

A wide-angle photograph of a large open-pit mine. The mine is characterized by deep, terraced levels of earth and rock. In the foreground, there is a body of water, possibly a tailings pond, with a sandy or silty shore. A large, dark-colored vehicle, likely a haul truck, is partially visible in the middle ground. The sky is clear and blue.

Uusi menetelmä kaivosjätteiden stabiloimiseksi ja vesivuotojen minimöimiseksi

Mikko Kauppinen
Moduleflow Oy

Lokakuu 2025

Sisältö

1. Taustaa ja nykyiset haasteet	3
2. Uuden menetelmän kuvaus ja mahdollisuudet	4
3. Esiselvitys- ja suunnitteluprojekti	10
4. Projektin toteuttaminen	11
4.1) Avolouhoksen kiintoaine- ja vesivirtojen volyymien ja koostumusten kartoitus	11
4.2) Pumppausasemat ja niihin liittyvät rakenteet	12
4.3) Vedenkäsittelyprosessien suunnittelu ja mitoitus	13
4.4) Täyteainepastan koostumus ja pastan valmistusprosessi	14
4.5) Teollisen mittakaavan prosessin kustannusarvio ja aikataulutus	17
4.6) Työryhmä	18
5. Projektin kustannukset	19
6. Yhteenveto	20
7. Yhteystiedot	21

1. Taustaa ja nykyiset haasteet

- Kaivosteollisuus Suomessa on kasvamassa nopeasti ja lukuisia uusia kaivoshankkeita suunnitellaan parhaillaan
- Haasteita on aiheuttanut ympäristölupien saaminen, joissa suurin huoli on ollut patorakenteissa ja niiden kestävyudessa – vuotoja tapahtuu
- Happamat sivukivikasat sekä prosessirejektit avoimissa altaissa taivaan alla tuottavat sateessa nestejakeita jotka ovat happamia ja sisältävät useita erilaisia metalleja (kaivoskohtaisia), jotka voivat päästä pilaamaan pohjavesiä
- Yleinen ratkaisu tähän mennessä on ollut riittävän vedenpidätyskyvyn rakentaminen sivukivialueiden pohjarakenteisiin muovikalvoa käyttäen
- KHO on antanut hiljattain yksittäisen ennakkoratkaisun (1326/2025), jossa ei vaadita enää muovikalvoa, vaan riittävää vedenpidätyskykyä, koska kalvon kestävyys on huono ja ajallinen kesto on rajallinen
- Tässä esityksessä kuvattu menetelmä on esitelty ELY:lle, AVI:lle ja Tukes:lle Teams-kokouksessa 16.09.2025 ja osallistujilta saatu palaute oli positiivista

2. Uuden menetelmän kuvaus ja mahdollisuudet

- Menetelmä perustuu materiaalin (sivukivijätteen) kapselointiin pastalla, joka pumpataan avolouhoksen pohjalle kerroksittain siirrettyjen sivukivien päälle ja sen juoksevuus on riittävä peittämään kasan pohjan, sisällön ja pinnan.
- Pasta modifioidaan jokaisessa kohteessa erikseen siten, että se estää haitta-aineiden liukenemisen pohjaveteen myös silloin kun pasta-kiviaines-seos joutuu ennen pitkää hapettomaan tilaan.
- Pasta-kiviaines-seos kovettuu vähitellen, jolloin täyttöalueesta tulee stabiili rakenne, joka kestää ”isältä pojalle” muuttumattomana ja läpäisemättömänä.
- Menetelmä mahdollistaa turvallisen avolouhoskaivosten täytön, ja näin osaltaan auttaa alueen ennallistamisessa alkuperäiseen tilaan mikä vallitsi alueella jo ennen kaivoksen käyttöönottoa. Sivukivihän on louhittu samasta avolouhoksesta johon se palautetaan.

