

Laivakankaan kulta-aihe MINERAALIVARANTOARVION TARKISTUS

Oheinen kuvaus on tarkoitettu valaisemaan erilaisten menetelmien avulla saatavaa erilaista tietoa kultaesiintymästä – ja tuon tiedon arviointia. Lopputulos ei olennaisesti poikkea aikaisemmasta raportistani mutta tuo siihen lisävalaistusta ja ehkä samalla viittaa mahdollisuuksiin. Näyttää selvältä, että sekä analyysyjä lisäämällä, reikiä syventämällä ja uusia reikiä kairaamalla voidaan Laivakankaan esiintymää suurentaa ja parantaa. Yllätyksiä voi tietenkin tulla kumpaankin suuntaan.

1. TILASTOLLINEN HAARUKOINTI

Kairansydännäytteiden peitto (koko tila): $60\,000 \times 60 \text{ m}^3 = 3\,600\,000 \text{ m}^3$
 Kiven keskitiheys 2.76 kg/l
 Kokonaisuudessa 9 936 t t

Analysoituja näytteitä

cutoff	kaikki näytteet		yhdistelmänäytteet (3m paloiksi)	
	0.0	1.0	0.0	1.0
näytteitä	1254	329	749	201
Keskipitoisuus	1.8	6.1	1.0	3.0 (grouped data)
Mediaani	2.0	2.9	0.6	2.0 "
Geom.keskiarvo	--	3.4	--	2.3 "

Näytteenotto ei ole kattava. Aukkopaikkojen Au-pitoisuudet ovat todennäköisesti alhaiset. Jatkuvasti lasketut 3 m:n yhdistelmänäytteet antavat realistisimman kuvan kiven keskipitoisuuksista pienimmän ajateltavan louhintadimension puitteissa (3 m). Ryhmittely pitoisuusluokkiin ennen parametrien laskemista (grouped data) pienentää tilastollista klusteroitumisen vaikutusta eli analyysitulosten kasautumisen vaikutusta. Samalla se antaa viitteen siitä millaisiin tuloksiin voidaan päästä jos pienimpien pitoisuuksien vaikutus osittain eliminoidaan. Se lisää CUTOFF-pitoisuuden vaikutusta. Haarukoinnin perusteella kokonaisuudessa 60 m:n syvyyteen olisi luokkaa

10 Mt

ja keskipitoisuus olisi luokkaa **1 ppm Au.**

Jos malmi kyetään louhimaan selektiivisesti (cutoff 1 ppm Au), saatetaan päästä pitoisuuksiin luokkaa

2 - 3 ppm Au, jolloin vastaavasti

tonnit putoaisivat neljäsosaan **2.5 Mt.** (Vrt. näytemäärät).

Tilastollinen haarukointi antaa alustavan käsityksen esiintymän potentiaalista.

2. POLYGONIARVIO (Kuva 1) Kairausleikkauksittain

Hakuympyrän säde 10 m. Yhdistelmänäytteet. Ei CUTOFFia.

PLANE	VOLUME M**3	DENSITY T per M**3	TONNAGE T	AU Grade	AU Product
28100E	42.123	2.760	116.260	2.30	267963.6
28150E	107.087	2.760	295.561	0.65	193217.1
28175E	71.532	2.760	197.428	1.66	327202.7
28200E	241.435	2.760	666.360	1.33	887351.4
28225E	147.621	2.760	407.433	0.89	360737.6
28250E	285.807	2.760	788.826	1.11	874688.5
28275E	138.806	2.760	383.104	1.12	427529.8
28300E	179.778	2.760	496.188	0.44	217847.5
28350E	183.116	2.760	505.400	0.37	187222.6

Total	1397.305	2.760	3856.561	0.97	3743760.8

Kuten edellä mutta CUTOFF 1 ppm Au:

PLANE	VOLUME M**3	DENSITY T per M**3	TONNAGE T	AU Grade	AU Product
28050E	24.602	2.760	67.902	1.67	113504.2
28100E	15.887	2.760	43.847	5.84	255945.6
28150E	14.307	2.760	39.488	3.00	118300.5
28175E	31.210	2.760	86.139	3.19	274605.4
28200E	84.621	2.760	233.554	3.19	745088.5
28225E	36.829	2.760	101.648	2.55	258917.3
28250E	89.008	2.760	245.662	2.73	670572.0
28275E	26.416	2.760	72.907	4.42	322365.1
28300E	20.351	2.760	56.169	2.14	120130.7
28350E	15.672	2.760	43.254	1.91	82767.3

