

RESEPTITYÖKALU

Digitaalinen alusta kaivannaisteollisuuden
tutkimusreseptien hallintaan



1. Johdanto reseptityökaluun

Päätarkoitus:

SETELIT-hankkeessa kehitetty reseptityökalu on digitaalinen alusta, jonka päätavoite on tallentaa ja arvioida kaivannaisteollisuuden sivuvirtojen **tutkimusreseptien** ja niihin liittyvien analyysitulosten tiedot yhtenäisesti (kuva 1). Työkalun avulla rikastushiekkujen ja sivukivien hyötykäyttöön liittyvät laboratoriotulokset voidaan säilyttää keskitetysti ja standardoidussa muodossa, toisin kuin aiemmin, jolloin eri kokeiden tuloksia yhdisteltiin manuaalisesti erillisiin Excel-tiedostoihin.

Rooli SETELIT-hankkeessa:

Reseptityökalu toimii hankkeen keskeisenä tietojärjestelmänä, joka kokoaa yhteen KOVE-Pro- ja SETELIT-hankkeissa kerättyä dataa kaivannaisteollisuuden sivuvirroista. Se mahdollistaa tutkimustulosten pitkäaikaissäilytyksen, vertailun ja edelleen hyödyntämisen hankkeiden aikana ja niiden jälkeen.



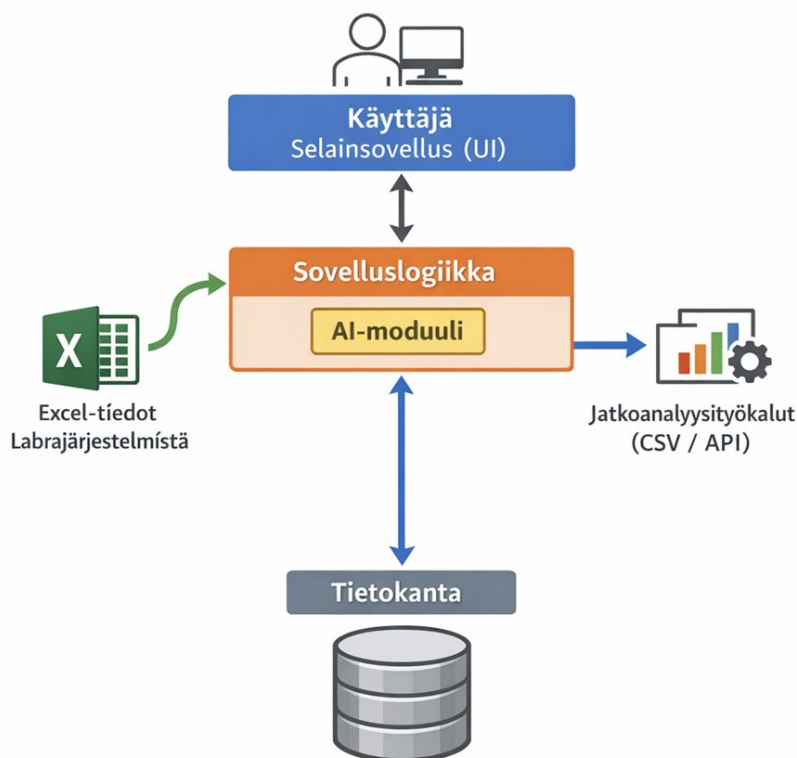
Kuva 1. Reseptityökalun toimintaperiaate.

Työkalu tukee kaivosalan asiantuntijoita tarjoamalla heille **yhtenäisen "reseptikirjaston"**, josta löytyy tiedot erilaisista *reseptikoostumuksista* (esim. kaivostäytteiden seossuhteet) ja *niiden lopputuotteiden analyysiarvoista* helposti haettavassa muodossa. Tämä parantaa tiedon hyödynnettävyyttä: kun kaikki reseptit ja mittaustulokset ovat saman kattavan sovelluksen piirissä, pystytään löytämään syy-seuraussuhteita ja parhaiksi todettuja reseptejä aiempaa paremmin. Työkalu vastaa selkeiden digitaalisten ratkaisujen puutteeseen, joka aiemmin vaikeutti tutkimustulosten systemaattista hyödyntämistä kaivosalalla.

