoden 1991 lopussa.

Kasvinsuojeluaineiden esiintyminen maaperässä

Hyvä loppuraportti SUOMEN YMPÄRISTÖ 42/2007

Torjunta-aineiden kulkeutuminen ja siihen vaikuttavat tekijät

Torjunta-aineiden kulkeutumista maaperässä säätelevät fysikaaliset ja kemialliset prosessit sekä maan pintaosien biologiset toiminnot. Torjunta-aineet voivat kulkeutua maaperässä vajoveteen liuenneena tai suspensiossa humukseen tai maahiukkasiin kiinnittyneinä. Torjunta-ainemolekyyli adsorboituu eli kiinnittyy maahiukkasen pinnalle adheesion vaikutuksesta. Tarttuminen riippuu orgaanisen aineksen eli humuksen tai epäorgaanisen aineksen eli saveksen pH:sta ja vesipitoisuudesta (Kolari ja Salkinoja-Salonen 1993). Maaperässä kulkeutuvan liukenemattoman yhdisteen liikkumiseen vaikuttavat kemikaalin tiheys ja viskositeetti. Veteen liuenneen yhdisteen kulkeutumiseen vaikuttavat advektio (liuenneiden aineiden liikkuminen veden virtausten mukana), dispersio (sekoittuminen veteen), sorptio (adsortio ja absorptio) maa-ainekseen ja desorptio maa-aineksestä sekä biologinen ja kemiallinen muuttuminen (Mackay ym. 1985).

Kasvinsuojeluaineiden esiintyminen maaperässä

Hyvä loppuraportti SUOMEN YMPÄRISTÖ 42/2007

Torjunta-aineen kulkeutuvuutta kuvataan vesiliukoisuudella (S), haihtuvuudella (höyrynpaine, P_{vp} ja Henryn lain vakio, H), pidättymisellä maaperän orgaaniseen ainekseen ja sedimenttiin (K_{oc}) sekä rasvaliukoisuudella (K_{ow}). Myös tiheys vaikuttaa aineen kulkeutumiseen.

Taulukko 6.

Aineen kulkeutumisnopeus maaperässä.

Jakautumiskerroin, K_{oc}	Ryhmittely	Esimerkkiyhdiste
<50	erittäin kulkeutuva	Mekopropi
50–150	helposti kulkeutuva	Atratsiini
150–500	kohtalaisen kulkeutuva	Terbutylatsiini
500–2000	hieman kulkeutuva	-
2000–5000	heikosti kulkeutuva	-
>5000	kulkeutumaton	-

Kasvinsuojeluaineiden biohajoaminen maaperässä

Hyvä loppuraportti SUOMEN YMPÄRISTÖ 42/2007

1.3

Torjunta-aineiden hajoaminen

Torjunta-aineen hajoamisnopeutta kuvataan puoliintumisaajalla DT_{50} (Degradation). Se on laskennallinen aika, jossa puolet aineesta on muuttunut primaariksi hajoamistuotteeksi tai joissain tapauksissa mineralisoitunut (SYKE, Kemikaaliyksikkö 2002). Se on erilainen aineen ollessa vedessä, ilmassa, maassa tai kudoksessa. Yhdiste luokitellaan pysyväksi, jos sen puoliintumisaika maassa ylittää 90 vuorokautta. Esimerkiksi propakloori -herbisidi puoliintuu maassa biologisesti 2–8 vrk:ssa, kun taas aikaisemmin käytetyn torjunta-aineen dikloori-difenyylitrikloorietaanin (DDT) puoliintumisaika on jopa 10 vuotta (Seppälä 1997). Torjunta-aine on nopeasti hajoavaa, jos aineen puoliintumisaika maaperässä on alle viikon. Aine on kohtalaisen nopeasti hajoavaa, mikäli sen puoliintumisaika on 1–4 viikkoa. Erittäin hitaasti hajoavaa aine on silloin, kun sen puoliintumisaika on yli 8 kuukautta (Lodenius 1995).