Total	358.902	2.760	990.570	2.99	2962196.4

Kuten edellä mutta CUTOFF 2 ppm Au:

PLANE	VOLUME M**3	DENSITY T per M**3	TONNAGE T	AU Grade	AU Product
28100E	7.613	2.760	21.012	10.38	218039.0
28150E	6.665	2.760	18.396	4.45	81912.4
28175E	12.460	2.760	34.390	5.70	196080.5
28200E	51.760	2.760	142.858	4.29	613438.4
28225E	18.100	2.760	49.955	3.86	192616.9
28250E	47.430	2.760	130.908	3.88	507648.6
28275E	10.410	2.760	28.732	9.07	260643.5
28300E	11.445	2.760	31.587	2.75	86774.3
28350E	5.899	2.760	16.281	2.94	47902.0

Total	171.782	2.760	474.118	4.65	2205055.5

Polygoniarviossa jokaiselle näytteelle on annettu isotrooppinen vaikutusmatka tasolla ympäristöönsä säteellä 10 m, kuitenkin niin että ympyrät rajautuvat toisiinsa. Ympyröille on laskettu syvyydet aina seuraavan leikkauksen puoliväliin. Ne muodostavat siis sylinterien ja viipaloitujen sylinterien muotoisia kappaleita. Kokonaistilavuus riippuu luonnollisesti säteen pituudesta. Tutkimuksen tässä vaiheessa säteen pituus (10 m) oli otettava hatusta. **Polygoniarvio tarkoittaa tilastollista haarukointia.** Sen mukaan esiintymästä olisi saatavissa **1000 tt materiaalia 3 ppm:n** kulta-pitoisuudella tai **470 tt 4.6 ppm:n** pitoisuudella.

Polygoniarviota voidaan tarkentaa myös tekemällä se eri suuntaisille tasoille, esim. vaakatasoille. Tässä tapauksessa polygoniarvio vaakatasoittain tuotti lukemat:

Ilman CUTOFFIA: **2545 tt, 0.98 ppm Au,**
CUTOFF 1 ppm Au: **614 tt 3.07 ppm Au ja**
CUTOFF 2 ppm Au: **300 tt 4.8 ppm Au.**

3. BLOKKIMALLINNUS (Kuva 2)

Jos arvoaineet ovat tasaisesti tai sitten kuvaamattoman kompleksisesti jakautuneet tilassa, käytetään isotrooppista blokkimallia. Jos on selkeä anisotropia havaittavissa, se otetaan huomioon käyttämällä blokkimallissa hakuellipsoidia, jonka akselisuunnat ja -pituudet kuvaavat anisotropiaa. Blokkikoko valitaan havaintotiheyden ja esiintymän rakenteen perusteella tarkoituksenmukaiseksi. Blokkimallin laajuutta eli kattavuutta rajoittaa tietokoneen nopeus.

Laivakankaalla kulta on anisotrooppisesti jakautunut. Se liittyy todennäköisesti lähes pystyihin fraktuureihin ja kvartsijuoniin, jotka ovat periaatteessa tasomaisia. Niillä on siten kaksi etevää suuntaa tai pitkää akselia (horisontaali ja lähes vertikaali) sekä näitä vastaan kohtisuora juonien paksuutta kuvaava lyhyt akseli. Tarkemmin nämä suunnat on arvioitu variogrammianalyysillä, jonka tuloksia on sopeutettu kairaus- ja näytetiheyteen.

Hakuellipsoidin pituuksiksi (ja akselisuunniksi) on silloin saatu: X 25 m (060/00), Y 20 m (150/75), Z 2 m (330/15). Blokkikooksi valittiin $3 \times 3 \times 3 \text{ m}^3$ ja koko mallin kooksi: 100 riviä (E-W), 90 saraketta (N-S) ja 20 tasoa eli malli muodostaa $300 \times 270 \times 60 \text{ m}^3$:n kappaleen. 3D-interpolointimenetelmäksi valittiin ID2 (inverse distance toiseen).

