



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KASURILAN HIIHTOKESKUKSEN LUMETUSJÄRJESTELMÄN VEDENOTTOKAPASITEETIN LISÄÄMINEN

TEKIJÄ:

Viivi Viherkoski

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Viivi Viherkoski	
Työn nimi Kasurilan Hiihtokeskuksen lumetusjärjestelmän vedenottokapasiteetin lisääminen	
Päiväys 4.5.2021	Sivumäärä/Liitteet 35/10
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kasurilan Hiihtokeskus	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten Kasurilan Hiihtokeskuksen lumetusjärjestelmän vedenottokapasiteettia saataisiin lisättyä, kun haasteena oli, ettei paineenkorotuspumpuille saada riittävästi vettä. Nykyisellä kapasiteetilla vettä saadaan pumpattua n. 170 m³/h, kun tarve olisi noin 220–250 m³:lle tunnissa.</p> <p>Teoriaosuudessa perehdyttiin putkimitoituksen periaatteisiin sekä laskettelukeskuksissa käytettävien lumetusjärjestelmien toimintaan, ja selvitettiin keinolumen tarvetta Suomen hiihtokeskuksissa. Tutkimusosassa selvitettiin Kasurilan Hiihtokeskuksen nykyinen vedenottokapasiteetti sekä keinot, joilla kapasiteettia voitaisiin lisätä tulevaisuudessa. Työhön valittiin useita toteutusvaihtoehtoja, joiden soveltuvuutta selvitettiin kapasiteetitarkastelulla. Selvityksessä käytettiin Epanet-mallinnusohjelmaa, ja osa vaihtoehtoista laskettiin lisäksi käsin Excelissä. Potentiaalisista toteutusvaihtoehtoista tehtiin karkeat kustannusarviot. Työssä selvitettiin myös, millaisia maankäyttösuunnitelmia tulevaisuudessa on alueella, jossa vesijohtolinja kulkee nykyisin, jotta tiedetään, tarvitseeko putkilinjan sijaintia mahdollisesti muuttaa, tai ottaa huomioon maankäytön muutoksesta aiheutuvia vaatimuksia.</p> <p>Työn tuloksena saatiin mallinnettua potentiaalisten toteutusvaihtoehtojen maksimivirtaamat, ja valittua parhaiten tavoitevirtaaman täyttävä toteutusvaihtoehto vedenottokapasiteetin lisäämiseksi. Työssä selvitettiin myös, millaisia kustannuksia hankkeesta aiheutuisi. Lisäksi selvitettiin, miten peltoalueen kaavoitussuunnitelmat vaikuttavat putkilinjaan, ja miten putkilinja huomioidaan kaavoituksessa. Työ helpottaa Kasurilan Hiihtokeskuksen vedenottojärjestelmän saneeraus päätöksen tekemisessä, ja hankkeen toteutuessa hiihtokeskuksen lumetuskautta saadaan lyhennettyä.</p>	
Avainsanat tekolumi, lumetus, lumitykki, hiihtokeskus, kapasiteetti	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology	
Author(s) Viivi Viherkoski	
Title of Thesis Adding water intake capacity of the snow making system at Kasurila Ski Resort	
Date 4 May 2021	Pages/Appendices 35/10
Client Organisation /Partners Kasurila Ski Resort	
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to find out how the water intake capacity of the snow making system at Kasurila Ski Resort could be added since the booster pumps could not get enough water. The current capacity was enough for about 170 m³/h, when 220–250 m³/h was needed.</p> <p>Pipe sizing theory and snow making systems used in the ski resorts as well as the need for artificial snow in the Finnish ski resorts were studied in the theoretical part of the thesis. The current capacity of water intake, and the methods of adding capacity were calculated. A few alternatives for adding capacity were chosen, and the suitability of the alternatives was examined. Epanet-simulation program was used to model the alternatives and some of the alternatives were calculated by hand in Excel. Estimated costs were calculated for the potential alternatives. In addition, the land use plans were examined for the area where the current pipeline exists, so that they could be taken into consideration if changes in land use would cause special demands, and the pipeline had to be moved.</p> <p>As a result, the maximum flow of every potential alternative was simulated, and the best alternative to cover the objective flow was selected to increase the water intake capacity. Also the cost estimate for the chosen alternative was calculated. In addition, the effects of the land use plans for the field area on the pipeline were clarified, as well as how the pipeline will be taken into account in the land use planning. Kasurila Ski Resort can use this work as a guide when making decisions on their water intake system renovation. After the project is completed, the time used for the artificial snowmaking will be significantly shorter.</p>	
<p>Keywords artificial snow, snow making, snow cannon, ski resort, capacity</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	VEDENOTTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA MITOITUS	7
2.1	Suunnittelun perusteet	7
2.2	Mitoituksen periaatteet	7
2.2.1	Vedentarve	7
2.2.2	Paineellinen putkivirtaus	8
2.2.3	Pumppaaminen ja paineputken vastuskäyrä	9
2.2.4	Mitoitusmenetelmät	10
2.2.5	Kustannuslaskenta	11
3	LUMETUS	12
3.1	Lumetusjärjestelmän rakenne	12
3.2	Keinolumen tekeminen	13
3.3	Lumetuksen tarve Suomen hiihtokeskuksissa	15
3.4	Lumetuksen ympäristövaikutukset	15
4	KASURILAN HIIHTOKESKUS	17
4.1	Hiihtokeskuksen toiminta	17
4.2	Keinolumen tarve	18
5	KASURILAN HIIHTOKESKUKSEN LUMETUSJÄRJESTELMÄN VEDENOTTO	19
5.1	Nykytilanne	19
5.2	Laskennallisen kapasiteetin vertailu todelliseen kapasiteettiin	20
5.3	Tulevaisuudennäkymät	20
6	VAIHTOEHDOT KAPASITEETIN LISÄÄMISEKSI	22
6.1	Laskentamenettelyt	22
6.2	Vaihtoehtojen esittely	23
7	KOKONAISTALOUELLISIMMAN RATKAISUN ESITTELY	30
8	YHTEENVETO JA POHDINTA	32
	LÄHTEET	34
	LIITE 1: VEDENOTTOJÄRJESTELMÄN ASEMAPIIRUSTUS	36
	LIITE 2: PUTKEN VASTUSKÄYRÄ NYKYTILANTEESSA DARCY-WEISBACHIN KAAVALLA LASKETTUNA.	37

