



Kulotus

Kulotus on tulen tarkoituksellista hyödyntämistä luonnonhoidossa, maataloudessa ja metsänhoidossa.. Metsänhoidollisessa kulotuksessa hakkuualueen hakkuutähteet, jätepuusto ja osa maanpinnan humuskerrosta poltetaan metsän luontaista uudistamista varten.

<https://www.mhy.fi/metsanhoito/metsan-monimuotoisuus/kulotus-vanha-hyva-keino-metsanuudistamisessa>



Kulotus on vanha hyvä keino metsänuudistamisessa | Metsänomistajat - mhy.fi

Kulotus on vanhaa hyvää metsänhoitoperinnettä, jota halutaan pitää yllä. Kulotus ei yleensä korvaa koneellista maanmuokkausta, mutta kulotuksell...

www.mhy.fi

Kulotuksen positiiviset vaikutukset

Kulotus parantaa kasvupaikan ravinne- ja lämpöoloja. Onnistuneessa kulotuksessa poltetaan suurin osa hakkuutähteistä ja osa humuskerroksesta. Hakkuutähteisiin ja humuskerrokseen sitoutuneet ravinteet vapautuvat kasvien käyttöön ja maan happamuus vähenee jopa vuosikymmeniksi. Lämpöä eristävä humuskerros ohenee ja maan lämpöolot paranevat. Pintakasvillisuuden kilpailu vähenee muutamaksi vuodeksi kulotuksen jälkeen. Metsänviljelytyö helpottuu, kun työskentelyä haittaavat hakkuutähteet on poltettu.

Kulotus edistää metsän monimuotoisuutta

Kulotus luo tilaa uusille eliölajeille. Paloalueelle hakeutuvat lajit, jotka ovat riippuvaisia nimenomaan palossa vaurioituneesta puuaineksesta. Paloalueelle tulee myös lajeja, joille itse palo ei ole välttämättä tärkein tekijä, vaan ne saavat kasvutilaa kilpailutilanteen muuttuessa.

Perinteisen uudistusalan kulotuksen lisäksi tehdään myös ennallistamispolttoja ja säästöpuuryhmien polttoja. Nämä tähtäävät pelkästään luonnon monimuotoisuuden lisäämiseen tuottamalla palossa vaurioitunutta puuta. Poltoilla pyritään mukailemaan metsän luontaista kiertokulkua.

Paloja kaipaavat lajit ovat harvinaistuneet ja osin jopa uhanalaistuneet. Siksi myös metsäsertifiointin vaatimuksilla edistetään tulen hallittua käyttöä.

Kulotuksen vaikutus PAH-yhdisteiden pitoisuuksiin pohjavedessä

MEPO-hankkeessa mukana myös kulotuksen pohjavesivaikutusten arviointi

Kulotuksen vaikutusten seuranta

MEPO-hankkeen loppuraportti/Luku 6

Kulotuksen vaikutusta pohjavesialueilla on toistaiseksi tehty Lopella Komion alueella, Iso-Malva A ja B pohjavesialueilla alkaen vuodesta 2019. Metsähallitus ja UPM ovat tehneet luonnonhoitohankkeina useita kulotuksia vuosien 2003–2018 aikana. Metsähallitus toteutti kulotuksen alueella vuonna 2020 ja lisäksi Iso-Malva A pohjavesialueella toteutettiin kulotus Suomen metsäkeskuksen ja yksityisen maanomistajan toimesta keväällä 2019. Kyseiset pohjavesialueet eivät ole yhdyskuntien vedenhankintakäytössä eikä kulotusalueiden läheisyydessä ole myöskään yksityisiä talousvesikäivoja.

