



## Valintaesitys maakunnan yhteistyöryhmän sihteeristön käsittelyyn

Hankkeen julkinen nimi	Ekosysteemin palautumista edistävät biopeittoratkaisut kaivosten jälkihoidossa (Biopeitto3)
Hakemusnumero	R-00667
Valintakokouksen päivämäärä	
Hakijan virallinen nimi	Luonnonvarakeskus (402378)
Osatoteuttajat	GTK (402379)
Toimintalinja	2
Erityistavoite	2.3 Kiertotalouteen siirtymisen edistäminen
Alkamispäivämäärä	1.1.2024
Päätymispäivämäärä	31.12.2026

### Hakijan esittämä kuvaus hankkeen sisällöstä

Kaivostoiminnan suurimmat ympäristövaikutukset liittyvät sulfidipitoisten kaivannaisjätteiden läjitykseen sekä niistä syntyviin happamiin ja metallipitoisiin suotovesiin. Siksi sulkuvaiheessa sivukivi- ja rikastushiekka-alueet eristetään tyyppillisesti moreenilla (kuivapeitto). Tässä hankkeessa kehitetään peittorakenteita lisäämällä niihin kierrotalouden sivuvirtamateriaaleja (mm. harvennuspuusta ja purkupuusta valmistettu biohiili, kompostoitu jätevesiliete/mädäte ja lämmöntuotannossa syntyvä lento- ja lietetuhka). Tavoitteena on vähentää peitossa käytettävän moreenin määrää, mutta samalla edistää peittorakenteiden vesien hallintaa ja kasvien kasvua alueilla. Hankkeessa haetaan vastauksia kysymyksiin siitä:

- 1) miten sivuvirtamateriaalit ja kasvipeite vaikuttavat tarvittavaan peittorakenteen paksuuteen,
- 2) miten biopeiton paksuus, käytetyt materiaalit sekä kasvillisuus vaikuttavat suotoveden määrään ja laatuun lyhyellä ja pitkällä aikavälillä,
- 3) miten sivuvirtamateriaalit vaikuttavat jätealueiden vihertymiseen, erityisesti paikallisten luonnonkasvien kasvuun ja kasvua tukevaan mikrobistoon ja pitkällä aikavälillä koko ekosysteemien palautumiseen,
- 4) sekä millainen prosessi vaaditaan biopeiton viranomaishyväksynnälle.

Hankkeen koetoiminta tuottaa tietoa kaivosyhtiöiden, kierrotalouden yritysten ja kaivostoimintaa valvovien viranomaisten päätöksenteon tueksi. Ymmärrys siitä, miten orgaaninen aines vaikuttaa peittokerroksen paksuuteen, ikään, ominaisuuksiin, kasvien kasvuun ja ekosysteemien palautumiseen erityyppisillä kaivosalueilla, auttaa löytämään Pohjois-Suomen vaativiin olosuhteisiin sopivia peittoratkaisuja ja korjaavan ekologian menetelmiä.

#### **TP1. Projektihallinto; Luke, GTK**

Osatehtävä 1: Hallinto/viestintä,

Osatehtävä 2: Synteesi ja hyväksyntäprosessin selvittäminen

Kehitettyjen kasvualustojen viranomaishyväksyntään liittyvät keskustelut (sis. viranomaisille suunnattu työpaja). Tehdään synteesi kolmen Biopeitto -hankkeen tuloksista.

## **TP2: Peittorakenteen optimointi; Luke 13, GTK 25 htkk**

Pyritään vastaamaan kaivostoimijoiden kysymykseen eristyskerroksen paksuuden pienentämisestä tuottamalla mitattua ja mallinnettua tietoa erilaisten peittokerrosten (ml. kasvukerros) vaikutuksista suotoveden määrään ja laatuun. Mallinnuksella voidaan myös arvioida kerrosten pitkän aikavälin käyttäytymistä ja ilmasto-olosuhteiden vaikutusta peiton toimintaan. Data tuotetaan päivittämällä Rautuvaaraan Biopeitto-hankkeissa 2018 ja 2021 perustettujen lysimetrikokeita, jatkamalla niiden seuranta ja hyödyntämällä kaivostoimijoiden omia koerakenteita.