LIITE 3: PUTKEN VASTUSKÄYRÄ NYKYTILANTEESSA HAZEN-WILLIAMSIN KAAVALLA LASKETTUNA.	38
LIITE 4: PUTKEN VASTUSKÄYRÄ VAIHTOEHDOS 3 DARCY-WEISBACHIN KAAVAA KÄYTTÄEN .	39
LIITE 5: PUTKEN VASTUSKÄYRÄ VAIHTOEHDOS 3 HAZEN-WILLIAMSIN KAAVAA KÄYTTÄEN ..	40
LIITE 6: SÄHKÖPOSTIKESKUSTELU SAVON VOIMAN VERKKOPALVELUASiantuntijan kanssa (LUOTTAMUKSELLINEN)	41
LIITE 7: PAINEHÄVIÖLASKUT	42
LIITE 8: EPANET-MALLINNUKSEN VIRTAAMAT	44
LIITE 9: KUSTANNUSLASKENTA	46
LIITE 10: GRUNDFOS SP 215-2 -PUMPUN TEKNISET TIEDOT.....	47

1 JOHDANTO

Suomessa on yhteensä 64 hiihtokeskusta (Ski.fi), joista lähes kaikissa turvaudutaan lumetukseen laskettelukauden onnistumisen varmistamiseksi. Maailmanlaajuisestikin valtaosassa hiihtokeskuksista käytetään tykkilunta sen kestävyuden takia. Ilmastonmuutoksen myötä hiihtokeskusten lumetusjärjestelmien tärkeys korostuu, ja tulevaisuudessa on tarvetta yhä tehokkaampien lumetusjärjestelmien kehittämiseksi. Kirjallisuusosiossa perehdytään lumetusjärjestelmän toimintaan ja erityisesti lumitykiä toimintaperiaatteeseen, lumetuksen tarpeeseen Suomen hiihtokeskuksissa sekä lumetuksen ympäristövaikutuksiin. Taustalla on oma kiinnostukseni aiheeseen, sillä tietämys aiheesta rajoittuu vahvasti hiihtokeskusten työntekijöihin, eikä Suomessa ole riittävästi alan suunnitteluosaamista.

Työn tilaajana toimii Kasurilan Hiihtokeskus. Työn taustalla on tarve lisätä hiihtokeskuksen lumetusvedenottokapasiteettia, sillä vesi ei riitä kaikille lumitykeille, kun lämpötila laskee $-7-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:n alapuolelle, jolloin rinteiden lumetus ei ole mahdollisimman tehokasta.

Työn tavoitteena on selvittää, mitä vaihtoehtoja Kasurilan Hiihtokeskuksen vedenottokapasiteetin kasvattamiseen on, ja mikä vaihtoehtoista on toteuttamiskelpoisin, kun tarkastellaan saatavia hyötyjä sekä investointi- ja käyttökustannuksia. Selvityksen kohteena on putkilinja Siilinjärven rannasta Kasurilan rinteiden juurella sijaitsevalle paineenkorotuspumppaamolle. Putkilinja alittaa junaradan, seututien, kevyen liikenteen väylän sekä parkkipaikan, joten tarkastelussa kiinnitetään erityisesti huomiota toteutuksen haastavuuteen ja kustannuksiin.

2 VEDENOTTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA MITOITUS

Vesihuollon suunnittelun tarkoituksena on luoda hyvät edellytykset rakentamiselle ja kunnossapidolle, sekä verkoston optimaaliselle toiminnalle (RIL 237-1-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus 2010, 76). Koska työ ei liity kunnallisen talousvesiverkoston suunnitteluun ja mitoitukseen, asioita käsitellään pitkälti lumetuslinjan näkökulmasta.

2.1 Suunnittelun perusteet

Maankäytön suunnittelu ohjaa pitkälti vesihuoltoverkkojen suunnittelua aina maakuntakaavoituksesta asemakaavoitukseen. Maakuntakaavoituksessa huomioidaan vesihuollon toteutettavuus alueittain, yleiskaavoituksessa varmistetaan, että maankäyttöratkaisut ovat toteutettavissa kohtuullisin resurssein ja asemakaavoituksessa keskitytään vesihuollon tekniseen toteutukseen kortteli- ja tonttitarkkuudella (RIL 237-1-2010, 52, 55, 58).

Suunnittelun lähtökohtina on vesihuoltojärjestelmän toimintavarmuuden takaaminen, optimaalisen kapasiteetin saavuttaminen, verkoston huollettavuus, kustannusten optimoiminen ja ympäristöhaittojen minimointi. Verkoston huollettavuuden ja toimintavarmuuden takaaminen vaikuttaa kustannuksiin, sillä käyttö- ja kunnossapitokustannukset ovat suurin menoerä verkoston elinkaaren ajalta, ja muun muassa materiaalivalinnoilla pystytään vaikuttamaan pitkän aikavälin kustannuksiin. (RIL 237-1-2010, 67.) Suunnittelu voidaan jakaa uudis- sekä saneeraussuunnitteluun. Uudissuunnittelulla tarkoitetaan täysin uusien verkkojen suunnittelua, ja saneeraussuunnittelulla olemassa olevien verkkojen kunnostamista. Saneeraustarpeen aiheuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi putkiston ikä, kasvaneet kunnossapitokustannukset, paljon vuotoja tietyllä putkiosuudella, yli- tai alikuormitus tai maankäytön muutokset (RIL 237-1-2010, 90–91).

