



Sakatin kaivoshanke

Vesienhallinnan mitoitustilanteiden tarkastelu

Asiakas: AA Sakatti Mining Oy

Projektinnumero: 101013797-001

Dokumenttinumero: 101013797-E0001



Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljittää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101013797-001.

Kannen kuva: © AFRY

Päivämäärä 21.2.2022

Versio 1.0

AA Sakatti Mining Oy

Sakatin kaivoshanke

Vesienhallinnan mitoitustilanteiden tarkastelu



Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	3
2	Määrittelyjä	3
3	Aineisto	4
4	Rankkasateet ja sateiset jaksot.....	4
4.1	Rankkasade	4
4.2	Sateiset jaksot	6
4.3	Vertailu Ilmatieteen laitoksen valmiiksi tilastoituun aineistoon	6
5	Kevään ylivalumakaudet	8
6	Yhteenveto.....	9
7	Lähteet	9

Liitteet

Liite 1 Aineistotaulukot

Raportointihistoria

Versio	Kuvaus	Päivämäärä
1.0	Alkuperäinen raportti	21.2.2022

1 JOHDANTO

Tässä dokumentissa kuvataan Sodankylässä sijaitsevalle Sakatin kaivoshankkeelle laadittu vesienhallintajärjestelmien mitoitustilanteiden tarkastelu menetelmineen ja tuloksineen. Lähtökohtaisena oletuksena on, että toiminnalle haettavassa ympäristöluvassa tullaan edellyttämään kaivoksen vesienhallintajärjestelmien mitoituspäätöksi kerran 100 vuodessa sattuvaa rankkasadetta, sateista jaksoa tai kevään ylivalumakautta. Edellä mainitun mitoituspäätöksen lisäksi toiminnanharjoittajalla, AA Sakatti Mining Oy:llä, on omia sisäisiä mitoitustasstandardeja ja -ohjeita, jotka huomioidaan vesienhallintajärjestelmien lopullisessa mitoituksessa.

Kaivoksen vesienhallintajärjestelmällä tarkoitetaan kaivoksen vesienhallintaan liittyviä altaita, pumppaamoja, putkilinjoja ja ojaverkostoja. Järjestelmän mitoituksella tarkoitetaan sitä, että järjestelmä mitoitetaan kokonaisuutena toimimaan valitussa ja tarkastelluissa mitoitustilanteissa. Mitoituksen apuvälineenä toimii kaivosalueelle laadittava vesitase.

Vesienhallintajärjestelmiin kuuluvilla selkeytysaltailla ei ole usein erillistä yläpuolista valuma-aluetta, joten pelkän altaan mitoitustilanteen määräytyy altaaseen tulevasta mitoitussadannasta sekä altaaseen erikseen pumpattavista vesijakeista. Yleisesti kaivannaisjätteiden ja maa-ainesten varastoalueiden valumavesien keräilyaltaiden osalta altaaseen tulevan sadannan lisäksi tulee huomioida valuma-alueelle tuleva sadanta ja siitä muodostuva valunta sekä erityisesti lumen sulaminen. Yksittäistä pumppaamoa ja siihen liittyvää putkilinjaa tarkasteltaessa mitoitustilanteen hallitseminen voi tarkoittaa sitä, että pumppauskapasiteetin lisäksi järjestelmässä on lyhytaikaista varastotilavuutta esimerkiksi pumppaamon imualtaassa tai yläpuolisessa ojaverkostossa.

2 Määrittelyjä

Ilmatieteen laitoksen määritelmien mukaan rankalla sateella tarkoitetaan, että hetkellisesti tulee paljon vettä. Tyypillisesti rankat sateet liittyvät sadekuuroihin ja varsinkin ukonilmoihin. Runsaalla sateella tarkoitetaan, että pitemmän ajan, esimerkiksi vuorokauden, kuluessa tulee yhteensä paljon vettä. Ilmatieteen laitos käyttää seuraavaa rankkasadeasteikkoa:

- 2,5 mm 5 minuutissa
- 5,5 mm 30 minuutissa
- 7,0 mm 1 tunnissa
- 10 mm 4 tunnissa
- 15 mm 12 tunnissa
- 20 mm 24 tunnissa

Vesienhallintajärjestelmien mitoitusmielessä kiinnostavia ovat vuorokauden aikana tai sitä pidempinä ajanjaksoina tapahtuvat sääilmiöt.