### **Osatutkimus 1: Peittorakenteen mallinnus, GTK**

Mallinnus pohjautuu Rautuvaaran koealalta aiemmissa Biopeitto-hankkeissa perustetuista lysimetri- ja ruutukokeista saatuun/saatavaan aineistoon. *Lisäksi Hannukainen Mining, Agnico Eagle, Rupert Resources ja Boliden Kevitsa tuottavat hankkeen ulkopuolella omalla kustannuksella, omilla instrumentoiduilla lysimetrikoealueillaan dataa, jota käytetään mallinnuksessa.* **Tulokset ovat julkisia ja muiden kaivosyriyten ja viranomaisten hyödynnettävissä. Tulokset edustavat erityyppisten kaivosten materiaaleja.**

### **Osatutkimus 2: Biohiilen vaikutus peittorakenteen vesitalouteen, GTK**

Rautuvaaraan 2021 perustetulla **lysimetrikoealalla** jatketaan peittorakenteiden kosteus, lämpötila ja happipitoisuuksien **jatkuvatoimista seuranta**. **Suotoveden** määrän seuraamiseksi asennetaan tippimittarit ja otetaan näytteet ravinteiden ja metallien analysoimiseksi.

Rautuvaarassa suoraan rikastushiekan päälle v. 2021 perustetun **ruutukokeen** tavoitteena on selvittää **biohiilen rapautumista sekä veden ja hapen liikkeitä** peittokerroksessa. Ruuduissa olevien jatkuvatoimisten kosteus, lämpötila ja happiantureiden, seuranta jatketaan ja ruuduista otetaan **biohiilinäytteet**, jotka kuvannetaan rapautumisen/rakenteen muutosten selvittämiseksi.

Tulokset ovat suoraan hyödynnettävissä mallinnukseen.

### **Osatutkimus 3: Kasvualustan (1.moreeni, 2. moreeni + komposti, 3. moreeni+ komposti+biohiili) ja kasvien (1. tyhjä/kontrolli, 2.kylvetty heinät+apilat) vaikutus vesitalouteen, Luke**

Rautuvaaraan 2018 eri käsittelyille perustetun lysimetrikokeen seuranta jatketaan. Lisäksi tehdään kastelut 2-4 kertaa kesässä (tavoitteena suotoveden määrän tarkka mittaus ja veden viipymän selvitys), selvitetään suotovesien laatu ja seurataan kasvien peittävyttä/biomassaa edelleen.

Työpaketin tulosten pohjalta tehdään **laaja mallinnus siitä miten erilaiset peittokerrokset** toimivat suotoveden laadun ja määrän hallinnassa ja millaiset ovat **parhaat kerrospaksuudet** eri raaka- aineilla eri käyttökohteissa.

## **TP3: Luontaisen sukkession tukeminen; Luke 30, GTK 20 htkk**

### **Osatutkimus 1. Luonnonkasvien käyttö**

TP3 vastaa kysymykseen, miten kasvillisuuden luontainen sukkessio pohjoisilla kaivosalueilla etenee? Millaisia mikrobisyhteisöjä kaivosalueella on luonnostaan? Miten eri mikrobiryhmät vaikuttavat kasvillisuuden kehitykseen? Miten luontaista sukkessiota voidaan tukea/edistää kasvualusta-, kasvi- ja mikrobivalinnoilla?