2. Uuden menetelmän kuvaus ja mahdollisuudet

- Esitetyllä menetelmällä on mahdollista aloittaa kaivosalueiden täyttö jo kaivoksen toiminta-aikana eikä vasta kaivoksen sulkemisen jälkeen kuten tyypillisesti tehdään.
- Louhosten mahdollinen täyttö jo kaivoksen toiminnan aikana riippuu luonnollisesti avolouhosten muodosta sekä sijainnista ja siksi tarkasteltavalle kaivosalueelle luodaan louhosten topografiaan perustuva yksityiskohtainen täyttösuunnitelma
- Mahdollisuus hyödyntää jälkihoitoon budjetoituja varoja jo kaivoksen toiminta-aikana ennallistamiseen.
- Menetelmään sisältyy myös kaivoksen erilaisten vesijakeiden käsittely ympäristölupien mukaisiksi nykyaikaisilla menetelmillä.
- Yhtenä osana vedenkäsittelyprosessien suunnittelua kaivosalueelle luodaan vesitasemalli jonka avulla voidaan arvioida alueella olevien vesien varastointi- sekä kierrätysmääriä sekä varastointiin vaadittavia altaita

2. Uuden menetelmän kuvaus ja mahdollisuudet

- Moduleflow Oy on suomalainen yritys, joka on kehittänyt uuden sähkökoagulaatioon perustuvan ekologisen vedenpuhdistuskonseptin.
- Teknologia ei vaadi kemikaaleja, joten sillä voidaan vähentää negatiivisia ympäristövaikutuksia merkittävästi ja tuottaa korkealaatuista vettä joka on hyödynnettävissä lähes täysin suljetussa vesikierrrossa.
- Moduleflow Oy:n laitteisto on ainutlaatuinen ja se sisältää useita teknisiä innovaatioita jotka poikkeavat merkittävästi muista markkinoilla olevista sähkökoagulaatiojärjestelmistä.
- Puhdistettava vesi virtaa jatkuvasti puhdistusmoduulien läpi, joissa sähkö johdetaan veteen, jolloin muodostuu sähkömolekyyliverkko. Tämä verkko kerää tehokkaasti epäpuhtaudet ja erottaa ne vedestä.

2. Uuden menetelmän kuvaus ja mahdollisuudet

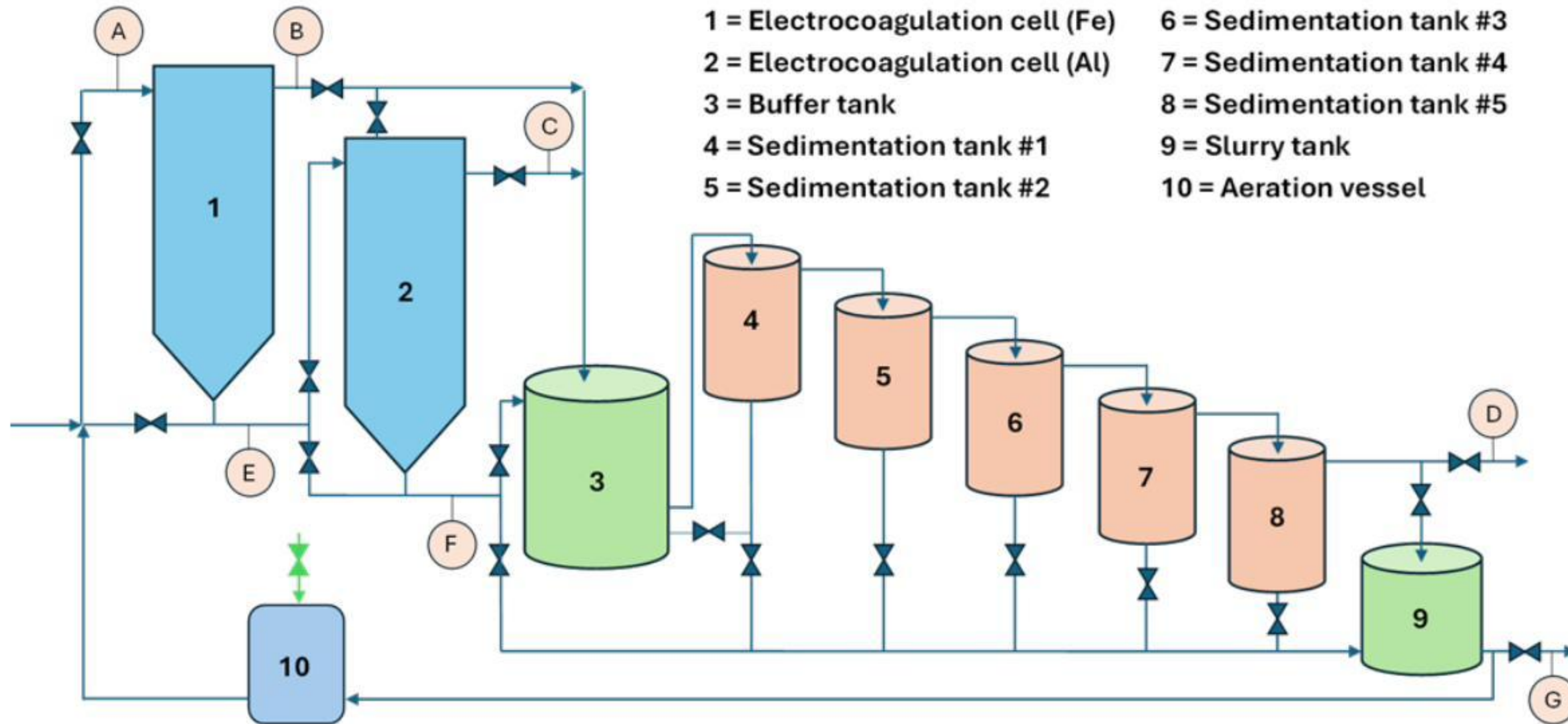
- Kerätyt epäpuhtaudet joko nousevat veden pinnalle vaahtona tai laskeutuvat pohjalle lietteenä epäpuhtauksien tyypistä ja järjestelmän toimintaparametreista riippuen.
- Tekniikalla voidaan erottaa käsittelystä vedestä tehokkaasti useimmat epäpuhtaudet kuten sulfaatit, kloridit, typpiyhdisteet, fosfori, raskasmetallit, jne.
- Nämä erotetut epäpuhtaudet eivät enää liukene veteen edes pitkän varastoinnin jälkeen.
- Epäpuhtauksista koostuva vaahto tai sedimentti erotetaan ja kuivataan tavallisella suodatustekniikalla.
- Teknologia tuottaa myös vetyä sivutuotteena ja prosessissa syntyvä vety on mahdollista kerätä talteen ja hyödyntää sitä tehtaalla muihin tarkoituksiin tai myydä kolmansille osapuolille.
- Moduleflow Oy:n pilot-laitteisto on esitetty kuvissa 1 ja 2.