Maaperässä kauan pysyviin herbisideihin kuuluvat meillä aikaisemmin käytössä olleista torjunta-aineista atratsiini ja simatsiini, jotka voivat säilyä maassa jopa useita vuosia. Hajoamistuotteet voivat joissakin tapauksissa olla jopa myrkyllisempiä kuin alkuperäiset kemikaalit, ja niillä on vastaavasti omat puoliintumisaikansa (Schepel 1996). Myös diklobeniilin hajoamistuote 2,6-diklooribentsoamidi (BAM) säilyy useita vuosia. Maaperän kosteus lisää yleensä haihtuvien herbisidien häviämistä, sillä vesi syrjäyttää herbisidin, joka näin ollen ei pääse sitoutumaan maahiukkasten pintaan (Turunen 1985). Pohjavesiolosuhteissa mikrobiaktiivisuus on yleensä vähäistä (Vesi- ja ympäristöhallitus 1993).

Taulukko 23.

Suomen pohjavesinäytteistä havaittujen torjunta-aineiden fysikaalis-kemiallisia ja ekotoksikologisia ominaisuuksia ja suurimmat mitatut pitoisuudet (muokattu Rapala ja Gustafsson 2005).

Torjunta-aine/ Ominaisuus	Atratsiini	Terbutylatsiini	Simatsiini	Heksatsiini	Bentatsoni	Mekoproppi	Bromasiili
Vesiliukoisuus (mg/l)	33–45	5,0–8,5	5,3–6,2	$3,3 \times 10^4$	490–570	530–860	807–1300
Rasvaliukoisuus (log K_{ow})	2,6	3,0	2,2–2,5	1,1	0,55–0,77	2,3–3,1	2,1
Puoliintumisaika maassa (DT_{50} , 20°C, d)	41–146	84–170	20–270	60–180	8–102	3–13	120–275
Hydrolyyttinen puoliintumisaika (pH 7–9, d)	>200	>200	-	-	-	-	-
Myrkyllisyys leville (EC_{50} , mg/l)	<1	0,02	<1	0,02	10	220	-
Myrkyllisyys vesiselkärangattomille (EC_{50} , mg/l)	3,6–39	0,1–21,2	1–>100	151	>48	>100	-
Akuutti myrkyllisyys kaloille (LC_{50} , mg/l)	0,9–100	1,6–66	3,1–>100	274–952	>100	150–220	186
Suurin selvityksessä mitattu pitoisuus pohjavesissä (µg/l)	0,34	0,056	0,034	0,90	0,47	0,01	1,0

Kasvinsuojeluaineiden esiintyminen maaperässä

Hyvä loppuraportti SUOMEN YMPÄRISTÖ 42/2007

3 Tulokset

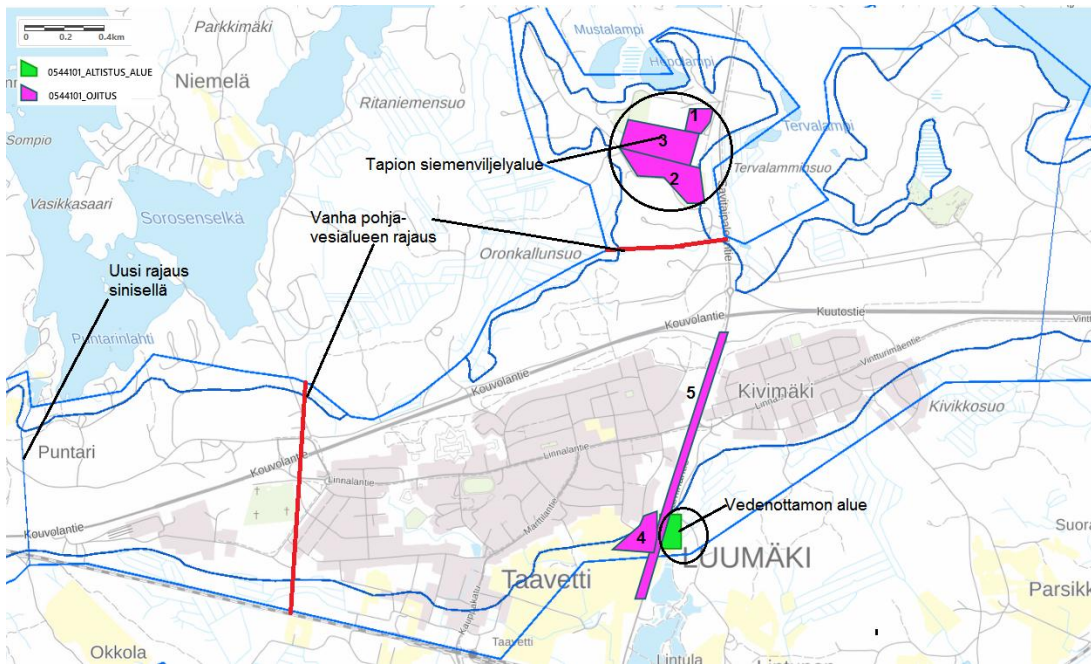
Torjunta-aineita tai niiden hajoamistuotteita todettiin 37 % tutkituilta pohjavesialueilta, 35 % havaintopisteistä ja 39 % näytteistä (Kuva 5). Määritysrajan ylittäneitä pitoisuuksia todettiin 28 % tutkituista pohjavesialueista, 26 % havaintopisteistä ja 29 % näytteistä. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 461/2000 talousvedelle asetettu raja-arvo (0,1 µg/l) ylittyi 15 pohjavesialueella eli 8 % tutkituista pohjavesialueista. Yli raja-arvon suuruisina pitoisuuksina todettiin pohjavedessä atratsiinia, DEA:aa, DEDIA:aa, heksatsinonia, bentatsonia, bromasiilia sekä BAM:a. Yli määritysrajan mutta alle asetetun raja-arvon suuruisia torjunta-ainepitoisuuksia todettiin 20 % pohjavesialueista.