### **Tehtävä 1: Perustetaan uusi koeala Pahtavaaran vanhalle rikastushiekka-altaalle, Luke**

Pahtavaaran rikastushiekka-altaalle on 2021 kylvetty 70 ha alalle heinän siemeniä rikastushiekan päälle ja lannoitettu kerran synteettisellä lannoitteella (Kaivosyhtiö Rupert Resources). Kasvillisuuden kehittyminen on ollut hidasta. **Selvitetään, voidaanko sivuvirtalisäyksillä** (eri käsittelyt: 1) ei lisäyksiä, 2)

pintaan biohiili, 3) komposti tai 4) tuhka) **nopeuttaa kasvillisuuden kehittymistä**. Tätä varten alueelle perustetaan koeruutuja kesällä 2024. - Kaivostoimija (Rupert Resources Oy) vastaa konetöistä ja lisätyövoimasta, alueen aitauksesta ja seurannasta projektin jälkeen.

### **Tehtävä 2: Pohjoiset luonnonkasvit ja kasvillisuuden perustamistavat, Luke**

Rautuvaaraan 2021 perustetun 8 pohjoista kasvilajia kattavan kasvivuutukokeen ja Kevitsaan 2022 perustettu sivukivipilotin seuranta jatketaan (itävyys, selviäminen, kasvu, siementäminen) vuosina 2024-2026. Käytetyt kasvualustakäsittelyt 1) kontrolli, 2) kuusibiohiili, 3) purkupuubiohiili, 4) lentotuhka ja kasvillisuuskäsittelyt 1) kunta, 2) pohjoisten kasvilajien taimet, 3) siemenet tai 4) siemenpallot.

Lisäksi aloitetaan Kevitsaan 2023 (kaivosyhtiön omalla kustannuksella viranomaisvaatimuksesta) perustetun kasvillisuuskoealan seuranta (mukana käsittely, jossa käytetty lähialueilta kerättyä niittysilppua).

Yhdistämällä kokeiden tiedot saadaan kattavaa tietoa kasvillisuuden kehityksestä, kasvualustojen laadusta ja kasvilajien valinnasta. Näitä tietoja käytetään tehtäessä suositukset pohjoisissa olosuhteissa käytettävistä kasvilajeista.

### **Osatutkimus 2: Mikrobiston vaikutus kasvillisuuden sukkessioon, Luke**

Selvitetään, mitkä tekijät vaikuttavat kaivosympäristöihin rikastuneiden mikrobisyhteisöjen lajikoostumukseen ja minkälaisia vaikutuksia tällä on vihertymiseen. Tunnistetaan korkeisiin metallipitoisuuksiin ja ääreihin olosuhteisiin sopeutuneita mikrobiryhmiä sekä näiden vuorovaikutussuhteita kasvillisuuden kanssa. Pää tavoitteena ymmärtää tekijät, jotka vaikuttavat mikrobiston kehittymiseen ja selvittää voidaanko mikrobistoa hyödyntää kaivosalueiden viherryttämisessä. Hankkeessa hyödynnetään jo olemassa olevia näytteitä ja testataan 20 v aikana kerättyjen arktisten ympäristöjen bakteerikantoja, joilla on kyky edistää kasvien kasvua haastavissa olosuhteissa.

### **Tehtävä 1: Kaivosympäristöjen mikrobit ja geokemia, GTK**

Vuodesta 2017 alkaen GTK on *Kaivosten taustapitoisuuskartoitus -hankkeen* yhteydessä kerännyt **näytteitä** Suomen kaivosten tai mineraalipotentialisten alueiden ympäristöistä ja **tehnyt niistä laajat geokemialliset analyysit**. Näistä pääosin Pohjois- ja Itä-Suomesta kerätyistä **moreeninäytteistä määritetään hankkeessa luonnostaan korkeiden haitta-ainepitoisuuksien (esim. As, Co, Ni ja Cu) alueilla esiintyvien bakteeri- ja sieniyhteisöjen koostumus**. Tätä mikrobisyhteisöjen koostumusta verrataan seuraavassa tehtävässä (TP3 /OT2 /Tehtävässä 2) määritettäviin bakteeri- ja sieniyhteisöihin ja arvioidaan luontaisesti korkeisiin haitta-ainepitoisuuksiin sopeutuneiden mikrobien esiintyvyyttä ja toiminnallisia ominaisuuksia.