Kulotuksen vaikutus PAH-yhdisteiden pitoisuuksiin pohjavedessä

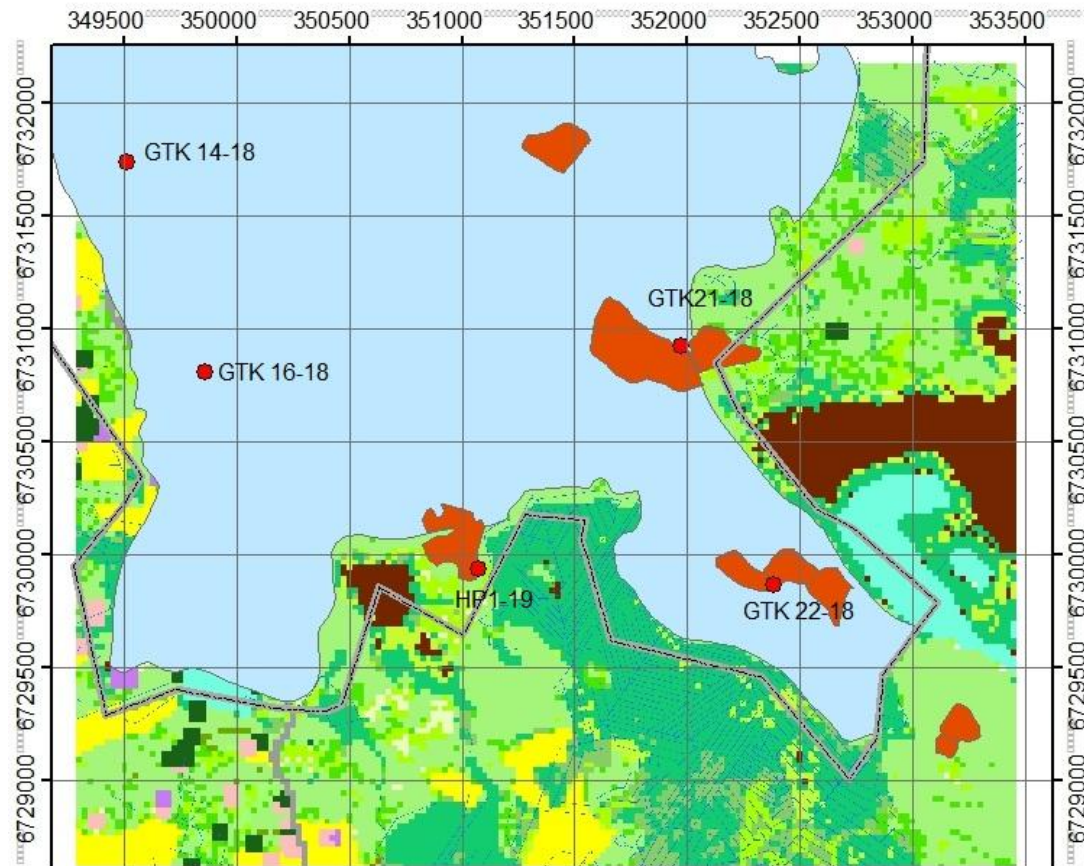
Lasketaan PAH-yhdisteiden kulkeutumista Komion kulotusalueella



Kulotettua metsää Komion luonnonsuojelualueella. (Kuva: Petri Siiro)

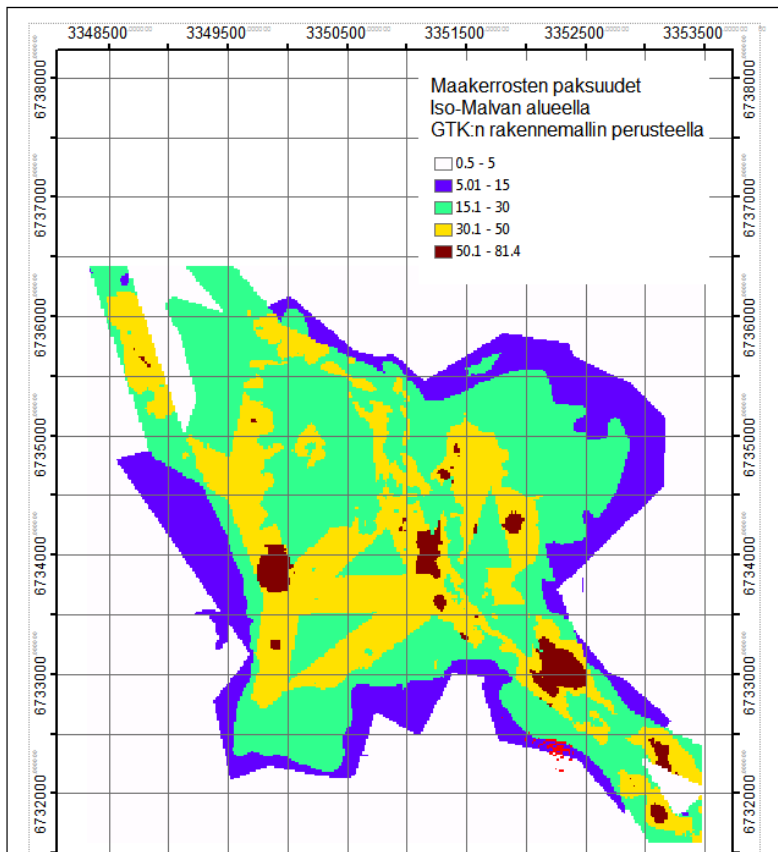
Komion alueen kulotukset/Iso-Malvan pohjavesialue A

- Kulotuksia usealla alueella 2003-2020
- KUNNOS-mallilla laskettiin pitoisuudet kolmelle kuvan eteläisimmälle alueelle