2. Arkkitehtuuriperiaatteet

Komponenttitasoinen arkkitehtuuri:

Reseptityökalun arkkitehtuuri on kaksiosainen: taustalla on *reseptikirjasto*-tietokanta ja sen päällä *selainpohjainen sovellus* (reseptityökalu) käyttäjärajapintana (kuva 2). Tietovarastoksi valittiin relaatiotietokanta, koska sopivaa valmista avoimen lähdekoodin alustaa reseptidatan hallintaan ei ollut saatavilla. Ratkaisun ydin on joustava tietomalli. Tietokantarakenne on suunniteltu mukautumaan monenlaiseen tutkimusdataan ja datam muutoksiin. Esimerkiksi analyysien tulokset voivat olla numeerisia arvoja tai tekstiä (kuten “Tehty” merkintä), ja laboratorioden käyttämät koodit tai lyhenteet voivat vaihdella. Tietomallissa on pyritty huomioimaan nämä vaihtelut, jotta järjestelmä ei lukkiudu tiettyyn formaattiin.



Kuva 2. Reseptityökalun arkkitehtuurikaavio. Käyttäjän ja tietokannan välissä on sovelluslogiikka, joka huolehtii datan siirrosta edestakaisin.

Tietokannan keskeiset tietokohteet vastaavat kaivosalan tutkimusprosessia: **Resepti** (yksittäinen kokeellinen seos tai formulaatio), **Näyte** (tutkittu raaka-aine tai lopputuote), **Analyysi** (tietty mittausta tai testitulossarja, esimerkiksi lujuus tai geokemiallinen analyysi) ja **Parametri** (yksi mitattu ominaisuus tai muuttuja). Nämä muodostavat konseptuaalisen rakenteen, jolla tiedot tallennetaan. Järjestelmän logiikka mahdollistaa, että *yksi resepti koostuu yhdestä tai useammasta näytteestä ja yksi näyte voi kuulua*

useisiin resepteihin, ellei sitä ole merkitty lopputuotteeksi (tuote-näyte on rajoitettu kuuluvaksi vain yhteen reseptiin, mikä varmistaa lopputuotteiden käsittelyn johdonmukaisuuden).

Tietovirtojen kulku (prosessuaalinen): Reseptityökalun data-arkkitehtuurissa on suunniteltu, miten tieto kulkee järjestelmän läpi. Prosessi etenee tyypillisesti seuraavasti:

1. **Tietojen tuonti:** Käyttäjä tuo järjestelmään laboratoriosta saadun Excel-muotoisen aineiston (sisältäen esimerkiksi rikastushiekka- ja sideainenäytteiden analyysitulokset). Selainsovelluksen *tuontimoduuli* lukee tiedoston ja muuntaa sen tiedot tietokannan ymmärtämään muotoon (kuva 3). Samalla suoritetaan automaattisia validointeja – tarkistetaan esimerkiksi, että vaaditut kentät löytyvät ja arvot ovat realistisia. Jos havaitaan puutteita tai poikkeamia, ne logitetaan ja raportoidaan käyttäjälle ilman, että virheellistä dataa tallennetaan.

Reset selections

Close and add attributes

Samples in Recipe

	Sample Code	Name	Description	Added ↑↓	Organisation	Product	Additional Info	Remove
>	GK_PFSO-2024-21.1; BL_SETELIT 21	GK_PFSO-2024-21.1; BL_SETELIT 21	Rikastushiekka	2.9.2025 klo 6.40.14	Eurofins	☐	Saving to database - test	
>	GK_PSFO-2023-6.1; BD_SETELIT 6_CE	GK_PSFO-2023-6.1; BD_SETELIT 6_CE	Rapid cement	2.9.2025 klo 6.40.15	Eurofins	☐	Saving to database - test	
>	GK_PSFO-2023-5.1; BD_SETELIT 5_EC	GK_PSFO-2023-5.1; BD_SETELIT 5_EC	EcoBond	2.9.2025 klo 6.40.15	Eurofins	☐	Saving to database - test	
▼	BL21_1	BL21_1	Kaivostäytetmassasta valettu koekappale	2.9.2025 klo 6.54.44	Eurofins	☐	Saving to database - test	

	Parameter	Value	Unit	Description	Limit	Additional Info
▼	Tiheys	1740	kg/m3	Testdata		Saving to database - test

Analysis:

Name:

Tiheyden määrittäminen standardin SFS-EN 12390-7 (2019) mukaisesti kappaleen kosteuden ollessa muotistapurkutilassa ja käyttäen kappaleen todellisia mittoja.