Tutkimus kohdistui pohjavesialueille, joilla sijaitsi tai on aikaisemmin sijainnut toimintaa, johon liittyy torjunta-aineiden käyttöä. Tällaisia toimintoja ovat mm. maa- ja metsätalous, taimi- ja kauppapuutarhat, virkistysalueet, hautausmaat, maantie- ja raideliikenne ja teollisuuslaitokset. Pohjavesialueilla, jotka rajoittuvat pintavesistöön, pintaveden imeytyminen pohjaveteen saattaa aiheuttaa mahdollisesti pohjaveden laadun muuttumista tai sen vaarantumista. Koska tutkimuskohteet on valittu edellä kuvatun mukaisesti, tuloksia ei voi suoraan yleistää kaikkiin pohjavesialueisiin.

Tapion siemenviljelykohde (taimitarha) Luumäellä

Lasketaan atratsiinin kulkeutumista Tapion siemenviljelykohteelta

- Atratsiinin käyttötietoja ei ole tiedossa
- Oletetaan, että käyttö alkoi 1970 ja loppui 1991
- Laskennan aloitushetki mallissa 1970 ja lopetus 2020 (50 v. jakso)



Miten kasvinsuojeluaineiden kulkeutuminen
lasketaan KUNNOS-mallilla?

Miten mallintamisen tekninen toteutus poikkeaa
PAH-yhdisteiden kulkeutumislaskennasta?

Miten kasvinsuojeluaineiden kulkeutuminen
lasketaan KUNNOS-mallilla?
Vastaus: ei mitenkään!

Haitta-aineiden kulkeutumislaskennassa tarvitaan

1. Pohjavesimallin tulokset
2. Kasvinsuojeluaineen käyttöalueiden sijaintitiedot
3. Käyttökohteiden ominaisuustiedot
4. Yhdistekohtaiset ominaisuudet

2a. Käyttökohteiden perustietoja

Käyttäjä antaa pilvipalvelun lomakkeella tarvittavat aluetiedot

- Tulostustiedoston nimi
- Valintaoptio, jolla kytketään pitoisuuslaskenta päälle
- Jokaiselle alueelle pintavesien purkautumisuoman koordinaatit
 - pakollinen tieto jokaiselle käyttökohteelle
 - oleellinen tieto, jos yhdisteet purkautuvat pintavesiin (uoma, puro)