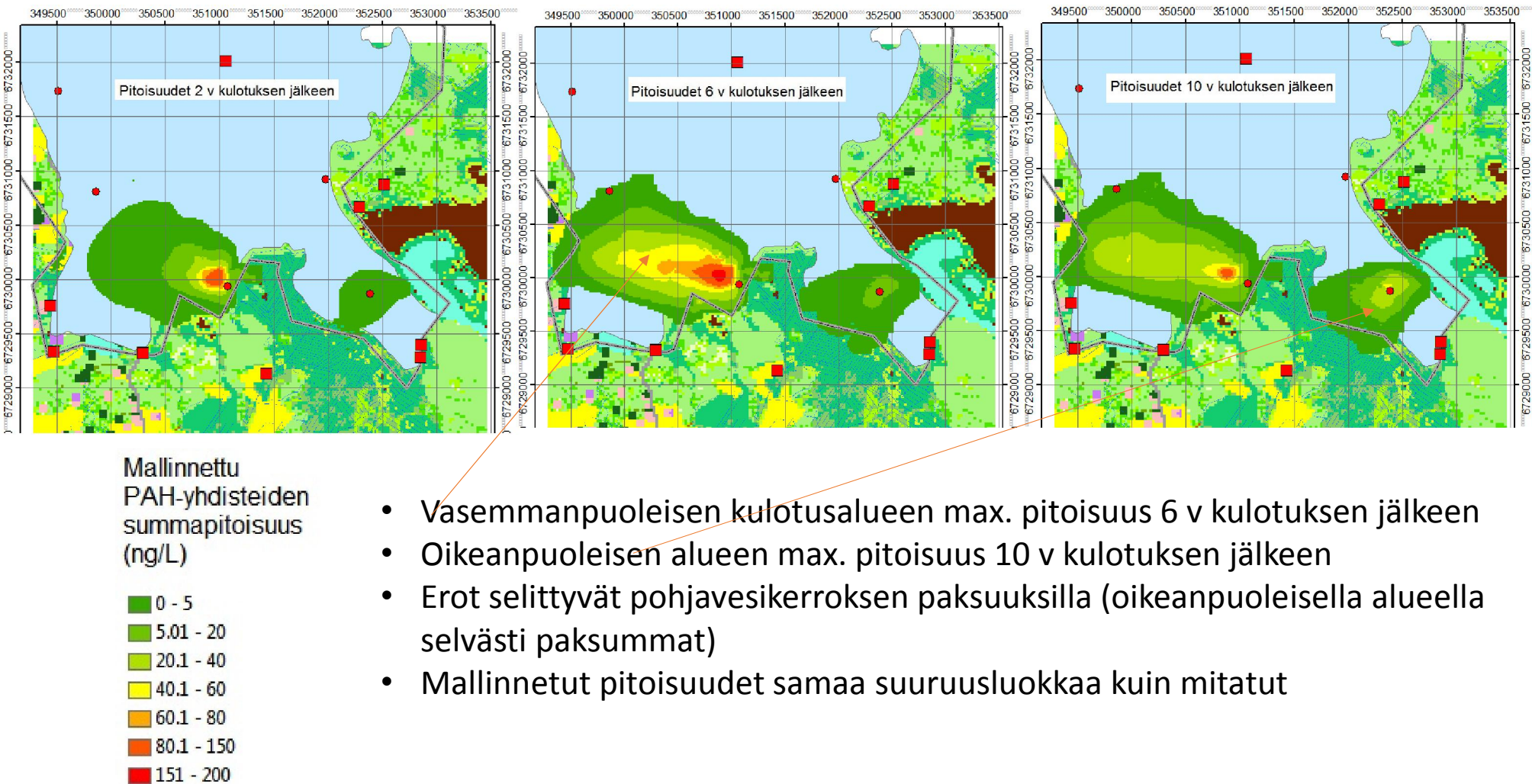


Iso-Malvan pohjavesialue A

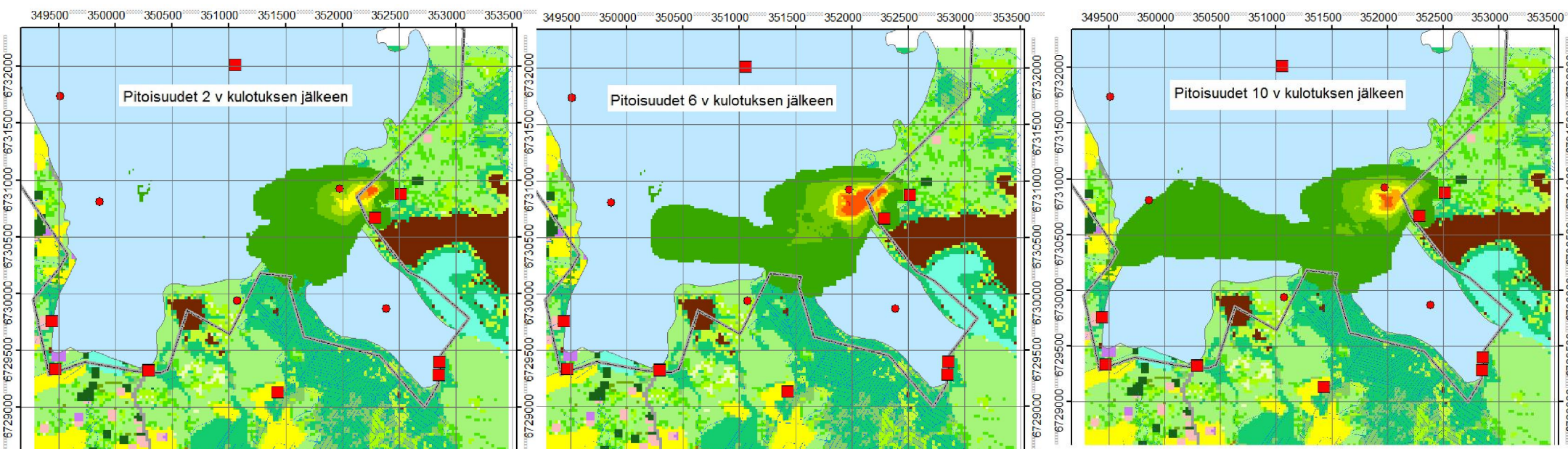
- GTK:n rakennemalli on olemassa
- Maakerrokset paikoin erittäin paksut
> vaikuttaa PAH-yhdisteiden pitoisuuksiin laimenemisen kautta



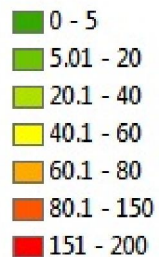
Mallinnetut PAH-yhdisteiden summapitoisuudet (ng/L) 2 , 6 ja 10 v kulotuksen jälkeen. Mitatut pitoisuudet 40 – 120 ng/L



Mallinnetut PAH-yhdisteiden summapitoisuudet (ng/L) 2 , 6 ja 10 v kulotuksen jälkeen. Mitatut pitoisuudet 20 – 60 ng/L



Mallinnettu
PAH-yhdisteiden
summapitoisuus
(ng/L)



- Kolmannen kulotusalueen max. pitoisuus 6 v kulotuksen jälkeen

Komion alueen kulotukset

Mitatut summapitoisuudet/PAH 40 – 120 ng/L

Mallinnetut summapitoisuudet välillä 20 – 200 ng/L

PAH-yhdisteiden mitatut pitoisuudet pohjavedessä pieniä

Antraseeni	Asenafteeni	Asenaftyleeni	Fenantreeni	Fluoranteeni	Fluoreeni	Naftaleeni	Yksikkö
10	10	5	40	13	17	20	ng/L
0.01	0.01	0.005	0.04	0.013	0.017	0.02	µg/L

Taulukko 3. PAH-yhdisteiden pohjaveden ympäristölaatunormit ja valintakriteerit.

PAH-yhdiste	Ympäristölaatunormi	Yksikkö	Kriteeri