### **Tehtävä 2: Kasvien ja mikrobien vuorovaikutus, Luke**

Rautuvaarassa (perustettu 2021) sijaitsevista kasvivuuduista (TP3/OT1/Tehtävä 2) otetaan maanäytteet ja kasvien juurinäytteet, joista määritetään bakteeri- ja sieniyhteisöjen rakenne. Tuloksista tunnistetaan bakteeri- ja sienilajeja, jotka ovat rikastuneet tietyn kasvilajin ympärille/tietulle kasvualustalle, ja jotka voivat edistää kasvien selviämistä.

Lisäksi Rautuvaaraan 2018 perustetuista koeruuduista, joissa kasvaa heinää, apilaa ja mäntyjä, määritetään sieni- ja bakteerisyhteisöjen rakenne kasvien juurten välittömästä läheisyydestä, jotta voidaan tarkasti identifioida kasveihin kytkeytyneet mikrobilajit.

Tutkitaan Luken MicroCover-hankkeessa aiemmin löydettyjen arktisten hyötymikrobien (fosforia liuottavien/tyypeä sitovien/ kuivuuden ym. stressin sietoa lisäävien) toimintaa biopeittoratkaisussa kasvien kasvun edistäjänä. Tätä varten testataan laboratoriokokeissa hyötymikrobien ympäystä (yksittäiset lajit ja näiden erilaiset seokset) kasvinsiemeniin ja tutkitaan näiden vaikutusta kasvien

itämiseen ja kasvuun haastavissa olosuhteissa (erilaiset kasvualustat, metallit, kuivuus, lämpötilavaihtelut). Mikrobiympin kehittämiseksi optimoidaan näiden kasvuolosuhteet, vaadittava konsentraatio sekä testataan näiden toimintaa eri kasvilajeilla.

#### **TP 4. Ekosysteemin palautuminen; Luke 6, GTK 1 htkk**

Maailmalla kaivosten sulkemisessa ja maisemoinnissa hyödynnetään geomorfologista muotoilua, jossa peittorakenteita muotoillaan mukailen luonnon muotoja mallinnuksen avulla. Näin veden virtaus saadaan luonnonmukaiseksi ja maan eroosioherkkyys vähenee. Muotoilun lisäksi hyödynnetään paikallisia kasvualustoja ja kasvilajeja sekä alueen monimuotoisuutta. Tavoitteena on palauttaa häiriintyneet alueet toimiviksi ekosysteemeiksi. Suomessa käsite on uusi, mutta kaivosyhtiöt ovat osoittaneet kiinnostusta sitä kohtaan.

#### **Osatutkimus 1. Geomorfologinen muotoilu maailmalla, Luke + GTK**

Tehdään review-selvitys geomorfologisen muotoilun nykytilasta maailmalla ja menetelmien soveltamismahdollisuuksista Suomen olosuhteisiin

#### **Osatutkimus 2: Käyttötapapreferenssit, Luke**

Selvitetään miten geomorfologisen muotoilun käyttö kaivannaisjätealueiden maisemoinnissa vaikuttaa alueiden hyväksyntään paikallisten asukkaiden taholta. Laaditaan nettikysely, jolla selvitetään erilaisten intressiryhmien (asukkaat, matkailijat, kaivosviranomaiset ja kaivosyhtiöt) suhtautumista kaivosten peitto- ja maisemointiratkaisuihin.