KUNNOS-mallin parametrit

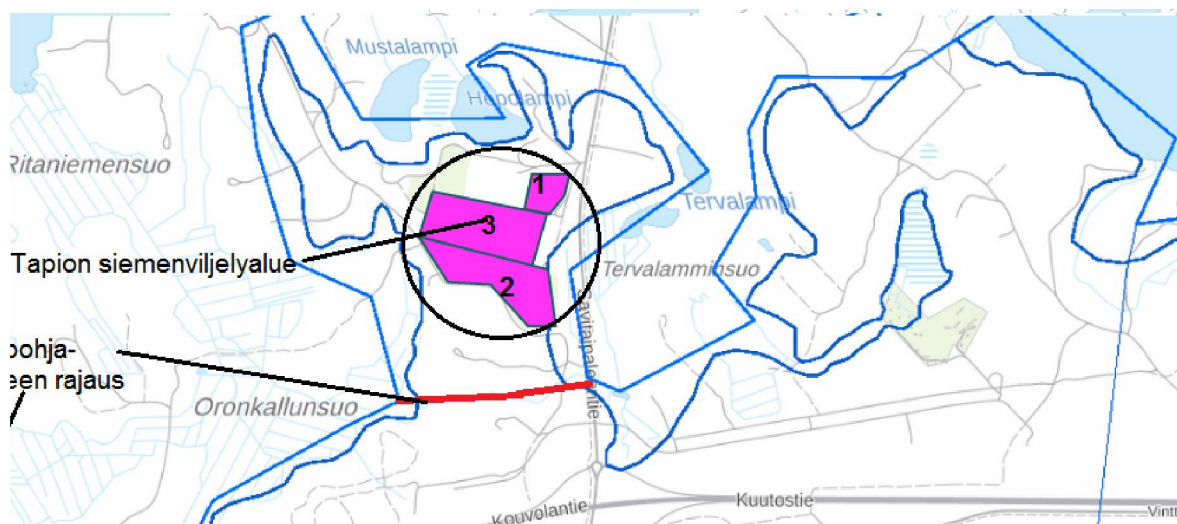
Atrasiini_Taavetti	Tulostustiedoston nimi (ei erikoismerkkejä paitsi alaviiva, ei jatketta).						
2	Lasketaanko yhdisteiden kulkeutumista 1=Reitit 2=Reitit ja pitoisuudet						
Ojitusalueiden/riskialueiden (max. 5) purkupisteiden koordinaatit, valuma-alue, ojasyvyydet.							
Oj.alue/riskialue	ETRS TM35 North	ETRS TM35 East	Valuma-alue ha	Syvyys ennen (cm)	Syvyys jälkeen (cm)	Perattavan uoman pituus (m)	Avohakkuu 0=ei 1=kyllä
1	6758173	3530872					
2	6758173	3530872					
3	6758173	3530872					
4							
5							

2b. Kasvinsuojeluaineiden käytön paikkatiedot

Käyttäjä antaa pilvipalvelun lomakkeella tarvittavat aluerajaukset

- Luumäen kohteelle kolme rajausta

Ojitusalueiden/riskialueiden rajaukset rajaukset. Vähintään neljän nurkkapisteen koordinaatit. Max. 6 nurkkapistettä!												
Oj.alue/riskialue	N/Piste 1	E/piste 1	N/piste 2	E/piste 2	N/piste 3	E/piste 3	N/piste 4	E/piste 4	N/piste 5	E/piste 5	N/piste 6	E/piste 6
1	6758825	3531198	6758959	3531402	6758792	3531722	6758343	3531709	6758499	3531486	6758544	3531299
2	6753968	531273	6753835	531275	6753757	531258	6753771	531047	6753895	531187	6753943	531206
3	6756355	3531346	6756922	3531521	6757719	3531777	6757719	3531820	6756927	3531567	6756355	3531398
4												
5												



Kohteiden ominaisuustiedot/1

- Yhdisteiden numerot ja alla olevat viisi parametria jokaiselle alueelle erikseen
- Pilvipalvelun tietokannassa atratsiinin numero on 61

Pitoisuuslaskenta	Laskennassa mukana olevien riskialueiden tietoja (max. 5 aluetta)					
Riskialue	Numero (nimi)	Para 1	Para 2	Para 3	Para 4	Para 5
1	61	2	1970	50	1991	10
2	61	2	1970	50	1991	10
3	61	2	1970	50	1991	10
4						
5						

Pitoisuuslaskennan parametreja

Para 1	1=Kertapäästö/pinta 2=Usean vuoden jatkuva päästö/pinta 3=Faasi pintamaassa 4=Faasi pohjavedessä
Para 2	Toimenpiteen vuosi/kuormituksen alkamisvuosi
Para 3	Laskennan kesto (v)
Para 4	Aineen käyttö loppuu (ei tarvita kertapäästön yhteydessä)
Para 5	Tulostusrasterien lukumäärä

Yhdisteiden pidähtyminen maaperään ja suhteellinen kulkeutumismnopeus veteen verrattuna

Kaavat löytyvät mm. Ymparistöhallinnon ohjeita 6/2014

- Tarvitaan aineen fysikaalisten ominaisuuksien, Koc ja H, lisäksi foc ja Cs, vesipitoisuus, kuivatilavuuspaino ja huokoisuus