Antraseeni	60	µg/l	C
Naftaleeni	1,3	µg/l	B
Bentso(a)pyreeni	0,005	µg/l	A
ΣBentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni ja indeno-(1,2,3-cd)- pyreeni	0,05	µg/l	A

A = Talousveden laatuvaatimus (Sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetus 1352/2015) x 0.5

B = Alhaisin haju- tai makukynnys (WHO juomavesisuositus 2004) x 0.5

C = Maaperän kynnysarvojen perustaksi määritetty viitearvo; juomavetenä käytettävän pohjaveden sallittu enimmäispitoisuus x 0,5

Miten PAH-yhdisteiden kulkeutuminen lasketaan KUNNOS-mallilla?

Haitta-aineiden kulkeutumislaskennassa tarvitaan

1. Pohjavesimallin tulokset
2. Kulotusalueiden sijaintitiedot
3. Kulotusalueiden ominaisuustiedot
4. Yhdistekohtaiset ominaisuudet

1. Pohjavesimallin tulokset

Kaikki kulkeutumislaskennassa tarvittavat pohjavesimallin tulokset saadaan KUNNOS-mallista

- Mallinnusalueen raja-
aus kulkeutumisreittien perusteella
- Pohjavedenpinnan syvyys mallinnusalueella
- Etäisyys maanpinnalta pohjavedenpintaan
- Pohjavesikerroksen paksuus
- Virtausnopeudet vajovesivyöhykkeessä
- Virtausnopeudet ja suunnat pohjavesikerroksessa