2. Uuden menetelmän kuvaus ja mahdollisuudet



Kuva 1 Valokuvia Moduleflow Oy:n pilot - yksiköstä. Vasemmalla olevassa kuvassa näkyvät testikontit, keskellä olevassa kuvassa pääyksikkö sisältä ja oikealla olevassa kuvassa sähkökoagulaatiomoduulit.

2. Uuden menetelmän kuvaus ja mahdollisuudet



Kuva 2 Lohkokaavio pilot – laitteiston pääosista. Tyypilliset näytteenottopisteet on esitetty kuvassa kirjaimin

3. Esiselvitys- ja suunnitteluprojekti

- Projektissa tullaan luomaan yksityiskohtainen toteuttamissuunnitelma uuden menetelmän soveltamiseksi pilot-kohteeksi valitulle kaivosalueelle
- Suunnitelma pohjautuu perusteelliseen kartoitukseen kaivosalueella esiintyvistä materiaalivirroista sekä niiden koostumuksista
- Projektin tuloksena saatava toteuttamissuunnitelma sisältää:
 - Kuvauksen eri materiaalivirtojen volyymeista ja koostumuksista
 - Vaadittavien prosessilaitteiden erittelyn sekä alustavan mitoituksen
 - Täyteainepastan reseptin ja kuvauksen pastan valmistusprosessista
 - Vedenkäsittelyprosessien yksityiskohtaisen kuvauksen
 - Kustannusarvion (CAPEX + OPEX) teollisen mittakaavan prosessista
 - Kustannusten vertailun nykytilaan
 - Toteuttamisaikataulun teollisen mittakaavan prosessille

4. Esiselvitys- ja suunnitteluprojektin toteuttaminen

Esiselvitys- ja suunnitteluprojekti koostuu seuraavista vaiheista:

4.1) Avolouhoksen kiintoaine- ja vesivirtojen volyymien ja koostumusten kartoitus