#### **Tulokset:**

Projektin työpakettien tuloksena saadaan kenttä- ja laboratoriokokeilla tuotettua tietoa kompostoidun jätevesilietteen sekä sivuvirroista tuotetun biohiilen ja tuhkan käyttökelpoisuudesta osana kaivosalueiden kuivapeittoratkaisuja. Data auttaa tarkastelemaan ja vertailemaan materiaalivaihtoehtoja sen perusteella, miten seokset vaikuttavat:

- peiton paksuuden optimointiin (TP2)
- peiton vesitalouteen (TP2, TP3)
- metallien kulkeutumiseen (suotovesi) (TP2)
- kasvipeitteeseen (TP3)
- kestävyteen/käyttöikään (TP2)

Lisäksi tuotetaan tietoa kaivosalueille soveltuvista kasvilajeista ja kasvialustan, geokemian ja mikrobiston merkityksestä kasvillisuuden sukkessiossa (TP3). Tuloksena syntyy suosituksia biopeiton laadusta ja sen käytöstä sivukivi- ja rikastushiekka-alueiden maisemoinnissa (TP3 ja TP4). Hankkeen aikana käydään keskusteluja viranomaishyväksynnän vaatimuksista kehitetyille peittoratkaisuille viranomaisten kanssa; tuloksena syntyy kaavio hyväksymisprosessista (TP 1).

Lisätietoja hakemuksesta (Flat Rate 40 %)

Rahoituksen jakaantuminen:	Luke	GTK
EU+ valtio	337 542 (75%)	245 605 (75%)
Omarahoitus (muu julkinen)	64 341	47 032
Kuntarahoitus	7 542	5 456
Yksityinen	40 617	29 381
<b>Kokonaisbudjetti:</b>	<b>450 042</b>	<b>327 474</b>

Kustannusarvio ja rahoitussuunnitelma

Hankkeen kustannusarvio yhteensä	777 516 €
Hankkeen rahoitussuunnitelma yhteensä	777 516 €
Hankkeelle esitetty tuen enimmäismäärä	583 147 €, 75 %

Rahoittajan arvio hankkeesta

Hanke on jatkoa Biopeitto (v.2018)- ja Kierroksia biopeittoon (v.2021) EAKR-hankkeille. Aiemmissä hankkeissa ratkaisua suotovesien määrän ja laadun, alueiden maisemoinnin ja materiaalien saatavuuden haasteisiin on etsitty biohiilestä ja kaivosten lähellä syntyvistä orgaanisista sivuvirta-materiaaleista. Tutkittavina materiaaleina ovat olleet koivu-, kuusi-, purkupuu ja jätevesilietepohjaiset biohiilet, energiapolton- ja lietteenpolton tuhka sekä kompostoitu jätevesiliete. Hankkeiden tulokset viittaavat siihen, että kuusipohjainen biohiili lisää mm. kasvien kasvua (20-200 %), parantaa maan vedenpidätyskykyä ja tehostaa veden haihtumista kasvukauden aikana. Samalla peittorakenteen läpi suotautuvan veden määrä vähenee noin kolmanneksella. Kokeet osoittivat myös lento- ja lietetuhkan toimivan ravinteiden lähteenä kasveille. **Kierroksia biopeittoon -hankkeessa (v. 2021) käytettyjen materiaalien (purkupuu-, lietehiilipohjaiset biohiilet, lentotuhka) osalta tieto vaikutuksista peittorakenteen ja suotoveden ominaisuuksiin sekä kasvillisuuden kehitykseen perustuvat kuitenkin vasta kahden kasvukauden mittauksiin.**

**Peittorakenteiden ja materiaalien pitkäaikaiskäyttämisen selvittämiseksi** jo perustettuja lysimetri- ja kasvillisuuskokeita **tulisi jatkaa** ja tulosten yleistettävyyden parantamiseksi laatia mallinnukset jo kerätyistä laboratorio-, kasvihuone- ja kenttäkokeiden tuloksista (kaivokset ovat lupautuneet antamaan myös omien lysimetrikoealojensa/ selvitystensä datan mallinnusta varten).

Edellisessä hankkeessa perustettiin v. 2021 koe pohjoista alkuperää olevien luonnonkasvien kasvun selvittämiseksi biopeitossa. Pohjoiset kasvit itävät ja kasvavat hitaasti, joten tästäkin kokeesta on saatu vasta alustavia tuloksia. Lisätietoa tarvitaan myös luontaisen sukkession nopeudesta ja keinoista tukea kehitystä. (Rupert Resources Oy on sitoutunut antamaan Pahtavaaran rikastushiekka-alueella olevan kasvittamispiilotin hankkeen käyttöön ja osallistumaan tutkimuksen kustannuksiin.)