2a. Kulotusalueiden perustietoja

Käyttäjä antaa pilvipalvelun lomakkeella tarvittavat aluetiedot

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

KUNNOS-mallin parametrit

PAH_Iso_Malva	Tulostustiedoston nimi (ei erikoismerkkejä paitsi alaviiva, ei jatketta).							
2	Lasketaanko yhdisteiden kulkeutumista 1=Reitit 2=Reitit ja pitoisuudet							
Ojitusalueiden (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	6730097	351229						
2	6729401	352861						
3	6730667	352289						
4	6729401	352861						
5	6730097	351229						

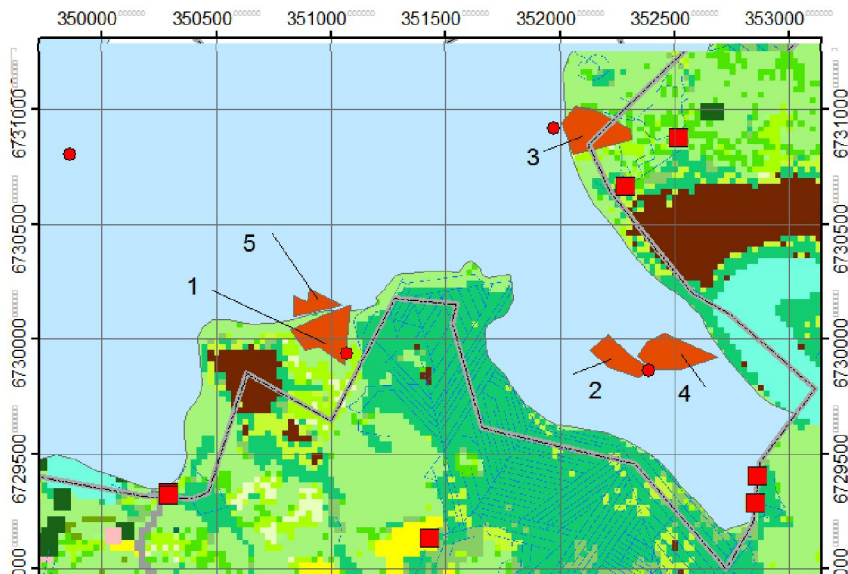
2b. Kulotusalueiden paikkatiedot

Käyttäjä antaa pilvipalvelun lomakkeella tarvittavat aluerajaukset

- Komion alueelle annettu viisi kulotusaluetta

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	6730040	350820	6730104	350964	6730147	351084	6729887	351059	6729964	350946	6729949	350886
2	6729869	352397	6729831	352342	6729874	352209	6729951	352131	6730017	352209	6729930	352301
3	6730942	352006	6730801	352053	6730865	352313	6730914	352307	6730999	352144	6731013	352064
4	6729869	352401	6729866	352525	6729921	352684	6730022	352456	6729985	352377	6729925	352335
5	6730098	350838	6730148	351050	6730217	350907	6730160	350897	6730165	350880	6730188	350838



3a. Kulotusalueiden ominaisuustiedot

- Yhdisteiden numerot ja alla olevat viisi parametria jokaiselle alueelle erikseen

Pitoisuuslaskenta	Laskennassa mukana olevien riskialueiden tietoja (max. 5 aluetta)					
Riskialue	Numero (nimi)	Para 1	Para 2	Para 3	Para 4	Para 5
1	9	1	2019	10	2020	5
2	9	1	2018	10	2019	5
3	9	1	2016	10	2017	5
4	9	1	2020	10	2021	5
5	9	1	2019	10	2020	5

PAH-yhdisteet ▼

PAH-yhdisteet ▼

PAH-yhdisteet ▼

PAH-yhdisteet ▼

PAH-yhdisteet ▼

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	Kuormitus loppuu (ei tarvita kertapäästön yhteydessä)
Para 5	Tulostusrasterien lukumäärä

Yhdisteiden pidähtyminen maaperään ja suhteellinen kulkeutumismisnopeus veteen verrattuna

Kaavat löytyvät mm. Ymparistöhallinnon ohjeita 6/2014

- Tarvitaan aineen fysikaalisten ominaisuuksien, K_{oc} ja H , lisäksi f_{oc} ja C_s , 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 kulkeutumismisnopeus vajovedessä:

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

Hidastumiskerroin (hidastunut kulkeutuminen vajo- tai pohjavedessä):

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

C_w =pitoisuus huokosvedessä (mg/L)

C_s =pitoisuus maaperässä (mg/kg)

θ_w =vesipitoisuus

θ_a =ilman tilavuusosuus (haihtuva yhdiste)

H =Henryn vakio (fysikaalinen suure)

f_{oc} =orgaanisen aineen määrä pintakerroksessa, vajovesikerroksessa ja pohjavesivyöhykkeessä