YMPÄRISTÖHALLINNON OHJEITA 6 | 2014

LIITE 9: Laskentayhtälöitä ja niissä tarvittavia lähtötietoja

1. Jakautumisyhtälöitä (pitoisuus päästölähteessä)

Pitoisuus huokosvedessä:

$$C_{pw} = C_{cs} \left/ \left[K_{d_cs} + \frac{\theta_w + \theta_a \cdot H}{\rho_s} \right] \right.$$

Maa-maavesi -jakautumiskerroin (orgaaniset aineet):

$$K_{d_} = K_{oc} \cdot f_{oc}$$

Hidastunut kulkeutumismnopeus vajovedessä:

$$v_{R_vw} = \frac{v_{vw}}{R}$$

Hidastumiskerroin (hidastunut kulkeutuminen vajo- tai pohjavedessä):

$$R = 1 + \frac{K_{d_} \cdot \rho_s}{n_s}$$

Cw=pitoisuus huokosvedessä (mg/L)

Cs=pitoisuus maaperässä (mg/kg)

θ_w =vesipitoisuus

θ_a =ilman tilavuusosuus (haihtuva yhdiste)

H=Henryn vakio (fysikaalinen suure)

foc=orgaanisen aineen määrä pintakerroksessa, vajovesikerroksessa ja pohjavesivyöhykkeessä

ρ_s = kuivatilavuuspaino (kg/L)

n_s =huokoisuus

Koc=oktanoli-vesi jakaantumiskerroin (fysik. vakio)

3b. Kohteiden ominaisuustiedot/2

- Tärkeä parametri on kasvinsuojeluaineen pitoisuus pintamaassa (mg/kg)
- Lisäksi tarvitaan tiedot orgaanisen hiilen pitoisuuksista (foc) PAH-yhdisteiden pidättymisen laskemiseksi (voi arvioida humuspitoisuuden perusteella, $(0.5-0.58) \cdot \text{Humus-\%}$)
- Konseptuaalinen kuvaus laskennasta seuraavilla kalvoilla

Pitoisuuslaskenta	Laskennassa mukana olevien riskialueiden tietoja (max. 5 aluetta)				
Riskialue	Para 6	Para 7	Para 8	Para 9	Para 10
1	1.15	10	1.5	0.3	0.1
2	1.15	10	1.5	0.3	0.1
3	1.15	10	1.5	0.3	0.1
4					
5					

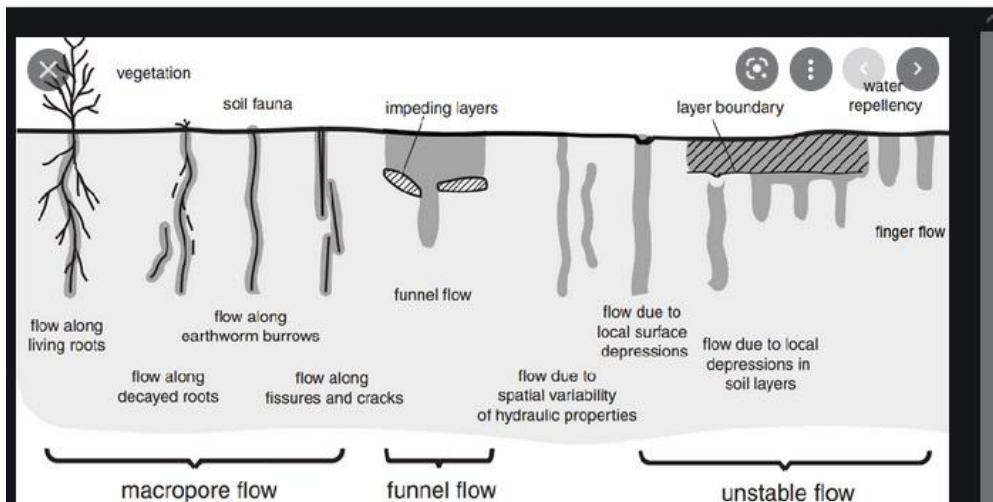
	Kasvinsuojeluaineet
Para 6	Pitoisuus pintamaassa (mg/kg)
Para 7	Kerrospaksuus (cm)/pintamaan pitoisuus (kuinka paksua kerrosta tulos edustaa)
Para 8	Orgaanisen hiilen määrä pintamaassa (%)
Para 9	Orgaanisen hiilen määrä vajovesikerroksessa (%)
Para 10	Orgaanisen hiilen määrä pohjavedessä (%)

Miten arvioidaan pintamaan pitoisuus Cs (m g/kg)?