Sateisella jaksolla voidaan tarkoittaa sateista 3, 5, 7 tai 14 vuorokauden jaksoa. Joissakin yhteyksissä sateisella jaksolla voidaan tarkoittaa myös kahden kuivan päivän välistä jaksoa, jolloin jakson pituus voi vaihdella. Tässä tarkastelussa keskitytään tarkastelemaan 3, 5, 7 ja 14 vuorokauden jaksoja. Lisäksi kevään ylivalumakauden osalta tarkastellaan edellä mainittujen jaksojen lisäksi 30 vuorokauden jakso.

3 Aineisto

Rankkasateesta aiheutuvan mitoitussadannan sekä sateisten jaksojen aikaisen maksimisadannan määrittämisessä käytettiin Ilmatieteen laitoksen Sodankylän Tähtelän havaintoaseman vuorokausitason lämpötila- ja vuorokausisadanta-aineistoa aikaväliltä 1.1.1960 – 31.12.2020.

Kevään ylivalumakauden osalta tarkastelussa käytettiin kahta lähestymistapaa. Valunta mallinnettiin hydrologisella mallilla (Hydrus 1D) ajanjaksolle 1.1.1991 – 31.12.2020. Mallin lähtötietoina hyödynnettiin Ilmatieteen laitoksen Sodankylän Tähtelän sääaseman vuorokausisadanta- ja lämpötilatietoja. Lumen sulaminen mallinnettiin astepäivätekijämallilla. Mallista ei poistettu infiltraatiota. Lisäksi vertailuaineistoksi poimittiin Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmästä mallinnettua valunta-aineistoa valuma-alueilta 65.891 ja 65.851 (SYKE, 2021). Mallinnettu aineisto oli saatavilla vuodesta 1962 alkaen.

4 Rankkasateet ja sateiset jaksot

4.1 Rankkasade

Rankkasateesta aiheutuvan mitoitussadannan määrittämiseksi poimittiin saatavissa oleva vuorokausitason lämpötila- ja vuorokausisadanta-aineistosta ne vuorokaudet, joiden vuorokausisadanta on yli 20 mm/vrk, eli rankkasateen määrittämisen alaraja, ja lisäksi lämpötila oli yli -0,5 °C. Aineistoksi valikoitui yhteensä 97 datapistettä (Liite 1: Taulukko 1).

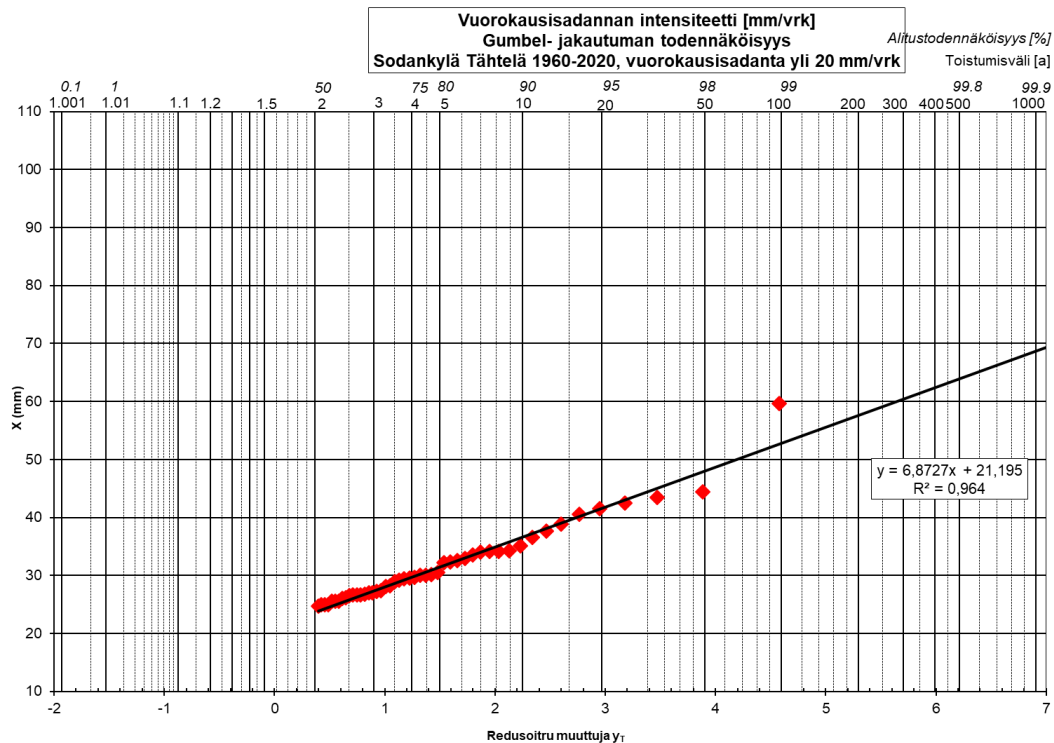
Aineistolle arvioitiin toistumisajat Gumbel-jakauman ja Weibull-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä (taulukko 4-1). Tulokseksi saatiin, että Gumbel-jakauman mukainen vuorokausisadanta, jonka alitustodennäköisyys on 99,0 % (vastaa 1/100 vuoden toistuvuutta), on 53 mm/vrk. Toisin sanoen 99 % todennäköisyydellä vuorokausisadanta on alle 53 mm/vrk. Vastaava arvo Weibull-jakauman mukaisena on 52 mm/vrk. Tulokset on esitetty 1/1000 vuoden toistuvuuteen asti, mutta analyysiä ei voida pitää erityisen luotettavana erityisen