Vedenoton suunnittelussa ensimmäiseksi tulee varmistua siitä, että alueen vesivarannot ovat riittävät vedenottoon, ja ettei vedenotosta aiheudu haittaa vesiympäristölle. Vedenottoon sovelletaan vesilain (587/2011) 4. luvun mukaista veden ottamista vesistöistä. Vesistöjen käyttöä rajoittaa vesilain mukainen muuttamiskielto 1.15 §, joka kieltää vesistön aseman, syvyyden, pinnankorkeuden tai virtaaman muuttamista siten, että siitä aiheutuu haittaa vesistön käytölle (RIL 237-1-2010, 32).

2.2 Mitoituksen periaatteet

Kunnallisen vesihuoltoverkoston suunnittelun ja mitoituksen lähtökohtana on vesihuoltolain (119/2001) asettamat vaatimukset. Vesihuoltolain tavoitteena on turvata sellainen vesihuolto, että kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävästi terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä. Hiihtokeskuksissa käytettävällä lumetusvedellä ei ole terveydellisiä laatuvaatimuksia, vaan veden riittävyys ja verkoston energiatehokkuus ovat mitoituksen avaintekijöitä.

2.2.1 Vedentarve

Mitoitus perustuu vedenkäytön ennusteisiin, ja tavallisesti ennustejaksona käytetään 30–40 vuotta tai putken arvioitua elinikää (RIL 237-2-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu, 15). Hiihtokeskuksissa lumetuskaudella tarvittava vesimäärä on kohtalaisen tarkasti tiedossa,

eikä määrä vaihtelee vuosittain, vaan se pysyy vakiona. Mikäli lumetusveden tarpeen uskotaan vaihtelevan tulevaisuudessa, esimerkiksi rinnetoiminnan laajentamisen myötä, tulee kasvava tai vähenävä lumetusveden tarve huomioida mitoitusvaiheessa, jotta vältetään putkiston yli- tai alimitoitus.

Lumetuslinjan mitoitukseen vaikuttaa myös lumetuskapasiteetti, eli miten monta lumitykkiä linjastoon voidaan liittää, jotta vesi riittää kaikille lumitykeille. Vedentarve vaihtelee lumetuskaudella lämpötilojen mukaan, sillä lauhalla säällä vettä kuluu vähemmän kuin kovalla pakkasella. Jos vettä johdettaisiin lumitykeille lauhalla säällä saman verran kuin kovalla pakkasella, lumesta tulisi liian märkää, kun lumitykit eivät saa muutettua kaikkea vettä lumeksi. (Argillander 2021.) Pumpaustehon säädöllä on vaikutusta myös energiankulutukseen, sillä pienemmällä teholla energiaa kuluu vähemmän.

2.2.2 Paineellinen putkivirtaus

Putkivirtauksessa syntyy aina painehäviötä, mikä pitää ottaa huomioon putkikokoja sekä pumppuja valittaessa. Painehäviöt voidaan jakaa virtaushäviöihin ja paikallishäviöihin. Virtaushäviöt aiheutuvat virtausnopeudesta sekä virtaavan nesteen viskositeetista, joka riippuu nesteen lämpötilasta. Veden suositeltu virtausnopeus putkessa on 0,6–1,2 m/s, jotta kitkahäviö ei kasva liian suureksi (RIL 237-2-2010, 29). Ajoittaisessa virtauksessa virtausnopeudella ei ole yhtä suurta merkitystä (Pasila 2021). Paikallishäviöitä ovat venttiilien, putken laajenemien sekä supistumien, haarojen, kulmien sekä sisään- ja ulosvirtauksen aiheuttamat häviöt. Myös paikallishäviöt kasvavat virtausnopeuden kasvaessa. Pumpun todellinen nostokorkeus määritetään laskemalla yhteen kaikki putkistossa syntyvät dynaamiset eli virtaus- sekä paikallishäviöt ja geodeettinen eli maaston korkeuseroista johtuva nostokorkeus.

Virtaushäviöt voidaan laskea useilla menetelmillä, joista yleisimmin käytettyjä ovat Darcy-Weisbachin yhtälö eli yleinen kitkahäviökaava (kaava 1) sekä Hazen-Williamsin kaava (kaava 2). Darcy-Weisbachin yhtälö on muotoa:

$$h_f = f * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

missä:

h_f = virtaushäviö (mvp)

f = kitkahäviökerroin (Moodyn diagrammista)

L = putken pituus (m)

d = putken sisähalkaisija (m)

v = veden keskimääräinen nopeus (m/s)

g = maan putoamiskiihtyvyys 9,81 m/s²

Hazen-Williamsin kaava on puolikokeellisesti saatu, ja sitä voidaan soveltaa putkille, jotka ovat sisähalkaisijaltaan yli 50 mm, ja jossa virtausnopeus on alle 3 m/s. Kaavasta on useita variaatioita, joista seuraava on hyvin yleinen:

$$Q = 0,278 * C * d^{2,63} * \left(\frac{h_f}{L}\right)^{0,54} \leftrightarrow h_f = \left(\frac{Q}{0,278 * C * d^{2,63}}\right)^{\frac{1}{0,54}} * L \quad (2)$$

missä:

Q = virtaama (m³/s)

C = Hazen-Williamsin kerroin (taulukko 1)

d = putken sisähalkaisija (m)

h_f = virtaushäviö (mvp)

L = putken pituus (m)

Hazen-Williamsin kertoimien C-arvoja on esitetty alla olevassa taulukossa 1. Arvot kuvaavat putken karheutta siten, että mitä pienempi arvo on, sitä karheampi putken sisäpinta on. (RIL 237-2-2010, 36.)