1.5	Käyttömäärä kg/ha/v
10	kerrospaksuus (cm) johon oletetaan sekoittuvan
1300	Kuivatilavuuspaino kg/m ³
1000	Maatilavuus m ³ /ha
1300000	Paino kg/ha
1500000	Ainetta mg/v
1.15	Pintamaan pitoisuus Cs mg/kg

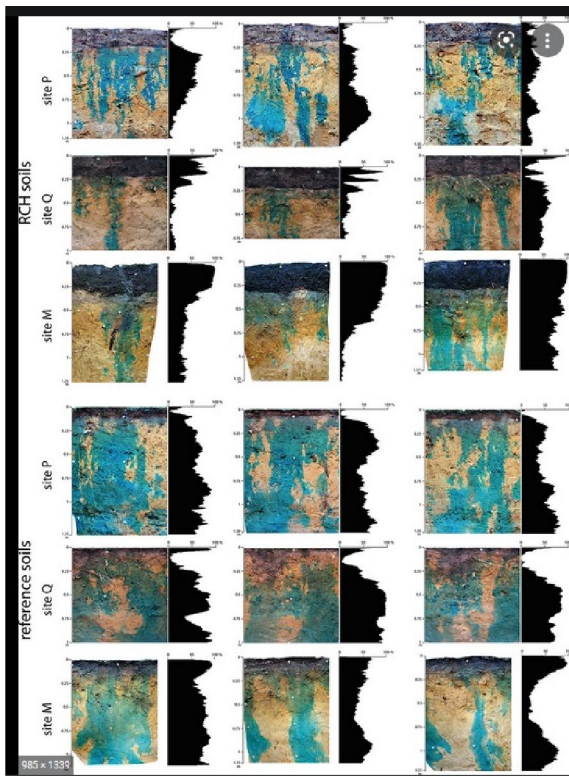
3c. Konseptuaalinen kuva/1

- Kasvinsuojeluaineiden yhteydessä kuormitus tulee vuotuisten käyttömäärien perusteella
- Pintamaasta yhdisteet suotautuvat vajovesikerrokseen ja sieltä edelleen pohjavesikerrokseen
- Myös taimitarhoilla, mutta erityisesti maatalousalueilla oikovirtausten (virtauksen kanavoitumisen) merkitys voi olla erittäin suuri
- KUNNOS-mallissa mahdollisuus arvioida oikovirtausten merkitystä (seuraava kalvo)
- Biohajoamista voi tapahtua pintamaassa ja vajovesi- ja pohjavesikerroksessa
- KUNNOS-malli laskee pitoisuudet kaikissa kolmessa vyöhykkeessä