harvinaisille tilanteille. Gumbel-jakauman mukainen sovituskäyrä on taulukoitujen tulosten lisäksi esitetty kuvassa 4-1.

Taulukko 4-1. Arvioidut rankkasadevuorokausien vuorokausisadannan toistumisvälit määritettynä Gumbel-jakauman ja Weibull-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä, Sodankylän Tähtelän havaintoaseman aineisto 1.1.1960 – 31.12.2020.

Alitustodennäköisyys (%)	Toistumisväli (vuotta)	Gumbel	Weibull
90,0 %	10	36,7	35,5
95,0 %	20	41,6	40,3
98,0 %	50	48,0	46,7
99,0 %	100	52,8	51,6
99,5 %	200	57,6	56,5
99,8 %	500	63,9	62,8
99,9 %	1000	68,7	67,4



Kuva 4-1. Gumbel-jakauman mukainen sovituskäyrä Sodankylän Tähtelän havaintoaseman yli 20 mm/vrk vuorokausisadannalle (aineiston aikaväli 1.1.1960 – 31.12.2020).

4.2 Sateiset jaksot

Sateisten jaksojen tarkastelu tehtiin laskemalla 3, 5, 7 ja 14 vuorokauden sadesummat aineistosta niiltä vuorokausilta, kun lämpötila oli yli -0,5 °C. Sadesummat järjestettiin suuruusjärjestykseen ja niistä valittiin 100 suurinta summaa (Liite 1: Taulukko 2).

Aineistolle arvioitiin toistuvuudet Gumbel-jakauman ja Weibull-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä (taulukko 4-2). Tulokseksi saatiin, että Gumbel-jakauman mukainen 3 vuorokauden maksimisadanta, jonka alitustodennäköisyys on 99,0 % (vastaa 1/100 vuoden toistuvuutta), on 76 mm. Vastaava arvo 5 vuorokauden sadannalle olisi 91 mm, 7 vuorokauden sadannalle 103 mm. Tulokset on esitetty 1/1000 toistuvuuteen asti, mutta analyysiä ei voida pitää erityisen luotettavana erityisen harvinaisille tilanteille. Pidemmän aikavälin, tässä tapauksessa 14 vuorokauden, sateiden jakson tarkastelussa huomattiin, että havainnot eivät yläpäästään noudattaneet Gumbelin jakaumaa ja suoralle tehty sovitus alkoi selkeästi käyristymään alaspäin. Gumbelin menetelmä soveltuu siis huonosti kyseessä olevan ilmiön toistuvuuden arviointiin. Parempi

vastaavuus saatiin sovittamalla havainnot Weibull-jakauman mukaisesti. Tästä syystä 14 vuorokauden havainnot on esitetty käyttämällä Weibull-menetelmää ja tulokseksi 99,0 % alitustodennäköisyyden 14 vrk sadesummaksi saadaan 115 mm.