Description:

SFS-EN 12390-7 (2019)

Kuva 3. Näkymä näytelistasta reseptityökalussa.

2. **Tallennus tietokantaan:** Validoinnin jälkeen data siirtyy *relaatiotietokantaan* reseptikirjastoon. Järjestelmä hyödyntää määriteltyä joustavaa tietorakennetta: esimerkiksi uusi *näyte* lisätään ”Näyte”-entiteettiin ja sen mittaustulokset tallennetaan parametri- ja analyysientiteetteihin siten, että tietueet linkittyvät toisiinsa loogisesti (esim. mikä parametriarvo kuuluu mihinkin näytteeseen ja analyysiin). Tiedot tallentuvat reseptikirjastoon rakenteisesti. Konseptitasolla järjestelmää kehittäessä testattiin opiskelijatyönä myös tekoälyn mahdollisuuksia tunnistaa samamerkityksisiä parametreja (esim. SiO_2 vs. *piidioksidi*). Tekoäly ei kuitenkaan ole osa nykyisiä tuotantotoimintoja.
3. **Reseptien suunnittelu:** Käyttäjä (esim. tutkimusinsinööri) hyödyntää käyttöliittymää laatiakseen uuden reseptin järjestelmään. Tämä tarkoittaa, että hän määrittää reseptille yhden tai useita aiemmin tuotuja *näytteitä* raaka-aineiksi tietyillä suhteilla (esim. prosenttiosuudet eri rikastushiekkoille, sideaineille ja vedelle). Reseptityökalu tukee **CRUD-toiminnallisuuksia** (luonti, muokkaus, poisto): reseptejä voi lisätä, päivittää ja poistaa selainsovelluksen kautta (kuva 4). Jokaisen uuden reseptin luonnin yhteydessä järjestelmä voi tarvittaessa hyödyntää aiempia reseptejä pohjana – työkalu sallii uuden reseptin *periytymisen* olemassa olevasta reseptistä säilyttäen linkin alkuperäiseen reseptiin, mikä auttaa seuraamaan reseptien kehittymislinjoja (esimerkiksi *Resepti 1* → *Resepti 1.1*, jossa pieniä muutoksia koostumuksessa).

Reseptityökalu					
Home Import Excel Samples Recipes Management Logout					
Recipe					
Table Search		Filter by parameter		Search	Reset
Id ↑↓	Description	Added ↑↓	IdResepti	Modify	Recipe
▼ 16	SETELIT 14.11.2025 1.0	2025-11-13 22:00		Add Samples Add Attributes	Edit Delete Next
17	SETELIT 14.11.2025 1.1	2025-11-13 22:00	16	Add Samples Add Attributes	Edit Delete Next
<< < 1 > >>					
+ Add Recipe					

Kuva 4. Reseptityökalun toiminnot reseptit- näkymässä.

4. **Tietojen hyödyntäminen ja vienti:** Kun resepti ja siihen liittyvät tulokset ovat tietokannassa, käyttäjä voi tarkastella ja vertailla tuloksia sovelluksessa. Reseptityökalusta voidaan viedä lopputuotteisiin liittyvät yhdistetyt analyysitulokset CSV-tiedostona jatkoanalyysijä varten. Näin data on hyödynnettävissä mm. ulkoisissa tilasto- tai koneoppimistyökaluissa syvempien johtopäätösten saamiseksi.

Integraatioperiaatteet muihin järjestelmiin: Koska työkalu on kehitetty osana laajempaa hankekokonaisuutta, se on suunniteltu yhteensopivaksi hankkeen muiden järjestelmien ja työnkulkujen kanssa. Ensivaiheessa integraatio toteutuu datan tuonti- ja vientitoimintojen kautta: järjestelmään voidaan lukea ulkoisten laboratorioiden tuottamia raportteja ennalta määrättyssä muodossa (Excel), ja vastaavasti ulos saadaan standardimuotoista dataa (CSV) jatkokäsittelyyn.