- lähtötiedot tarvittavien pumppauskapasiteettien määrittämiselle
- lähtötiedot vedenkäsittelyprosessien suunnitteluun
- lähtötiedot kaivostäyttöön soveltuvista sivukivijakeista niiden koostumuksen perusteella
- lähtötiedot tarvittavaan täyteainepastan määrään ja koostumukseen liittyen

4. Esiselvitys- ja suunnitteluprojektin toteuttaminen

4.2) Pumppausasemat ja niihin liittyvät rakenteet

- Prosessilaitteiden ja putkistojen suunnittelu, mekaaninen laitesuunnittelu ja sähkö-/automaatiosuunnittelu sekä näihin liittyvä kustannusarvio
- Sähköasennuksiin ja automaatioon vaadittavien toimilaitteiden, materiaalien ja asennustöiden suunnittelu sekä näihin liittyvä kustannusarvio
- Pumppuasemien ja putkistojen asennustöiden sekä tarvittavien maansiirtotöiden suunnittelu ja kustannusarvio
- Tarvittavien siirrettävien rakenteiden ja rakennusten suunnittelu
- Ajoväylien alitusten vaatimien kanaalien kartoitus ja kustannusarvio
- Lämpöeristettyjen ja räjähdyssuojattujen pumppausasemien suunnittelu ja kustannusarvio

4. Esiselvitys- ja suunnitteluprojektin toteuttaminen

4.3) Vedenkäsittelyprosessien suunnittelu ja mitoitus

- Nesteen ja kiintoaineen erotukseen vaadittavan prosessilaitteiston valinta ja mitoitus
 - >> valitaan optimaalinen erotuslaitteisto (laskeutus/vakuumisuodataus/painesuodataus) käsiteltävien prosessinäytteiden perusteella. Tämä vaatii kokeellista testityötä.
 - >> neste-/kiintoaine-erotus tuottaa kiintoainejakeen joka ohjataan pastalaitokselle sekä vesijakeen joka tullaan puhdistamaan ennen kuin se kierrätetään takaisin sopivaan prosessivaiheeseen tai johdetaan pois kaivosalueelta
 - >> Vedenkäsittelymenetelmä valitaan vesijakeiden epäpuhtauksien sekä volyyymien perusteella
- Vesijakeiden käsittelyssä tullaan hyödyntämään nykyaikaista sähkökoagulaatiotekniikkaa jonka avulla on mahdollista saavuttaa ympäristölupien edellyttämät haitta-aineiden raja-arvot kustannustehokkaasti. Menetelmän optimaaliset olosuhteet selvitetään kokeellisesti.

4. Esiselvitys- ja suunnitteluprojektin toteuttaminen

4.4) Täyteainepastan koostumus ja pastan valmistusprosessi

Avolouhostäyttöön tullaan käyttämään pasta-/sivukiviseosta ja käytettävän pastan reseptissä tullaan maksimoimaan saatavilla olevien teollisten sivuvirtojen osuus ja vastaavasti minimoimaan kaupallisen sementin ja muiden kaupallisten kemikaalien osuus

>> Pasta tulee olemaan eräänlaista synteettistä betonia joka koostuu pääosin ns. geopolymeerimateriaaleista. Vastaavia materiaaleja on tutkittu viime vuosina paljon ja tutkimuksissa on havaittu että teollisista sivuvirroista on mahdollista valmistaa materiaaleja joiden lujuus- ja liukoisuusominaisuudet ovat usein jopa parempia kuin sementtipohjaisella betonilla

4. Esiselvitys- ja suunnitteluprojektin toteuttaminen

- >> Pastan koostumuksen optimoimiseksi tullaan selvittämään kaikkien kaivosalueella syntyvien sivuvirtojen koostumukset sekä saatavilla olevat määrät
- >> Lisäksi hankkeessa tullaan kartoittamaan myös lähialueilla (<< 70 km säteellä) toimivien teollisuuslaitosten sivuvirrat, koostumukset sekä saatavilla olevat määrät.
- >> Kartoituksen yhteydessä selvitetään myös lähialueiden muut mahdolliset sijoitus- ja käyttökohteet täyteainepastalle.
- >> Kartoitusten perusteella valitaan kemialliselta koostumukseltaan sopivimmat sivuvirrat ja näistä tullaan luomaan laboratorio-olosuhteissa vaihtoehtoisia pastareseptejä