ρ_s = kuivatilavuuspaino (kg/L)

n_s =huokoisuus

K_{oc} =oktanoli-vesi jakaantumiskerroin (fysik. vakio)

3b. Kulotusalueiden ominaisuustiedot

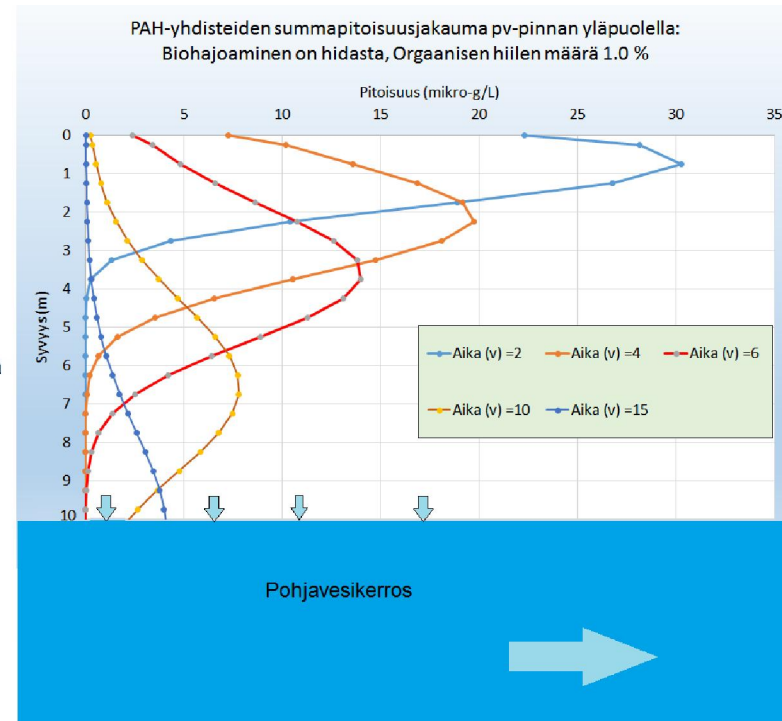
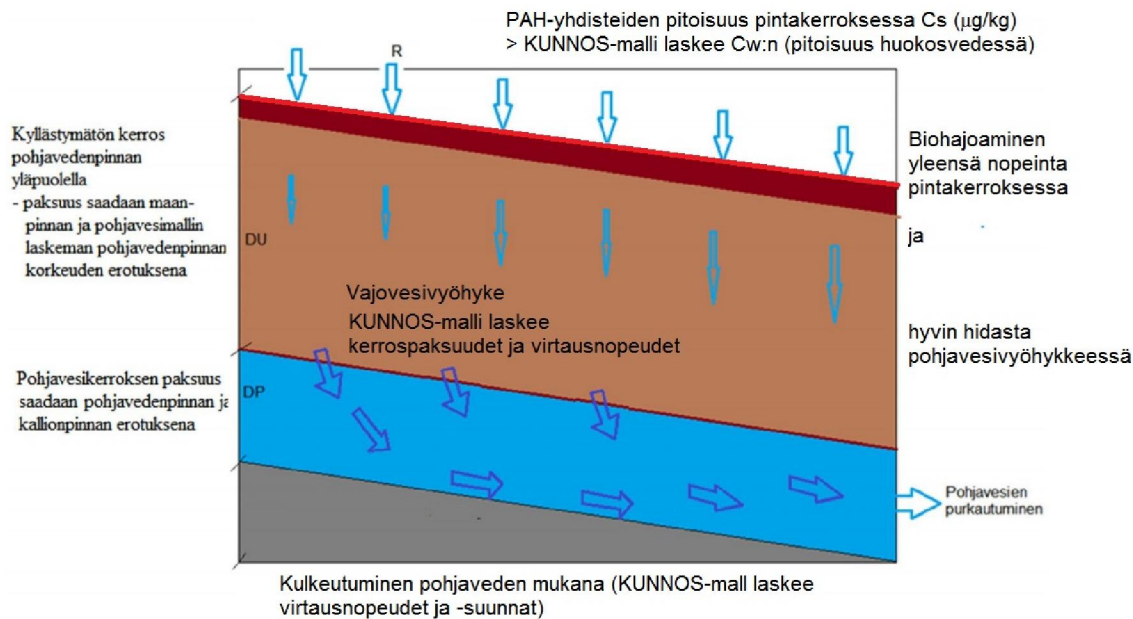
- Tärkeä parametri on PAH-yhdisteiden pitoisuus pintamaassa (mg/kg)
- kirjallisuudesta löytyy tyypillisiä arvoja metsäpaloalueilla 0.03 – 0.2 mg/kg (30 – 200 µg/kg) (mm. Ranska, USA ja Etelä-Korea)
- mittaukset Suomessa ? Tulevaisuudessa kannattaisi ehdottomasti mitata kulotuksen jälkeen
- Lisäksi tarvitaan tiedot orgaanisen hiilen pitoisuuksista (foc) PAH-yhdisteiden pidättymisen laskemiseksi (voi arvioida humuspitoisuuden perusteella, $(0.5-0.58) \cdot \text{Humus-\%}$)
- Konseptuaalinen kuvaus laskennasta seuraavalla kalvolla