Jatkokehitysvaiheissa on hahmoteltu myös suurempia integraatioita, kuten *rajapintapalvelu (API)*, jonka kautta muiden järjestelmien olisi mahdollista hakea tuloksia suoraan reseptikirjastosta tai viedä uusia tietoja siihen automaattisesti. Näin reseptityökalu voisi toimia taustapalveluna muillekin sovelluksille, esimerkiksi jos kaivoksella on oma tuotannonohjausjärjestelmä, se voisi hakea sieltä parhaiden reseptien tiedot.

Valvonta, lokitus ja validointi: Järjestelmässä on huomioitu tietoturva ja toiminnan luotettavuus myös arkkitehtuuritasolla. Kaikki kriittiset tapahtumat – kuten käyttäjän kirjautumiset, datan tuonti, reseptin luonti tai muokkaus – kirjataan lokiin auditointia varten. Tietokantaan on rakennettu mekanismi turvalliseen poistamiseen: kun tietoja poistetaan käyttöliittymästä, ne merkitään *poistetuiksi* sen sijaan että ne hävitettäisiin lopullisesti. Tämä mahdollistaa jälkikäteisen seurannan (audit trail) ja virhetilanteissa tietojen palauttamisen.

Validointiperiaatteita on toteutettu erityisesti tuontiprosessissa – jokainen sisään tuleva tieto tarkistetaan formaatin ja arvojen osalta. Lisäksi järjestelmä noudattaa määritettyjä sääntöjä: esimerkiksi järjestelmä estää mahdottomat tilanteet, kuten edellä mainitun saman tuotenäytteen liittämisen useaan reseptiin tai kahden samannimisen parametrin luomisen samaan kontekstiin, mikä voisi vääristää dataa. Mahdolliset virheet tai ristiriidat (esim. puuttuva mittayksikkö tms.) raportoidaan käyttäjälle ja jätetään tallentamatta ennen korjausta. Tietojen tallennuksessa käytetään transaktioita, jolloin tietoja vietäessä varmistutaan, että kaikki tiedot ovat oikein. Jos data on virheellistä tai vajanaista, tietokantaan ei tallenneta mitään ja käyttäjälle ilmoitetaan, mikä muutoksia tulee tehdä.

3. Toiminnallisuudet ja käyttäjäprosessi

Reseptityökalun keskeiset toiminnallisuudet voidaan jäsentää käyttäjän näkökulmasta seuraavasti:

- **Datan tuonti ja yhdistäminen:** Työkalu tarjoaa helpon tavan viedä laboratoriomittauksia tietokantaan. Käyttäjä lataa esimerkiksi analyysitulokset sisältävän Excel-tiedoston järjestelmään, minkä jälkeen työkalu automaattisesti tunnistaa uudet *näytteet* ja liittää niiden mittaustulokset tietokantaan määriteltyyn rakenteeseen. Konseptitasolla reseptityökalussa testattiin myös parametrien yhdistämistä tekoälyn avulla. Tällöin mahdolliset eri lähteistä tulevat päällekkäiset tiedot osataan yhdistää automaattisesti: esimerkiksi jos kaksi organisaatiota käyttää eri termejä samalle ainekselle, työkalu osaa tekoälyn tuella ehdottaa niiden yhdistämistä samaan parametriin. Näin vähennetään manuaalista esikäsittelyä ja varmistetaan, että kaikki data on hyödynnettävissä yhtenä kokonaisuutena.
- **Reseptien muodostus ja hallinta:** Käyttäjät voivat luoda uusia reseptejä käyttöliittymän kautta “reseptikirjastoon”. Uuden reseptin luonti tapahtuu valitsemalla halutut raaka-ainenäytteet järjestelmään tallennettujen joukosta ja määrittämällä niiden osuudet reseptissä (esim. prosenttijakauma eri rikastushiekoista, sideaineista, vedestä jne.).

Työkalu huolehtii taustalla linkityksistä: käyttäjän ei tarvitse huolehtia tietokantatasolla, miten *resepti*, *näyte*, *analyysi* ja *parametri* liittyvät, vaan sovellus kerää tarvittavat tiedot lomakkeilta. Reseptien hallinta kattaa myös muokkauksen (esim. reseptin ainesosien osuuksien päivittäminen) ja poistamisen. Poistot toteutetaan turvallisesti: jos käyttäjä poistaa reseptin, se merkitään poistetuksi taustalla mutta voidaan edelleen tarvittaessa palauttaa. Tähän tarvitaan hallintarooli.