Taulukko 1 Hazen-Williamsin kertoimia eri putkimateriaaleille (RIL 237-2-2010, 37)

Putkimateriaali	C-arvo
Muovi	140–150
Teräs	110–120
Valurauta	60–130

Paikallishäviöiden laskemiseen käytetään usein seuraavaa kaavaa 3:

$$h_L = K \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

missä:

h_L = paikallishäviö (mvp)

K = paikallishäviökerroin, joka määrittyy häviötä aiheuttavan komponentin perusteella

v = nesteen virtausnopeus (m/s)

g = maan putoamiskiintyvyys 9,81 m/s².

Painehäviöviivan kaltevuudella ei ole samanlaista merkitystä kuin kunnallisessa vesijohtoverkostossa, joten painehäviöviivan kaltevuus voi olla suurempi kuin kunnallisen verkoston ohjearvo 2–8 ‰.

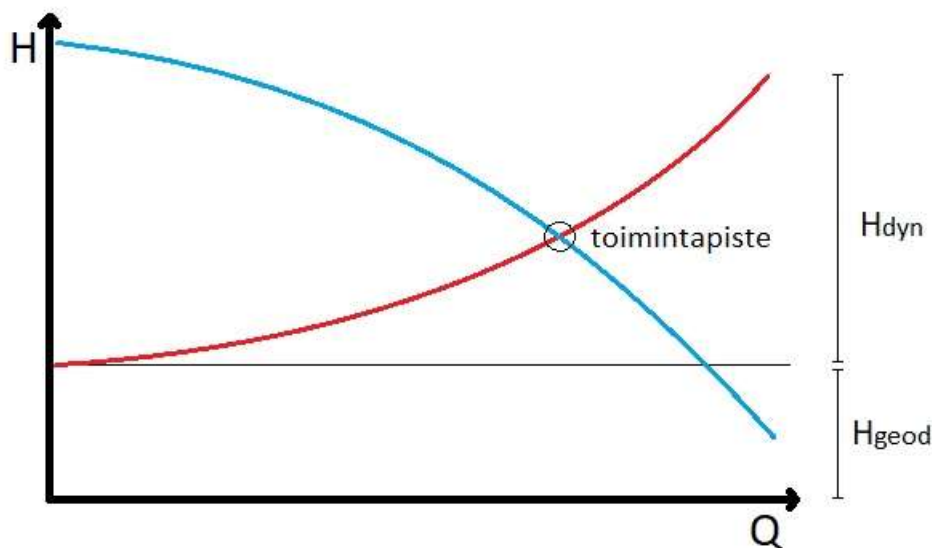
Kunnallisessa verkostossa putkien käyttöikä voidaan pitää korkeintaan 60 vuotta, mutta koska hiihtokeskuksen vedenottolinja on rakenteeltaan yksinkertainen, eikä sisällä liittymiä tai useita venttiileitä, verkoston ikä voi Pajulan (2021) mukaan hyvinkin olla pidempi.

2.2.3 Pumppaaminen ja paineputken vastuskäyrä

Pumput sekä muut laitteet valitaan käyttötarkoituksen sekä pumpattavan nestemäärän mukaan.

Pumppua valittaessa tarkastellaan pumpun ominaiskäyriä, josta nähdään pumpun nostokorkeuden

suhde pumpattavaan nestemäärään. Paineputken vastuskäyrä kuvaa virtausvastuksen kasvua virtaaman suurentuessa. Pumpun toimintapiste on pumpun ominaiskäyrän ja paineputken vastuskäyrän risteyskohdassa (kuva 1). Pumpputoimittajan laatimista käyristä nähdään myös pumpun sekä pumpun ja moottorin hyötysuhdekäyrä, sekä moottorin tehokäyrä. Liian isoa pumppua ei kannata valita, sillä usein käyttökustannukset nousevat tällöin suuriksi. (Federley 2009, 5.)



KUVA 1 Pumpun toimintapiste on paineputken vastuskäyrän sekä pumppukäyrän risteyskohdassa. Kokonaisnostokorkeus on geodeettisen nostokorkeuden sekä painehäviöistä johtuvan nostokorkeuden summa.

2.2.4 Mitoitusmenetelmät

Mitoitusta tarvitaan eri toteutusvaihtoehtojen vertailuun ja taloudellisimman ratkaisun löytämiseksi, eri käyttötilanteiden testaamiseksi ja erityistarpeiden ja -tilanteiden havainnollistamiseksi. Erityistilanteita voivat olla esimerkiksi putkirikot sekä pullonkaulat. (RIL 237-2-2010, 33.)

Mitoitusmenetelmänä käytetään usein tietokonemallinnusta, jolla saadaan helposti luotua erilaisia skenaarioita laajastakin suunnittelualueesta. Yksittäiset putket voidaan mitoittaa myös laskemalla käsin tai nomogrammien avulla. Mitoitus voidaan tehdä staattisena tietyn kulutustilanteen, yleensä huipputuntikulutuksen mukaan tai ajan suhteen muuttuvana tarkasteluna. (RIL 237-2-2010, 34–35.) Mallinnusohjelmia käytettäessä saadaan tehtyä kohtalaisen vähällä vaivalla suhteellisen tarkkoja laskelmia verkostojen toimivuudesta, mutta tuloksiin on aina suhtauduttava kriittisesti.