Taulukko 4-2. Arvioidut 3, 5 ja 7 vuorokauden sadesummat Gumbel-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä sekä 14 vuorokauden sadesumma Weibull-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä, Sodankylän Tähtelän havaintoaseman aineisto 1.1.1960 – 31.12.2020.

Alitustodennäköisyys (%)	Toistumisväli (vuotta)	3 vrk	5 vrk	7 vrk	14 vrk (Weibull)
90,0 %	10	56,2	68,6	79,4	101,8
95,0 %	20	62,2	75,5	86,6	106,2
98,0 %	50	70,0	84,3	95,9	111,4
99,0 %	100	75,9	91,0	102,9	115,1
99,5 %	200	81,7	97,6	109,8	118,6
99,8 %	500	89,4	106,4	119,0	123,0
99,9 %	1000	95,3	113,0	125,9	126,0

4.3 Vertailu Ilmatieteen laitoksen valmiiksi tilastoituihin aineistoon

Saatuja tuloksia verrattiin Ilmatieteen laitoksen tilastoimiin vuorokautisiin sademäärän toistuvuustasoihin eri puolilla Suomea. Valikoitujen säähavaintoasemien sademäärien toistuvuustasoja on tilastoitu Ilmasto-oppaassa¹ sekä julkaisussa *Sään ääri-ilmiöistä Suomessa* (Venäläinen, ym., 2007). Vuorokauden ja viiden vuorokauden sademäärän toistuvuustasot Sodankylän havaintoasemalla (7501) on esitetty taulukossa 4-3. Vuorokauden sademäärän toistuvuustasoksi Sodankylässä 1/100-vuoden toistumisajalla on raportoitu 54 mm/vrk, 95 % luottamusvälin vaihdella 44 mm/vrk ja 63 mm/vrk. Viiden vuorokauden osalta vastaava arvo on 91 mm/5 vrk, 95 % luottamusvälin vaihdella 77 mm/5 vrk ja 126 mm/5 vrk.

Taulukko 4-3. Vuorokauden ja viiden vuorokauden sademäärän toistuvuustasot Sodankylän havaintoasemalla (Venäläinen, ym., 2007).

Toistumisaika (vuotta)	1 vrk			5 vrk		
	95 %	ka	95 %	95 %	ka	95 %
10	35	39	43	57	63	72

¹ <https://ilmasto-opas.fi/fi/datat/sateiden-toistuvuustasot>



Toistumis- aika (vuotta)	1 vrk			5 vrk		
	95 %	ka	95 %	95 %	ka	95 %
20	38	43	49	63	71	89
50	42	49	57	71	82	111
100	44	54	65	77	91	126
500	53	65	86	87	109	-

Pidempien jaksojen tarkastelussa (taulukko 4-4) 14 vuorokauden sademäärän toistuvuustasoksi Sodankylässä (7501) 1/100-vuoden toistumisajalla on raportoitu 110 mm/14 vrk, 95 % luottamusvälin vaihdellessa välillä 101 mm/vrk ja 119 mm/vrk. Kuukauden osalta vastaava arvo on 150 mm/kk, 95 % luottamusvälin vaihdellessa välillä 141 mm/kk ja 173 mm/kk.

Taulukko 4-4. 14 vuorokauden ja kuukauden sademäärän toistuvuustasot Sodankylän havaintoasemalla (Venäläinen, ym., 2007).

Toistumis- aika (vuotta)	14 vrk			1 kk		
	95 %	ka	95 %	95 %	ka	95 %
10	89	94	91	119	124	132
20	94	100	100	127	133	144
50	99	107	112	136	144	160
100	101	110	119	141	150	173
500	106	116	132	150	160	195

Aineistolle tehdyllä analyysillä saadaan erinomainen vastaavuus vuorokauden ja viiden vuorokauden poikkeuksellisten sademäärien tarkastelussa. Vastavasti 14 vuorokauden sadesumman tarkastelussa vastaavuus on hyvä. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että käytetyt menetelmät soveltuvat hyvin toistuvuuksien arviointiin.

5 Kevään ylivalumakaudet

Kevään ylivalumakauden tarkastelu tehtiin määrittämällä 1, 3, 5, 7, 14 ja 30 vuorokauden valuntasummat poimitulle valunta-aineistolle (luku 3). Valuntasummat järjestettiin suuruusjärjestykseen ja niistä valittiin 100 suurinta summaa (Liite 1: Taulukko 3).