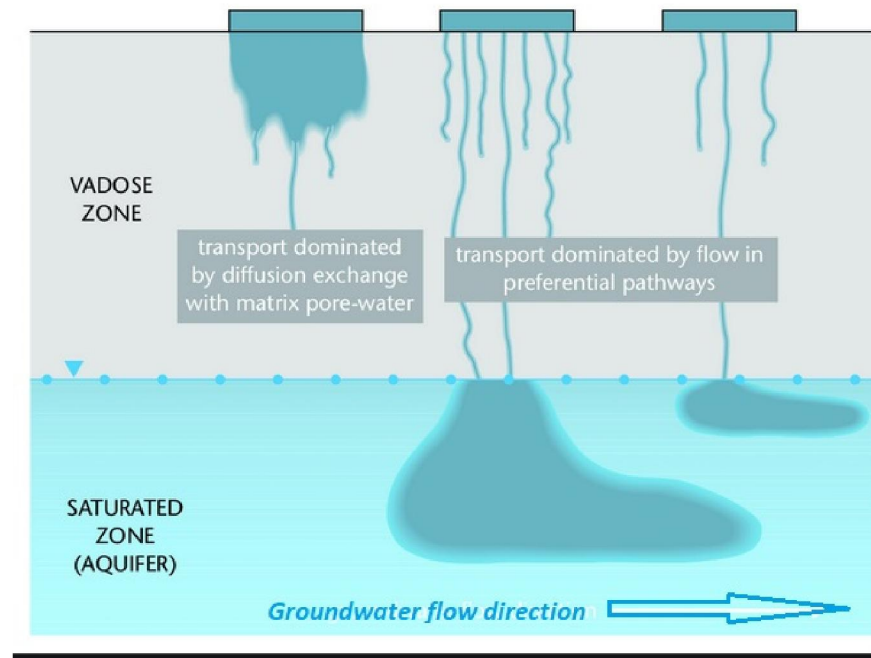


3d. Konseptuaalinen kuva/oikovirtaukset

- Kanavoitumisen vaikutus voidaan ottaa mallissa huomioon **VAIN** "entä jos"-tyyppisillä laskennoilla
- Käyttäjä voi valita oikovirtausten suhteellisen pinta-alan (0 – 5 %)
- Lisäksi voi antaa kasteluveden määrän (mm/vuosi)



Esimerkkejä merkkiaineen kanavoitumisesta



Yhdistekohtaiset ominaisuustiedot

- Kasvinsuojeluaineiden fysikaaliset ominaisuudet (Koc, Henryn vakio, vesiliukoisuus ym)
* nämä on tallennettu KUNNOS-mallin pilvipalveluaineistoon
- Puoliintumisaika annetaan erikseen kolmelle vyöhykkeelle: pintamaa, vajovesi- ja pohjavesikerros
- Pohjavedessä yleensä erittäin hidas kasvinsuojeluyhdisteiden hajoaminen (alla olevassa esimerkissä 36500 vrk eli 100 v
- Taimitarhoilla saattaa esiintyä oikovirtauksia = nopeuttavat aineiden kulkeutumista maan pintakerroksesta pohjaveteen (datassa 1 %)
- Kastelun vaikutus voidaan ottaa myös huomioon (= nopeutta myös aineiden kulkeutumista maan pintakerroksesta pohjaveteen jos kasteluveden määrä suuri). Datassa 30 mm/a

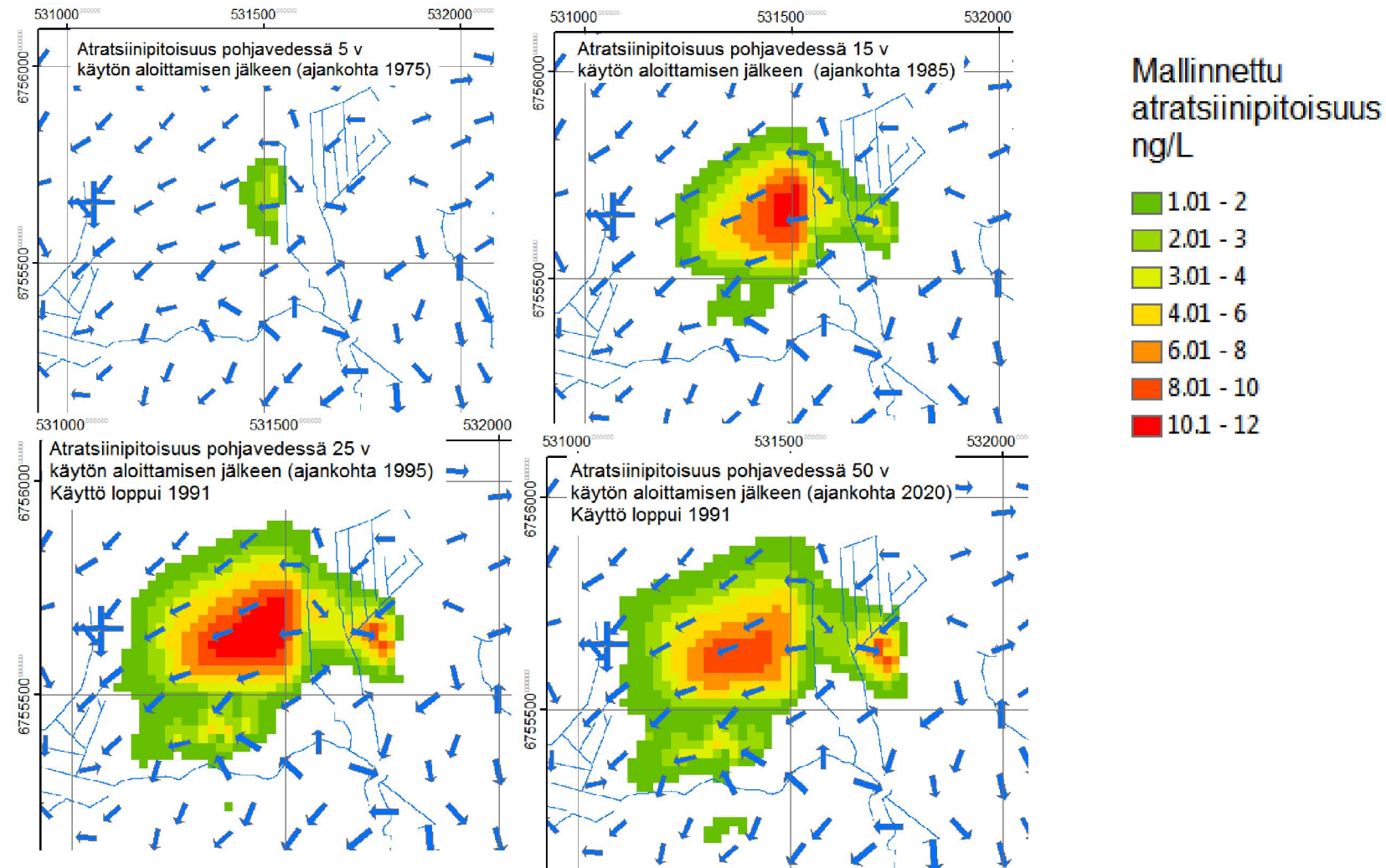
Riskialue	Para 11	Para 12	Para 13	Para 14	Para 15
1	365	2000	36500	1	30
2	365	2000	36500	1	30
3	365	2000	36500	1	30
4					
5					