Putkien tai mallinnetun verkoston tietyn putkiosuuden mitoittaminen käsin on myös hyvä tehdä, jotta voidaan arvioida, onko mallinnus järkevä.

Mallinnus alkaa saneeraussuunnittelussa suunnitelma-alueen nykyisen verkoston toiminnan mahdollisimman tarkalla simuloinnilla. Tämä edellyttää, että verkostosta on saatavilla tarpeeksi lähtötietoja. Sen jälkeen voidaan mallintaa eri toteutusvaihtoehtoja, joita vertaillaan alkutilanteeseen, jotta saa-

daan selville toteutuskelpoisin vaihtoehto. Verkostomallinnusohjelmista yksi esimerkki on tässä työsäkin käytettävä Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston EPA:n kehittämä Epanet-verkostomallinnusohjelma, joka on ladattavissa ilmaiseksi tietokoneelle EPA:n nettisivuilta.

Pumpun valintaan on olemassa pumpputoimittajien laatimia mitoitustyökaluja, joiden avulla pumpujen vertailu ja oikeanlaisen pumpun löytäminen on helppoa. Esimerkiksi Grundfos Product Selection -mitoitussivulla asetetaan pumpulle halutut parametrit, ja työkalu antaa listan parhaiten soveltuvista vaihtoehtoista. Pumppujen ominaisuuksia ja toimintakäyriä on hyvä vertailla tarkastelemalla itse manuaalisesti, ja pumpputoimittajien osaamista kannattaa myös hyödyntää lopullista hankintaa tehtäessä, jotta saadaan valittua varmasti kohteeseen parhaiten sopiva pumppu (Pasila 2021).

2.2.5 Kustannuslaskenta

Suunnitteluvaiheessa pohditaan useampia toteutusvaihtoehtoja, joita vertailemalla löydetään paras ratkaisu. Vaihtoehtoja vertaillaan aina nykyhetkellä vallitsevaan tilanteeseen. Vertailussa otetaan huomioon hankkeen toiminnalliset sekä taloudelliset tavoitteet.

Kustannuslaskennassa huomioidaan toteutusvaihtoehtojen investointi-, asennus-, käyttö- sekä huoltokustannukset. Investointikustannuksiltaan halvin toteutusvaihtoehto ei välttämättä ole käyttökustannuksiltaan edullisin. Huoltokustannusten arviointi voi olla vaikeaa, joten ne voidaan tietyissä tilanteissa jättää laskematta. (Grundfos ei pvm.) Asennuskustannukset voidaan vertailutilanteessa jättää pois, jos oletetaan, että asennustyöt ovat jokaisessa toteutusvaihtoehdossa suurin piirtein saman hintaiset (Heikkinen ei pvm, 2).

Kustannusten laskentaan on olemassa useita eri menetelmiä, joista paljon käytettyjä ovat nykyarvo-menetelmä, sisäisen korkokannan menetelmä, annuiteettimenetelmä, takaisinmaksuajan menetelmä sekä pääoman tuottoastemenetelmä. Menetelmät ovat saman kaltaisia, mutta ne painottavat hie-man eri asioita, kuten investoinnin kannattavuutta ja rahoituksen vaikutuksia. (Yritystulkki.)

Annuiteettimenetelmässä investointikustannukset jaetaan pitoaikaa vastaaviksi yhtä suuriksi vuosieriksi eli annuiteeteiksi. Vuosierä sisältää sekä lyhennyksen että vuosikoron eli tuottovaatimuksen. (Yritystulkki.) Vesihuoltohankkeissa pitoaika on useita kymmeniä vuosia.

Pumpun elinkaarikustannuksista suurin osa koostuu käyttö- eli energiakustannuksista. Pumpun elinkaarena voidaan pitää 10–20 vuotta. (Grundfos ei pvm.)