Aineistolle arvioitiin toistuvuudet Gumbel-jakauman ja Weibull-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä. Käytettyjen menetelmien välillä havaittiin



erinomainen vastaavuus. Lisäksi toistuvuusanalyysit tehtiin koko aineistolle², mutta koska erot olivat pieniä, tässä on päädytty esittämään ne tulokset, jotka on saatu käyttämällä Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmästä poimittua mallinnettua valunta-aineistoa valuma-alueelta 65.891. Kaikki tulokset on esitetty liitteen 1 taulukossa 4.

Tulokseksi saatiin (taulukko 4-2), että Gumbel-jakauman mukainen 1 vuorokauden maksimivalunta, jonka alitustodennäköisyys on 99,0 % (vastaa 1/100 vuoden toistuvuutta), on 64 mm. Vastaava arvo 3 vuorokauden valunnalle olisi 116 mm, 5 vuorokauden valunnalle 166 mm, 7 vuorokauden valunnalle 203 mm, 14 vuorokauden valunnalle 270 mm ja 30 vuorokauden valunnalle 332 mm. Tulokset on esitetty 1/1000 vuoden toistuvuuteen asti, mutta analyysiä ei voida pitää erityisen luotettavana erityisen harvinaisille tilanteille.

Taulukko 5-1. Arvioidut 1, 3, 5, 7, 14 ja 30 vuorokauden valuntasumat Gumbel-jakauman mukaisina todennäköisyyksinä, SYKE WSFS aineisto valuma-alueelle 65.891 aikaväliltä 1.1.1962 – 17.08.2021.

Alitustodennäköisyys (%)	Toistumisväli (vuotta)	1 vrk	3 Vrk	5 Vrk	7 vrk	14 vrk	30 vrk
90,0 %	10	44	91	128	159	229	301
95,0 %	20	50	99	140	173	241	310
98,0 %	50	58	108	155	190	258	323
99,0 %	100	64	116	166	203	270	332
99,5 %	200	69	123	177	216	282	341
99,8 %	500	77	133	191	233	298	353
99,9 %	1000	83	140	202	246	310	362

6 Yhteenveto

Sakatin kaivoshankkeen vesienhallintajärjestelmien mitoituserusteiksi esitetään tehtyjen analyysien perusteella seuraavaa:

- Vuorokautinen mitoitussadanta (rankkasade) 54 mm/vrk (tilastoitu kerran 1/100 vuodessa toistuva vuorokauden sadesumma)
- Sateiset jaksot (kerran 1/100 vuodessa toistuva sadesumma):
 - o 3 vuorokauden sadesumma 76 mm
 - o 5 vuorokauden sadesumma 91 mm
 - o 7 vuorokauden sadesumma 103 mm

² 1) Hydrus 1D -mallilla tuotettu valunta ajanjaksolle 1.1.1991 – 31.12.2020, 2) Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmästä poimittu mallinnettu valunta-aineistoa valuma-alueelle 65.891 ajanjaksolle 1.1.1962 – 17.08.2021, 3) Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmästä poimittu mallinnettu valunta-aineistoa valuma-alueelle 65.851 ajanjaksolle 1.1.1962 – 17.08.2021.



- 14 vuorokauden sadesumma 110 mm
- 30 vuorokauden sadesumma 150 mm
- Kevään ylivalumakausi (kerran 1/100 vuodessa toistuva ylivalumakauden valunta):
 - 1 vuorokauden valunta 64 mm
 - 3 vuorokauden valunta 116 mm
 - 5 vuorokauden valunta 166 mm
 - 7 vuorokauden valunta 203 mm
 - 14 vuorokauden valunta 270 mm
 - 30 vuorokauden valunta 332 mm

7 Lähteet

SYKE. (2021). Suomen ympäristökeskus. Vesistömallijärjestelmä WSFS-VEMALA. Tiedot haettu 09/2021.

Venäläinen, A.;Saku, S.;Kilpeläinen, T.;Jylhä, K.;Tuomenvirta, H.;Vajda, A.; Ruosteenoja, K. (2007). *Sään ääri-ilmiöistä Suomessa*. Raportteja 2007:4 (korjattu painos). Noudettu osoitteesta: <http://hdl.handle.net/10138/1138>