Työkalulla on valmius tehdä uudelleenkäytettäviä reseptejä: käyttäjä voi nopeasti kopioida olemassa olevan reseptin uudeksi ja muokata sitä (esim. luoda variantin 1.1 alkuperäisestä reseptistä 1 muuttamalla hieman ainesosien suhteita). Työkalu pitää kirjaa näiden reseptien välisistä “periytymissuhteista”, mikä helpottaa kokeellisten tulosten tulkintaa – nähdään, mistä alkuperäisestä reseptistä jokin variaatio on johdettu.

- **Reseptien hyödyntäminen (haku, vertailu, vienti):** Koska kohdeyleisönä ovat asiantuntijat, työkalu tarjoaa tehokkaita tapoja hakea ja vertailla reseptejä ja tuloksia. Käytössä on hakutoimintoja, joilla käyttäjä löytää esim. kaikki reseptit, joissa on käytetty tiettyä rikastushiekkaa (nämä haut hyödyntävät taustalla tietokannan kyselyitä parametrien ja analyysien perusteella). Reseptien ja niiden tuottamien lopputulosten vertailu onnistuu, kun tulokset on normalisoitu yhteismitalliseen muotoon. Työkalusta voi viedä valitun reseptin kaikki tulokset CSV-tiedostoon jatkokäsittelyä varten. Tämä on hyödyllistä esimerkiksi data-analyytikolle, joka haluaa hyödyntää tuloksia laajempaa tilastollista analyysiä varten.
- **Ratkaistu ongelma käytännössä:** Reseptityökalulla pyrittiin ratkaisemaan **tutkimusprosessin pullonkaula** – yhteisen alustan puute. Aiemmin jokainen tutkimusryhmä piti erillistä Excel-pohjaista “reseptikirjaa”, mikä johti päällekkäiseen työhön ja vaikeuksiin yhdistää tietoa. Nyt kaikki data on samassa tietokannassa ja samassa formaatissa, mikä vapauttaa asiantuntijat manuaalisesta tiedon yhdistelystä. He voivat luottaa siihen, että luvut ja mittayksiköt ovat johdonmukaisia, ja keskittyä datan analysointiin *sisällön* kannalta. Työkalu ratkaisee myös standardoinnin puutteen: koska alalla ei ole vakiintunutta tapaa esittää lähtöainetietoja, järjestelmä toimii de facto -standardina organisaatioiden välillä tuoden yhteismitallisuutta eri lähteistä tulevalle datalle.
- **Tyypilliset käyttöskenaariot:** Työkalua hyödynnetään esimerkiksi seuraavissa tilanteissa:
 - *Kaivosyhtiön tutkimuslaboratorio:* Tutkija syöttää uudet prosessointikokeen tulokset (esim. paljonko sementtiä ja tuhkaa tarvittiin tietyn sivukivierän stabilointiin ja mikä oli lopputuotteen lujuus). Hän luo työkalussa uuden reseptin näillä tiedoilla. Myöhemmin toinen asiantuntija voi hakea kaikki vastaavat reseptit ja vertailla tuloksia, mikä nopeuttaa parhaiden reseptien löytämistä seuraavaa tuotantovaihetta varten.
 - *Yhteishanke usean toimijan kesken:* Eri organisaatioiden asiantuntijat keräävät tietoja samaan reseptikirjastoon. Koska jokaisella on pääsy samoihin rakenteellisesti yhdenmukaisiin tietoihin, voidaan **tiedolla johtaa** kattavammin – esim. tunnistaa trendi, jossa tietyn mineraalipitoisuuden ylittävä rikastushiekka tuottaa poikkeuksellisen hyviä lopputuotteita, riippumatta siitä kuka kokeen alun perin teki.

- *Jatkoanalyysit ja tekoäly:* Kun reseptidataa on kertynyt tarpeeksi, asiantuntijat voivat hyödyntää sitä koneoppimisessa. Työkalusta napataan esimerkiksi kaikki reseptit ja niiden lujoudestitulokset CSV:ksi, ja syötetään ne SOM-algoritmilta (itseorganisoituva kartta) tai muulle tekoälylle. Tämä voi paljastaa monimutkaisia syy-seuraussuhteita eri lähtöaineiden yhdistelmien ja lopputuotteen ominaisuuksien välillä – juuri kuten hankkeen alkuperäisissä tavoitteissa kaavailtiin.