Biopeiton alueellisen tuotannon kannattavuutta ja ympäristövaikutuksia alettiin selvittää Kierroksia biopeittoon – hankkeessa (2021). Kaivostoimijoiden ja biokiertotalousyrittäjien yhteistyön tuloksena syntyi toimintaketju, jossa purkupuu pyrolysoitiin biohiileksi ja kompostoitiin jätevesilietteen ja tuhkan kanssa. Yhtiöiden yhdessä tuottama kasvualusta päättyi Kevitsaan **sivukivialueelle** perustettuun pilottiin. Pilottialueen kasvillisuuden ja eroosion seuranta alkoi vasta kesällä 2023 ja vaatii näin ollen jatkoa. Toimintaketjun avulla selvitettiin myös biopeiton tuotannon talous- ja ympäristövaikutuksia.

Laskelmissa kriittiseksi kannattavuudelle osoittautuivat liikuteltavassa panosretortissa tuotetun biohiilen hinta ja pitkät kuljetusmatkat. **Arvoketjujen osalta kehitystyö tulee jatkumaan kokonaisuutena uusissa hankkeissa:** JTF-hakuun (Lapin liitto) jätettävässä ”Kaivokset ja biopeitto -hankkeessa” Sodankylässä sekä JTF-hakuun jätettävässä (Kainuun liitto) ”Kainuun biopeitto - hankkeessa”, joka täydentää tuotannon talous- ja hiilikompensaatiolaskelmia, käytettäviä materiaaleja ja uusia kaivannaisjätealueiden käyttötapoja. Hankkeet toimivat tiiviissä yhteistyössä haettavan Biopeitto 3 -hankkeen kanssa.

Hankkeessa tutkittavien kaivosalueiden peittoratkaisujen tavoitteena on pienentää kaivannaisjätteen ympäristövaikutuksia ja samalla edistää Lapin kiertotaloutta. Uudenlaisen toiminnan kehittäminen kaivoksien peittorakenteisiin ei ole nopea prosessi vaan vaatii useamman tutkimus- ja kokeilu-/pilotointivaiheen. Jatkohankkeella mahdollistetaan jo käynnistettyjen tutkimusten **seuranta ja luotettavampi tietopohja sekä mallinukset rakenteiden ja materiaalien pitkäaikaiskäyttämisen selvittämiseksi ja tulosten yleistettävyyden parantamiseksi**. Uutena elementtinä mukaan otetaan tutkimus biohiilen vaikutuksista maaperän mikrobien yhteisö rakenteeseen ja toimintaan ja sitä kautta kasvillisuuden sukkessioon peittorakenteissa. Lisäksi laajennetaan edelleen yritysyhteistyötä.

Hanke on Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027-ohjelman mukainen ja toteuttaa sen toimintalinjan 2 erityistavoitetta 2.3 Kiertotalouteen siirtymisen edistäminen. Hanke täyttää yleiset valintaperusteet ja

erityistavoitekohtaisessa arvioinnissa hanke sai riittävästi pisteitä (23/42) tullakseen rahoitetuksi. Hanke vastaa erityistavoitteen painopisteisiin.

Arviointipisteet: 23/42 p

Ratkaisun perustelut ja jatkotoimenpiteet

Erityisten valintaperusteiden pisteytyksessä hanke sai yhteensä 23/42 pistettä.

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen EURA-rahoituskokous 7.6.2023

Lapin MYR-sihteeristön hanketyöryhmä 9.10.2023

Lapin MYR-sihteeristö 12.10.2023

Lapin MYR xx.x.2023

Rahoittaja puoltaa/~~ei puolla~~ hakemuksen hyväksymistä