Blokkiluokat: blokkeja		massa	Keskipitoisuus
Au ppm	kpl	tt	Au ppm
0 - 0.1	140610	10478	0.001
0.1 - 0.5	13119	978	0.27
0.5 - 1.0	8009	597	0.7
1.0 - 1.5	3690	275	1.2
1.5 - 2.0	2442	182	1.7
2.0 - 3.0	2637	197	2.45
3.0 - max	5442	406	7.0
Yhteensä	180000	13414	0.35

Blokkimallinnuksessa voidaan ottaa huomioon rakenneparametreja ja blokit voidaan myös luokitella kivityyppien mukaisesti ja laskennat rajata vastaavasti litologiaa kuvastaviksi. Tässä on käytetty vain rakenneparametreja.

Blokkimallinnus tuo esille mahdollisuuden valita parhaat osat louhittaviksi, jolloin päästään mahdollisesti taloudellisiin kultapitoisuuksiin. Neljä parasta luokkaa (CUTOFF 1) tekisivät yhteensä **1060 tt pitoisuudella 3.7 ppm Au** ja kaksi parasta (CUTOFF 2 ppm Au) **600 tt pitoisuudella 5.5 ppm Au**.

4. LEIKKAUSMENETELMÄ JA SOLIDIT (Kuva 3)

4.1 Lineaarimenetelmä

Lineaarimenetelmä on perinteellisin malmiarvioinnin mallinnustapa. Siinä yhdistetään geologinen näkemys tilastolliseen todennäköisyyteen menemättä kovin syvälle kumpaankaan suuntaan. Geologiaa edustaa esiintymän rajausta esim. CUTOFFia ja geologisia rakenteita seuraten pysty- ja vaakaprofiileille. Tilastollisuutta saadaan mukaan kun profiileihin rajattuja polygoneja paksunnetaan eli annetaan ulottuvuuksia profiilista pois päin, tavallisimmin kohtisuoraan profiilia vasten ja puoliväliin seuraavaa leikkausta. Tietokoneitse 3D-mallinnuksessa tämä tapahtuu helposti muuntamalla leikkauskuviot solideiksi eli kappaleiksi, joille sitten ohjelma-automaattisesti hakee kairanrei'istä pitoisuudet suorittaen samalla solidien sisäisen interpoloinnin.

Lineaarimenetelmällä kulta-aiheellemme saatiin arvio:

CUTOFF 1 ppm Au: **480 tt, 2.78 ppm Au.**

CUTOFF 2 ppm Au: **354 tt, 3.24 ppm Au.**

4.2 Standardimenetelmä

Ero lineaarimenetelmään selviää parhaiten oheisista kuvista. Standardimenetelmä edellyttää lisääntyvää panostusta esiintymän geologian suuntaan. Erehtymismahdollisuudet kasvavat mutta toisaalta onnistunut mallinnus antaa enemmän eväitä sekä jatkotutkimuksille että louhittavussarvioille. Standardimenetelmässä yhdistellään geologiset rajaukset leikkauksesta toiseen ja näistä yhdistelmistä luodan solidit. Tällä tavoin arvioituna saatiin:

CUTOFF 1 ppm Au: **508 tt, 3.41 ppm Au.**

CUTOFF 2 ppm Au: **390 tt, 3.96 ppm Au.**

5. YHTEENVETO

Kaikki yllä kuvatut menetelmät ovat käyttökelpoisia ja hyväksyttäviä. Niiden rajoitukset pitää tiedostaa ja tuoda johtopäätöksissä esille. Menetelmän valinta riippuu paitsi välineistä myös kohteen tutkimusasteesta. Arviointia edeltää aina mallinnus, joko tietoinen tai tiedostamaton. Mallinnukseen liittyy olennaisesti mallin sisältämien epätarkkuuksien ja virhemahdollisuuksien arviointi. Mitä enemmän geologista tietoa ja tulkintaa malliin sisältyy, sitä luotettavampia ja tarkempia ovat varantoarviot. Mutta jos geologinen mallinnus on virheellinen, saattaa tuo tarkkuus ja luotettavuus olla pelkkä kupla joka hajoaa aikanaan. Usean menetelmän käytöllä voidaan jonkin verran estää täydellisiä mokia. Nyt kyseessä olevan esiintymän geologiaa ei ole kunnolla selvitetty: emme tiedä kunnan mahdollista kivilajisidonnaisuutta – alkuoletukset ovat rajanneet näytteenottoa (kairauksia) ja analysointia aivan tiettyihin kivityyppeihin. Kunnan kytkeytyminen näkyvään fraktuurisysteemiin ja juonistoon on toistaiseksi hypoteesi. Kunnan mineralogiaa ei ole selvitetty - ja niin edelleen.