Pitoisuuslaskenta	Laskennassa mukana olevien riskialueiden tietoja (max. 5 aluetta)				
Riskialue	Para 6	Para 7	Para 8	Para 9	Para 10
1	0.04	10	1.5	0.5	0.1
2	0.04	10	1.5	0.5	0.1
3	0.04	10	1.5	0.5	0.1
4	0.04	10	1.5	0.5	0.1
5	0.04	10	1.5	0.5	0.1

Kulotus	
Para 6	Pitoisuus pintamaassa (mg/kg)
Para 7	Kerros-paksuus (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 (%)

3c. Konseptuaalinen kuva

- Kulotuksessa kuormitus tulee pintamaahan jääneistä PAH-yhdisteiden pitoisuuksista
- Pintamaasta PAH-yhdisteet suotautuvat vajovesikerrokseen ja sieltä edelleen pohjavesikerrokseen
- Biohajoamista voi tapahtua pintamaassa ja vajovesi- ja pohjavesikerroksessa
- PAH-yhdisteillä biohajoaminen on hidasta erityisesti pohjavesivyöhykkeessä
- KUNNOS-malli laskee pitoisuudet kaikissa kolmessa vyöhykkeessä



Yhdisteiden biohajoaminen

Yhdisteiden perustietoja löytyy mm. **SUOMEN YMPÄRISTÖ 23/2007**

- Biohajoaminen: kuvataan mallissa puoliintumisajan (vrk) avulla
- PAH-yhdisteiden puoliintumisaika lab.kokeissa on usein alle vuosi (100-300 vrk)
- Suomen luonnossa biohajoaminen huomattavasti hitaampaa (talvi, biohajoamisen aiheuttaman bakteeripopulaation niukkuus ym.)
- KUNNOS-mallilla voidaan tehdä vaihtoehtoisia laskelmia, (ei biohajoamista, optimaalinen ym.)

Naftaleeni

Naftaleeni on rakenteeltaan yksinkertaisin PAH-yhdiste, joka muodostuu kahdesta bentseenirenkaasta. Luontaisesti naftaleenia esiintyy maaöljyssä ja kivihiilessä ja ympäristöön sitä päätyy erityisesti polttoaineiden ja muun orgaanisen aineksen palamisprosesseissa. Naftaleenia valmistetaan ja käytetään myös teollisesti mm. polttonesteiden ja voiteluaineiden lisäaineena. Naftaleeni on PAH-yhdisteistä vesiliukoisin ja herkimmin haihtuva. Siksi aine voi kulkeutua maaperässä ja päätyä pohjaveteen tai hengitysilmaan. Naftaleenin biologinen hajoavuus maaperässä on nopeampaa kuin muiden PAH-yhdisteiden. Terveys- ja ympäristövaaran perusteella naftaleeni on luokiteltu seuraavasti: Carc.Cat 3; R40; Xn; R22; N; R50-53. Pitkäaikainen altistuminen naftaleenille voi aiheuttaa vaikutuksia mm. verisoluissa ja silmissä. Naftaleenin ekotoksikologisista vaikutuksista maaperässä on saatavissa heikosti tietoa. Naftaleeni on erittäin myrkyllistä vesieliölle. Altistuminen hengitysilmassa oleville polttoaineille ja tupakansavulle aiheuttaa merkittävimmän naftaleenin tausta-altistuksen.

Fenantreeni

Fenantreeni on kolmesta bentseenirenkaasta muodostuva PAH-yhdiste. Luontaisesti ainetta esiintyy muiden PAH-yhdisteiden tavoin maaöljyssä ja kivihiilessä ja ympäristöön sitä päätyy erityisesti polttoaineiden ja muun orgaanisen aineksen palamisprosesseissa. Fenantreeni on niukasti vesiliukoinen, mutta kulkeutuu raskaampiin PAH-yhdisteisiin verrattuna paremmin maaperässä ja voi päätyä pohjaveteen. Fenantreenin biologinen hajoaminen maaperässä voi olla suhteellisen nopeaa. Terveysvaaran perusteella fenantreeni on luokiteltu seuraavasti: Carc.Cat. 2; R45. Fenantreenin ekotoksikologisista vaikutuksista maaperässä on saatavissa heikosti tietoa. Fenantreeni on myrkyllistä vesieliöille. Altistuminen hengitysilmassa oleville polttoaineille ja tupakansavulle aiheuttaa fenantreenin osalta merkittävimmän tausta-altistuksen.