Kasvinsuojeluaineet

Para 11	Puoliintumisaika (vrk) pintamaassa
Para 12	Puoliintumisaika (vrk) vajovesivyöhykkeessä
Para 13	Puoliintumisaika (vrk) pohjavedessä
Para 14	Oikovirtausten ja makrohuokosten osuus (% , max = 5 %)
Para 15	Kastelun määrä (mm/vuosi)

Mallinnustulokset

Juomaveden raja-arvo atratsiinille on $0.1 \mu\text{g/L}$ eli 100 ng/L



Lyhyt yhteenveto taimitarhalla käytetyn atratsiinin kulkeutumisesta pohjavedessä

- Atratsiinin käyttö 1970-1991
- Laskentaa jatkettiin käytön lopettamisen jälkeen vielä 30 v
- Taavetin muodostuman mallinnetut pitoisuudet pieniä ympäristönormeihin verrattuna
- KUNNOS-mallilla voidaan laskea joustavasti eri vaihtojen vaikutukset
 - miten aineen käyttömäärä (kg/ha/v) voidaan ottaa mallinnuksessa huomioon
 - > arvio siitä, paljonko maan pintakerroksessa on atratsiinia käyttöaikana (Cs mg/kg)
 - orgaanisen hiilen määrän vaikutus
 - puoliintumisaika eri kerroksissa
 - oikovirtausten vaikutukse arvion ”entä jos”-tyyppisillä laskennoilla

Voiko Luumäen tuloksia yleistää muille kohteille tai aineille?

- Ei voi

Miksi atratsiinia voi vielä löytyä pohjavedestä vaikka myynti (ja käyttö) lopetettiin v. 1991?

Mahdolliset selitykset mallitulosten perusteella

- Biohajoaminen pintamaassa voi olla hitaampaa kuin laboratoriokokeet osoittavat
 - > atratsiini pääsee kulkeutumaan pintakerroksesta vajoveteen, jossa biohajoaminen hitaampaa kuin pintakerroksessa
 - > vajovedestä pohjaveteen suotautuvassa vedessä voi olla atratsiinijäämiä (tai sen hajoamistuotteita) hyvin pitkien aikojen ajan
- Oikovirtaukset nopeuttavat monissa tapauksissa käytön aikaista kulkeutumista pohjaveteen
- Paksut vajovesikerrokset aiheuttavat sen, että kulkeutumisaika pinnalta pohjaveteen voi olla jopa useita kymmeniä vuosia
 - > lisäksi kulkeutumisviive pohjavedessä
- Pohjavedessä kulkeutuminen hidastuu erityisesti jos pohjavesikerroksessa on orgaanista hiiltä/humusta (mm. oikovirtausten takia)
- ***Mallinnuksessa on erittäin tärkeää kokeilla erilaisten lähtötietojen vaikutus t.s. mallinnuksella ei ole mahdollista saada yhtä totuutta!***