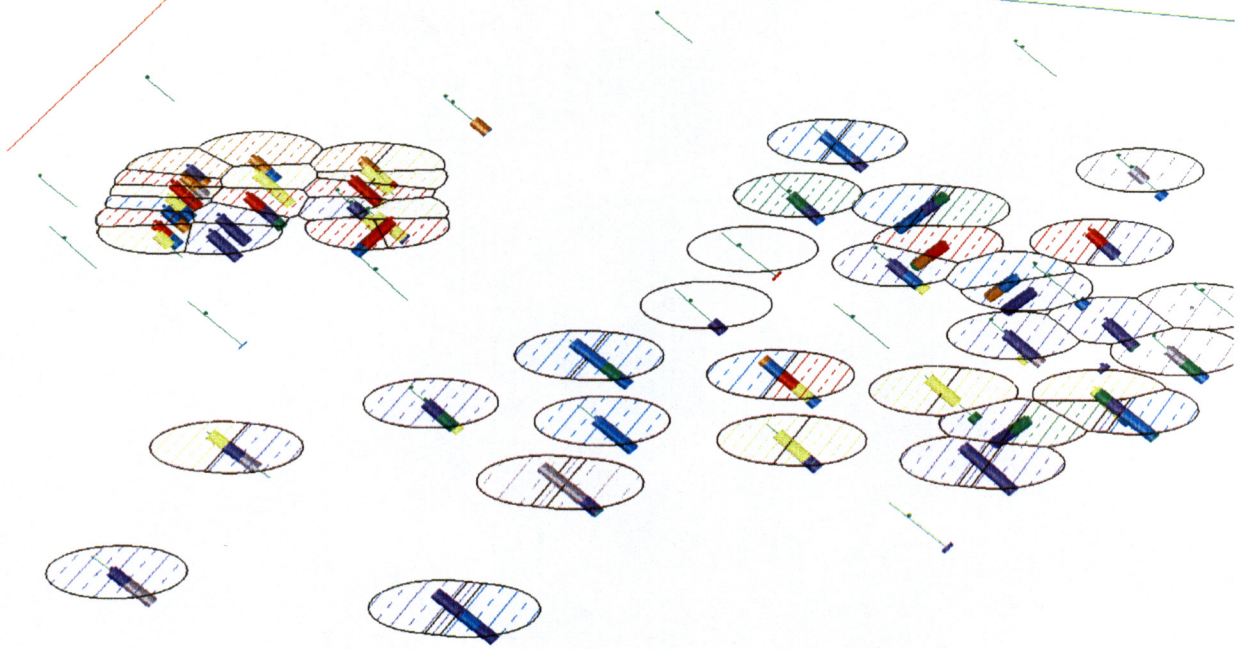
Tämän tarkastelun perusteella ei vielä voida määritellä kohteemme taloudellista arvoa. Esiintymä voidaan osoittaa potentiaalisesti tietyissä rajoissa ja voidaan osoittaa myös missä ovat tutkimuksen puutteet ja aukot, mitä pitää tehdä esiintymän taloudellisuuden varmemmaksi ja uskottavammaksi selvittämiseksi. Tämä tarkastelu antaa siis avaimet jatkotutkimusten laajuuden, porrastamisen ja kustannusten arviointiin. Sen enempää mineraalivarantoarviolta ei voida odottaakaan!