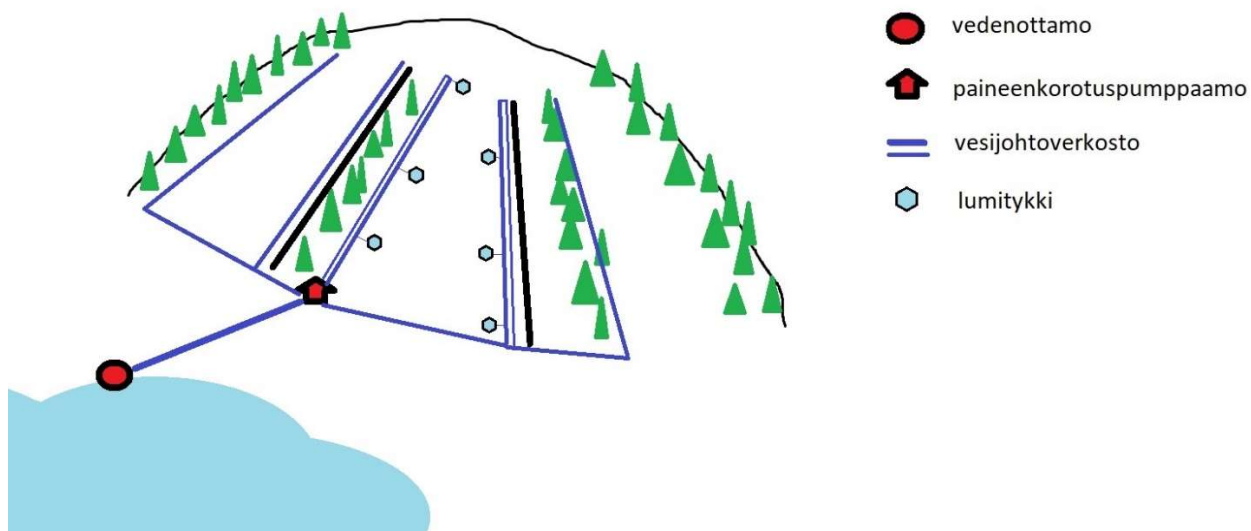
3 LUMETUS

Lumetuksesta puhuttaessa tarkoitetaan keinotekoisesti tuotettua, luonnonlumen kaltaista lunta, ja keinolumikiteiden muodostuminen tapahtuukin samoin kuin luonnonlumen syntyminen (Romanowski ei pvm). Luonnollisesti lumihiuksia muodostuu, kun ilmakehän kosteus tiivistyy ilmassa olevien epäpuhtauksien, kuten pölyhiukkasten ympärille, ja niistä muodostuu jäähiukkasia. Vesihöyryä jäätyy kiinni hiukkasiin, ja hiukkaset kasvavat kuusikulmaisiksi kiteiksi. Lämpötilan pysyessä alle 0 °C:een kiteet eivät sula, vaan ne liittyvät toisiinsa, ja lopulta putoavat maahan lumihiuksina. (Thomas 2018)

3.1 Lumetusjärjestelmän rakenne

Hiihtokeskuksen lumetusjärjestelmä koostuu vedenottamosta, paineenkorotuspumppaamosta, lumitykeistä ja näitä yhdistävistä putki- ja letkulinjoista, mahdollisesta kompressoriasemasta, ilmalinjastosta sekä automatiikasta (kuva 2). Joissain keskuksissa tarvitaan veden jäähdyttämiseen erillistä jäähdytysasemaa. (Timonen 2010, 12.) Vedenotto tapahtuu useimmiten lähellä sijaitsevista vesistöistä. Pintaveden lämpötila on Suomessa talviaikaan tyypillisesti lähellä 0 °C:tta. Niissä tapauksissa, kun vesistöä ei ole tarpeeksi lähellä, käytetään verkostovettä. Verkostoveden lämpötila on +6–8 °C, joten verkostovettä hyödyntävissä keskuksissa veden jäähdytysjärjestelmä on tarpeellinen. Lumetusikäyttöön otettavan veden laadulla ei ole samanlaisia laatuvaatimuksia kuin talousvedellä, mutta paljon epäpuhtauksia sisältävä vesi voi tukkia lumitykkien suuttimia. (Timonen 2010, 16.) Vedenotto on vesilain 27.5.2011/587 mukaan luvanvaraista toimintaa, joten siihen on haettava lupaa aluehallintovirastolta. Vesilupien valvontaviranomaisena toimii ELY-keskukset (Ymparisto.fi 2020).

Vesi johdetaan vedenottamolta putkilinjaa pitkin paineenkorotuspumppaamolle joko tasausaltaaseen tai suoraan paineenkorotuspumppujen imupuolelle. Paineenkorotuspumput pumppaavat rinteiden korkeuserosta riippuen useiden kymmenien baarien paineella vettä rinnealueiden reunoilla sijaitsevaan verkostoon. Verkosto voi koostua päätyivistä putkista tai lenkeistä, joissa kierrätetään vettä, jottei se pääse jäätymään (Argillander 2021). Verkostossa on liittimiä, joihin lumitykit liitetään letkujen avulla. Näin lunta saadaan tykitettyä mahdollisimman tasaisesti koko rinteeseen, jolloin sen levittäminen on helpompaa (Romanowski ei pvm). Vedenottamon kapasiteetin täytyy kattaa suurimman kulutuksen aikainen vedentarve, jotta optimaalisella säällä lunta saadaan tuotettua mahdollisimman paljon (Argillander 2021).



KUVA 2 Yksinkertaistettu havainnekuva hiihtokeskuksen lumetusjärjestelmästä (Viherkoski 2021, CC BY-SA)