4. Yhdistekohtaiset ominaisuudet

- PAH-yhdisteiden 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 PAH-yhdisteiden hajoaminen (alla olevassa esimerkissä 36500 vrk eli 100 v

Riskialue	Para 11	Para 12	Para 13	Para 14	Para 15
1	365	730	36500		
2	365	730	36500		
3	365	730	36500		
4	365	730	36500		
5	365	730	36500		

Kulutus

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	

Lyhyt yhteenveto Iso-Malvan kulotusten vaikutuksesta PAH-yhdisteiden kulkeutumiseen

- Iso-Malvan mitatut ja mallinnetut pitoisuudet pieniä ympäristönormeihin verrattuna
- KUNNOS-mallilla voidaan laskea joustavasti eri vaihtojen vaikutukset
 - paljonko maan pintakerroksessa on PAH-yhdisteitä kulotuksen jälkeen (Cs mg/kg)
 - orgaanisen hiilen määrä (humuspitoisuus) eri kerroksissa
 - puoliintumisaika eri kerroksissa
 - kirjallisuudesta löytyvät puoliintumisajan mittaukset yleensä liian ”optimistisia”

Voiko Iso-Malvan tuloksia yleistää muille kulotuskohteille?

- Todennäköisesti melko huonosti
- Iso-Malvan alueella pohjavesikerrokset paikoin erittäin paksut
 - > pitoisuudet laimenevat pohjavedessä
- Etäisyys maanpinnalta pohjavesikerrokseen paikoin yli 10 m
 - > kulkeutuminen vajovesikerroksen läpi laimentaa pitoisuuksia

Tärkeä huomio tulevaisuutta varten: tarvitaan mitattuja pitoisuuksia kulotuksen jälkeisistä PAH-yhdisteiden määrästä pintamaassa (Cs mg/kg)

Kulotus ja Helmi-ympäristöhanke?

- Kulotukset mainitaan Helmi-hankkeen ohjelmassa

17.	2021–2025: Toteutetaan ennallistamis- ja luonnonhoitotoimenpiteitä suojelualueiden metsissä	90	800 kpl	800 000 €	6 200 000 €
	<u>Lisäksi tehdään kulutuksia 750 ha eli noin 100 kpl</u>	10	750 ha	1 200 000 €	1 800 000 €

Kulotus ja Helmi-ympäristöhanke?

- ohessa muutama kalvo MEPO-hankkeen yhteydessä pidetystä esitelmästä/Lauri Saario, Tapio Oy)

Helmi-elin ympäristöohjelman ehdotus (luonnos, joulukuu 2020)

Toimenpiteet 2021-2030

- Yhteensä **1500** hehtaaria ennallistamispolttoja ja karuunnuttamiskulutuksia (150 ha/vuosi).
- Valtion talousmetsissä monimuotoisuutta edistävää kulotusta mahdollisuuksien mukaan palojatkumoalueilla **2200** hehtaarilla (440 ha/vuosi) ja harjujen paahdeympäristöjen hoitoa **150** hehtaarilla (30 ha/vuosi).



Yhteenveto 1/2



- Mikäli Helmi-ohjelmaa aletaan toteuttamaan nykyisen luonnoksen pohjalta ja Metka-rahoitusta toteutetaan työryhmän ehdottamalla tavalla, muodostuu hallitun tulenkäytön kokonaispinta-ala / vuosi seuraavasti:
 - Valtion luonnonsuojelualueet ja talousmetsät n. 600 ha
 - Yksityiset talousmetsät n. 1 000 ha
 - Yhtiöiden FSC-sertifioidut talousmetsät (muutama sata hehtaaria)
 - Yhteensä n. 2 000 hehtaaria vuodessa
- Hallittu tulenkäyttö tekemässä paluuta, palojatkumoalueita olisi hyvä tarkentaa, jotta toimintaa voidaan pyrkiä kohdentamaan ekologisen vaikuttavuuden lisäämiseksi

Yhteenveto 2/2



- ELYjen suhtautuminen kulottamiseen pohjavesialueilla vaihtelee ja tilanteen selkeyttäminen helpottaisi Helmi-ohjelman toteutusta
- Hämeen ELY seurannoissa Komion alueella ei toistaiseksi näkynyt toistuvien kulotusten vaikutusta pohjavesiin
- Ottaen huomioon vähäiset toteutusmäärät ja Komion seurannan havainnot, löytyisikö MEPO-ryhmästä valmiutta suositella ELYjen suuntaan nykyistä myönteisempää suhtautumista pohjavesialueilla toteutettavaan hallittuun tulenkäyttöön?