Alla olevaan taulukkoon on sijoitettu johtopäätös: leikkausmenetelmä tuottaa eräänlaisen minimiarvion todennäköiselle mineraalivarannolle. Muut menetelmät ovat sidoksissa vaikutusmatkojen tilastolliseen (ei paikalliseen tai geologiseen) arviointiin ja esim. blokkikokoon, jolloin interpolointi voi johtaa liioitteluun. Tämä liioittelu voi kuitenkin olla oikeansuuntaista – tulokset kuvaavat mahdollisuuksia, jotka pitää tarkistaa.

KULTA-AIHE

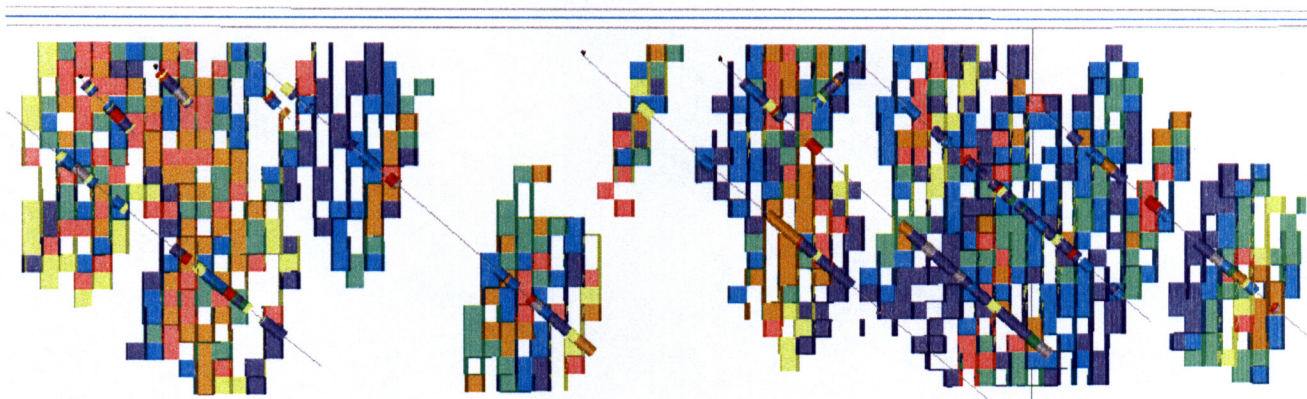
Mineraalivarantoarviot eri menetelmin

		cutoff ppm Au	tonnage tt	grade ppm Au	Au kg
Tilastollinen haarukointi	alkup.näytteet	-	10000	1	10000
	yhdistelmät (3 m)	-	2500	2 - 3	6250
Polygoniarvio kairausleikkauksittain		-	3900	1	3900
		1	990	3	2970
		2	470	4.65	2185.5
Polygoniarvio vaakaleikkauksittain		-	2500	1	2500
		1	600	3.1	1860
		2	300	4.8	1440
Blokkiarvio		-	13313	0.35	4659.55
		1	1060	3.7	3922
		2	600	5.5	3300
Leikkausmenetelmä lineraarinen		1	480	2.78	1334.4
		2	354	3.23	1143.42
	standardi	1	508	3.41	1732.28
		2	390	3.96	1544.4
Yhteenveto					
Kulta-aiheen todennäköinen mineraalivaranto:		1	500	2.8	1400
		2	360	3.3	1188
Kulta-aiheen mahdollinen mineraalivaranto		1	500	3	1500
		2	200	5	1000



Kuva 1.

Mineraalivarantoarvio polygonimenetelmällä, kuva vinosti ylhäältä: ympyränmuotoisin polygonein, säde 10 m, on rajattu kultapitoisten näytteiden vaikutusalueet eräällä vaakatasolla. Polygonit voidaan laajentaa sylintereiksi kohtisuoraan tasoa vasten ja antaa sylintereille korkeus (ylös) ja syvyys (alas), jolloin saadaan pitoisuuden vaikutustilavuus.



Kuva2.

Mineraalivarantoarvio blokkimenetelmällä, pystyleikkaus: 3D-interpolointia käyttäen (inverse distance 2) on laskettu pitoisuudet blokkimalliin ($3 \times 3 \times 3 \text{ m}^3$) ja blokit on väritetty pitoisuusluokittain. Tyhjät alueet kuvastavat analysoinnin aukkoja.