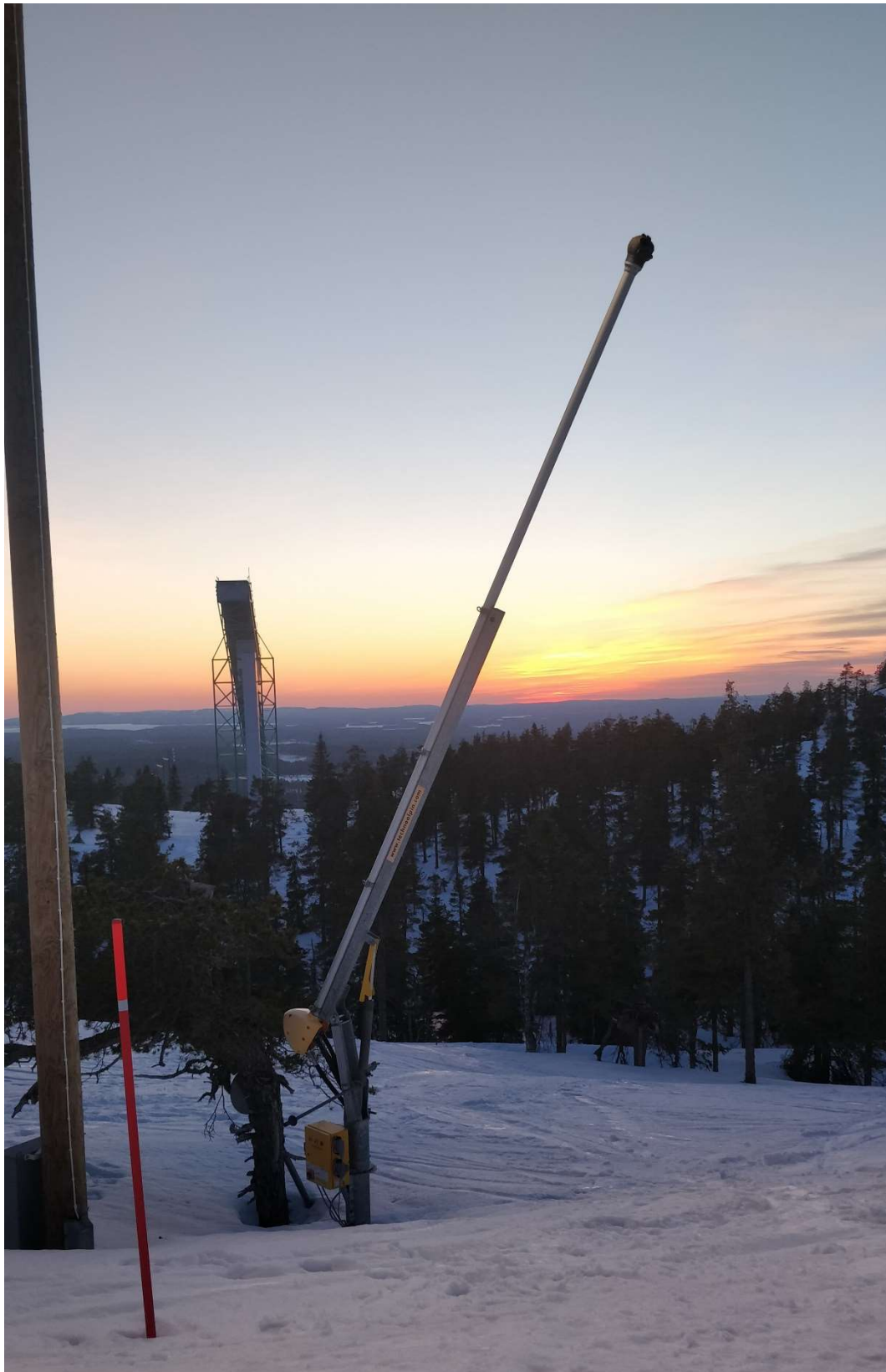
3.2 Keinolumen tekeminen

Keinolunta tuotetaan lumitykkien avulla. Puhallintykki puhalttaa paineistettua vettä suuttimista, jotka hajottavat vesisuihkun sumuksi. Tykin oma kompressori tuottaa paineilmaa, joka sekoittuu veteen. Tykki puhalttaa vesi-lumiseoksen eli peruslumen erillisten suuttimien kautta, ja paineistettu vesi sekoittuu peruslumeen, jolloin lumi kiteytyy korkeammassa lämpötilassa kuin jos peruslunta ei sekoitettaisi veteen. Peruslumi on suuttimista tullessaan kiteytynyttä, ja toimii muodostuvien lumikiteiden ytimenä. Peruslunta sumuttavat suuttimet voivat olla tykin ulkokehällä, jolloin vesisuuttimet ovat sisemmällä kehällä, tai sitten peruslumi puhalletaan tykin keskiosasta ja vesi ulkokehältä. (Argillander 2021.) Lumitykin keskellä on myös tuuletin, joka puhalttaa vesisumua pidemmälle, ja kasvattaa näin jäätymissaika sekä lumetettavaa alaa (Romanowski ei pvm). (kuva 3.)



KUVA 3 Puhallinlumitykki (Viherkoski 2021, CC BY-SA)

Puhallintykkien lisäksi käytössä on hybriditykkeitä, jotka ovat energiatehokkaampia, mutta niiden tehokas toiminta vaatii matalamman lämpötilan kuin puhallintykit. Hybriditykit toimivat paremmin kosteissa olosuhteissa. Hybriditykeissä vesi sekä ilma-vesiseos johdetaan suoraan putkia pitkin suuttimille, eikä tykeissä ole erillistä kompressoria. Sekä puhallin- että hybriditykkien suutinosissa on lämmittimet, jotka estävät suuttimia jäätymästä. (Romanowski ei pvm; Timonen 2010, 14-15.) (kuva 4.)



KUVA 4 Hybridilumitykki (Viherkoski 2021, CC BY-SA)

Saatava lumen määrä riippuu ilman lämpötilasta sekä suhteellisesta kosteudesta. Mitä alhaisempi ilman kosteus on, sitä enemmän lunta saadaan tehtyä. Tavallisesti lumitykkeitä käytetään, kun lämpötila on -4 °C tai matalampi, mutta ilman kosteuden ollessa hyvin alhainen lunta voidaan saada tuotettua jo $+1\text{ °C}$ lämpötilassa. (Romanowski ei pvm.)

Keinolunta voidaan tehdä myös tekopilvien avulla, mutta tapa on vasta kokeellisella asteella, eikä sitä hyödynnetä hiihtokeskuskäytössä (Romanowski ei pvm), joten tässä työssä keskitytään vain tykkilumeen.

Ensimmäiset, hyvin yksinkertaiset lumitykit patentoitiin 1900-luvun alussa. Paineilmaa ja pieniä suuttimia hyödyntävä lumitykki kehitettiin 1950-luvulla. 1970-luvulla lumitykit kehittyivät nykyisen kaltaisiksi: niihin lisättiin tuuletin, jonka avulla vesisumu saadaan lentämään pidemmälle, sekä pyörivä alusta, jonka varassa lumitykkiä saadaan käännettyä, jolloin yhdellä tykillä saadaan lumetettua suurempi ala. (Romanowski ei pvm.)