4. Esiselvitys- ja suunnitteluprojektin toteuttaminen

- Eri resepteillä tuotetuista materiaaleista tehdään betoniteollisuuden standardien mukaisia koekappaleita ja näiden lujuus- ja liukoisuusominaisuudet määritetään ostopalveluna ulkopuolisten palveluntarjoajien toimesta.
- Lujuusmittauksissa ja liukoisuusanalyysissä tullaan käyttämään tunnettujen lainsäädäntöjen mukaisia standardoituja mittaus- ja analyysimenetelmiä.
- Myös erilaisten kaivosalueella esiintyvien käsittelemättömien sivukivijakeiden liukoisuudet tullaan määrittämään samoilla analyysimenetelmillä >> näin saadaan vertailukelpoinen tieto pastakapseloinnin vaikutuksesta haitta-aineiden liukoisuuksiin. Samalla saadaan tieto myös täyttöön mahdollisesti sopimattomista sivukivijakeista.
- Selvitetään myös CO₂-päästöjen sitouttamista täyteainepastaan.

4. Esiselvitys- ja suunnitteluprojektin toteuttaminen

4.5) Teollisen mittakaavan prosessin kustannusarvio ja aikataulutus

Projektin aikaisemmissa vaiheissa kerättyjen tietojen perusteella tullaan laatimaan perusteellinen suunnitelma menetelmän soveltamisesta pilot-kohteeksi valitulle kaivosalueelle. Luodun suunnitelman perusteella voidaan laatia

- Kustannusarvio (CapEx + OpEx) teollisen mittakaavan prosessista
- Kustannusten vertailun kaivosalueen nykytilan kustannuksiin
- Toteuttamisaikataulu suunnitellulle teollisen mittakaavan prosessille

4. Esiselvitys- ja suunnitteluprojektin toteuttaminen

4.6) Työryhmä

Projektin toteutuksesta vastaa Moduleflow-tiimi johon kuuluvat ainakin seuraavat henkilöt:

- Mikko Kauppinen projektipäällikkö
- Antti Häkkinen synteettinen betoni, prosessisuunnittelu, analyysit
- Hannu Möller kemia, reaktiotekniikka
- Kimmo Angeria sähkö, automaatio
- David Haataja avolouhostekniikka
- Ville Sievers suunnittelun ohjaus

5. Projektin kustannukset

- Kustannukset riippuvat esiselvityshankkeen laajuudesta joka määräytyy asiakkaan kanssa räätälöidyn mallin mukaisesti
- Täysimittaisen perusteellisen selvityksen (esikartoitukset ja -selvitykset, kokeelliset laboratoriotyöt, todentamiset ja ostetut analyysipalvelut) kokonaiskustannus on 490 000 €, suppeammat kokonaisuudet ovat sovittavissa erikseen tapauskohtaisesti.

6. Yhteenveto

- Kaivosten ennallistaminen ja vaikutukset luontoon minimoitu
- Kaivosalueen topografinen kartta kaivostoiminnan jälkeen lähes samanlainen kuin ennen kaivostoimintaa, yhden sukupolven jälkeen metsikkökin on muodostunut sitoen sadantaa ja toimien hiilinieluna
- Pohjavedet suojeltu ja ei ylimääräisiä varastoaltaita vedelle
- Kaivoksen jälkihoito minimoitu koska ei ole sivukivikasoja eikä tarkkailua vaativia altaita
- Kaivosyhtiöllekin edullinen ja tehokas toimintatapa joka mahdollistaa samalla jälkihoitoon budjetoitujen varojen käytön ennallistamiseen jo kaivoksen toiminta-aikana ilman ylimääräistä lisäinvestointeja
- Kaivosten luvitus helpottuu ja ympäristövaikutukset pienenevät
- Suomen luonnon säästäminen jälkipolville

7. Yhteystiedot

Mikko Kauppinen, Operatiivinen johtaja

Oy Moduleflow Ab Ltd

Pöyliöjärventie 2-8

98120 Kemijärvi

Finland

+358 400 653 361

mikko.kauppinen@moduleflow.com