4. Tietoturva ja tietojen anonymisointi

Tietoturva on ollut alusta asti tärkeä suunnitteluperiaate, koska reseptityökalussa käsitellään potentiaalisesti luottamuksellista tutkimus- ja tuotekehitystietoa. Keskeiset tietoturvaratkaisut ja -periaatteet ovat:

- **Käyttäjien hallinta ja käyttöoikeudet:** Järjestelmään rakennettiin oma käyttäjärekisteri ja roolipohjainen käyttöoikeusmalli. Jokaisella käyttäjällä on tunnukset (sähköposti/käyttäjänimi ja salasana) ja oletuksena esimerkiksi ”peruskäyttäjä”-rooli, joka oikeuttaa tavallisten reseptien ja datan katseluun sekä muokkaukseen omalla vastuualueella. Tarvittaessa on määriteltävissä myös ylläpitäjärooleja, joilla voi hallinnoida esimerkiksi muiden käyttäjien oikeuksia tai suorittaa tietokannan ylläpitotehtäviä. Salasanat tallennetaan tietokantaan salattuina, ja kirjautumistoiminnot on suojattu mm. kertakäyttöisillä vahvistuskoodeilla käyttäjätiliä luodessa tai salasanan palautuksessa. Kaikki käyttöliittymän ja palvelimen välinen liikenne on salattu (HTTPS), jotta tutkimustiedot eivät vaarannu siirrossa.
- **Pääsynhallinta (konseptitasolla):** Työkalu noudattaa vähimmän oikeuden periaatetta: käyttäjä näkee ja voi muokata vain niitä tietoja, joihin hänelle on annettu oikeus. Ulkopuolisilla ei ole pääsyä järjestelmään, ellei heille erikseen luoda tunnusta ja anneta katseluoikeuksia. Kaikki epäonnistuneet kirjautumisyritykset ja muut epäilyttävät toimet kirjataan lokiin myöhempää tarkastelua varten.
- **Tietojen minimointi ja anonymisointi:** Järjestelmään tallennetaan vain tehtävän kannalta oleellisia henkilötietoja. Käyttäjärekisteriin ei kerätä ylimääräisiä henkilötietoja nimen, organisaation ja sähköpostin lisäksi, ja tutkimusdataan liittyvät tiedot pyritään pitämään teknisinä (esim. näytteen yhteydessä voidaan

tallentaa sen lähdeorganisaatio nimi analyysien kontekstin vuoksi, mutta ei esimerkiksi yksittäisten näytteiden kerääjien nimiä).

- **Auditointi ja vaatimustenmukaisuus:** Kuten edellä on kuvattu lokitusratkaisusta, järjestelmässä on vahva audit trail – jokainen muutos (kuten reseptin muokkaus tai tietojen poisto) on jäljitettävissä käyttäjään ja aikaleimaan. Tämä tukee sekä sisäistä laadunvalvontaa että mahdollista viranomaisvalvontaa. Jos esimerkiksi projekti edellyttää raportointia siitä, kuka on syöttänyt mitkäkin tiedot ja milloin, järjestelmästä voidaan koostaa tarvittavat lokiraportit. Reseptityökalu on toteutettu noudattaen hyviä tietojenkäsittelytapoja – mm. EU:n GDPR-tietosuoja-asetuksen periaatteita on kunnioitettu: käyttäjillä on oikeus pyytää omia tietojaan ja niiden poistamista. Tällä hetkellä poistot toteutetaan ylläpitäjän kautta, ja järjestelmä tukee tätä (tiedot voidaan poistaa aktiivisesta käytöstä vaarantamatta tietokannan eheyttä).

5. Hyödyt ja vaikutukset

Reseptityökalun käyttöönotolla saavutetaan merkittäviä hyötyjä kaivosalan tutkimus- ja tuotekehitysprosesseissa:

- **Tehostuneet prosessit:** Manuaalisen työn määrä vähenee huomattavasti. Tiedot syötetään kerran yhteiseen järjestelmään, jossa ne ovat heti kaikkien tarpeellisten osapuolten saatavilla. Tämä nopeuttaa *tutkimussykliä*: uusia kokeita voidaan suunnitella ja aloittaa nopeammin, kun aikaisempien kokeiden data on välittömästi käytössä analysoitavassa muodossa.
- **Parantuneet kyvykkyydet:** Datan hyödynnettävyys paranee merkittävästi. Koska reseptit ja niiden tulokset ovat tallessa rakenteisesti, voidaan kehittää monipuolisempia kyselyjä ja raportteja – esim. yhteenvetoja useiden reseptien tuloksista samassa näkymässä. Työkalun myötä on ensi kertaa mahdollista vertailla suoraan erilaisten lopputuotteiden analyysituloksia keskenään, kun ne on tuotu samoihin kehyksiin. Myös AI- ja data-analytiikkakyvykkyydet parantuvat: data ei ole hajallaan, joten koneoppimismallien kouluttaminen tai tilastollisten analyysien teko käy vaivattomammin.
- **Uudet mahdollisuudet integraatioiden myötä:** Kun reseptikirjasto on olemassa, sitä voidaan pitää pohjana muillekin sovelluksille. Integraatioita kehittämällä (kuten edellä mainittu potentiaalinen rajapinta) kaivosalan yritykset voisivat liittää reseptidatan osaksi laajempaa digitalisaatioympäristöään. Esimerkiksi

kaivoksen tuotantojärjestelmä voisi hakea automaattisesti viimeisimmän parhaan reseptin tiedot suoraan reseptikirjastosta ja säätää prosessinohjausta sen mukaisesti. Lisäksi hankkeen aikana havaittiin tarve lähtöaineistojen analytiikkatietojen standardoinnille; reseptityökalu luo pohjan tällaiselle standardoinnille ja tarjoaa mallin, jonka päälle voidaan rakentaa laajempia tietojärjestelmäkokonaisuuksia. Myös uusia vientiformaatteja (esim. suora Excel-tai PDF-raportti) ja analyysien tuontityökaluja voidaan lisätä helpommin, kun perusrakenne on valmiina.

- **Vaikutukset tiedolla johtamiseen:** Kaivosalan organisaatioissa päätöksiä joudutaan tekemään yhä enemmän dataan nojaten – olipa kyse ympäristöasioista, kannattavuudesta tai turvallisuudesta. Reseptityökalu edesauttaa **tiedolla johtamista** tarjoamalla ajantasaisen, luotettavan ja kattavan näkymän tutkimus- ja kehitysdataan. Johtopäätökset, jotka aiemmin perustuivat hajanaisiin raportteihin, voidaan nyt tehdä varmemmin perustein, kun kaikki relevantit tulokset ovat yhdessä analysoitavassa tietokannassa. Tämä lisää päätöksenteon läpinäkyvyyttä: johto voi halutessaan porautua yksityiskohtiin asti – esim. tarkastella, mitkä syötemateriaalien ominaisuudet vaikuttivat eniten lopputuotteen laatuun – sen sijaan että luotettaisiin vain yhteenverta raportteihin. Pidemmällä aikavälillä työkalun tuottama **tietopääoma** voi ohjata strategisia linjauksia: esimerkiksi päätös investoida tietyn sivuvirtamateriaalin hyödyntämiseen voi nojata satojen reseptien analyysihistoriaan, jonka työkalu on mahdollistanut.

6. Yhteenveto

Yhteenvetona, **reseptityökalu** tarjoaa kaivosalan ja tietojärjestelmien asiantuntijoille modernin, teknisesti vankan ratkaisun tutkimusdataan hallintaan. Se yhdistää joustavan relaatiotietokannan ja selainpohjaisen käyttöliittymän. Työkalun ansiosta arvokkaat tutkimusreseptit ja analyysitulokset eivät ole hajautetusti Excel-tiedostoissa, vaan ne muuttuvat *organisoiduksi tiedoksi*, jota voidaan tehokkaasti hyödyntää uuden tiedon luomisessa ja päätöksenteossa kaivannaisteollisuuden kestäväen kehityksen edistämiseksi.

Raportin luonnostelussa ja kieliasun tarkistuksessa on hyödynnetty tekoälyä (Microsoft Copilot, work versio) Savonian ohjeistuksen mukaisesti. Raportin kuvat (paitsi kuvat 3 ja 4) on tuotettu tekoälyllä (Copilot). Valmis raportti tarkistettiin ja varmistettiin käyttäjien toimesta.