1970-luvulla veteen alettiin lisäämään myös lisäainetta, joka helpottaa jääkiteiden muodostumista korkeammassa lämpötilassa, ja lisää saatavan lumen määrää. (Romanowski ei pvm.) Lisäaineen käytöstä on ristiriitaisia tutkimustuloksia, ja tykkilunta tehdään usein myös ilman lisäainetta. (SnowTrex 2020)

3.3 Lumetuksen tarve Suomen hiihtokeskuksissa

Käytännössä kaikki Suomen hiihtokeskukset turvautuvat tykkilumeen, mutta jotkin Pohjois-Suomen keskuksista avaavat osan rinteistä laskettavaksi luonnonlumella (Timonen 2010, 8). Tykkilumen avulla hiihtokeskukset voidaan avata huomattavasti aikaisemmin, kuin jos keskuksissa odotettaisiin luonnonlumen satamista. Tykkilumi kestää vesisadetta ja lämpöasteita paremmin kuin luonnonlumi, ja siksi tykkilumella päällystetyssä rinteessä laskettelukausi voi jatkua pitkälle kevääseen. (Pöntinen 2011.) Luonnonlumerinteet vaativat paksun kerroksen lunta, jotta rinteiden huolto on mahdollista, ja jotta lumipatja kestää kulutusta. Lunta saadaan kinostettua rinteiden reunoilla olevien aitojen avulla (Timonen 2010, 13). Vain muutama Lapin pienistä keskuksista turvautuu täysin luonnonlumeen (Pöntinen 2011).

Osa hiihtokeskuksista, kuten Ruka ja Levi, säilövät talvella tykitettyä lunta kasoissa kesän yli, jolloin osa rinteistä pystytään avaamaan jo ennen kuin sääolosuhteet sallivat lumen tekemiseen. Lunta säilötään hakkeen, turpeen ja erityisten peitteiden alla. Myös hiihtolatujen tekemisessä käytetään säilölunta eteläistä Suomea myöten.

3.4 Lumetuksen ympäristövaikutukset

Hiihtokeskusten käyttämästä sähköstä suuri osa kuluu lumetukseen, ja etenkin veden pumppaus kuluttaa paljon sähköä. Lumetusjärjestelmä kuluttaa keskimäärin 34,6 MWh sähköä lumetettavaa rinnehehtaaria kohden. (Timonen 2010, 12.) Sähkön alkuperällä voidaan vaikuttaa hiihtokeskusten ympäristökuormitukseen.

Lumen tuottamiseen tarvittava vesi otetaan useimmiten hiihtokeskuksen lähellä sijaitsevasta vesistöstä, ja jos vesistö on pieni, vedenotolla voi olla negatiivisia vaikutuksia siihen. Esimerkiksi mikäli

valumavedet eivät johdu takaisin siihen vesistöön, mistä ne ovat peräisin, ottovesistön vedenpinta voi alkaa laskea. Valumavedet aiheuttavat eroosiota etenkin sorapäällysteisiin rinteisiin, kun veden mukana valuu maa-ainesta rinteiltä niiden alaosiin. Rinteessä kasvava kasvillisuus ehkäisee eroosiota. Luonnollisesti satava lumi ei sisällä samassa määrin ravinteita kuin vesistöistä otettu lumetusvesi, ja kun tekolumi sulaa rinteiltä, sen sisältämät ravinteet voivat muuttaa rinteiden luonnollista kasvilajistoa, kun veden sisältämät ravinteet ruokkivat tiettyjä lajeja, jotka alkavat tällöin dominoida. (Dambeck 2008.)

4 KASURILAN HIIHTOKESKUS

Kasurilan Hiihtokeskus sijaitsee Siilinjärvellä Kasurilassa, seututien 559 eli Viitosen varressa. Hiihtokeskus on perustettu vuonna 1986, kun Siilinjärven kunnan johto päätti alkaa edistämään matkailua alueella 1980-luvun puolivälin tienoilla. (Rimpiläinen 2017). Kasurilan Hiihtokeskus on Tahkon sekä Vuokatin hiihtokeskusten ohella osa SkiOne Group Oy:n omistaa Huippupaikat Oy:tä, jonka kautta hiihtokeskuksia pyöritetään (Skione). Huippupaikat Oy:n liikevaihto vuonna 2020 oli 8 814 000 € ja liikevoitto 355 000 € (Kauppalehti). Kasurilan Hiihtokeskuksen päätöksenteko on itsenäistä, mutta taloudellisissa asioissa SkiOne on yhtenäinen yritys.

4.1 Hiihtokeskuksen toiminta

Kasurilassa on 8 rinnettä, 4 ankkurihissiä, 1 sompahissi sekä 1 mattohissi (kuva 5). Rinteiden juurella on vuokraamo, kahvio sekä lipunmyynti. Hiihtokeskuksessa toimii hiihtokoulu sekä lumilautailu- ja freestyleseura. Kesäisin Kasurilassa ei ole toimintaa, mutta rinnealuetta voi hyödyntää lenkkeilymaastona.



KUVA 5 Näkymä Kasurilan rinteiden juurelta Välisiili- ja Metsäsiili-rinteiden alaosaan. Kuvassa oikealla mattohissi. (Viherkoski 2021, CC BY-SA.)

Laskettelukausi alkaa Kasurilassa yleensä marraskuun loppupuolella (Rimpiläinen 2017), kun lämpötila laskee pysyvästi 0 °C:n alapuolelle, ja lumetus voidaan aloittaa. Kausi kestää pitkälle kevääseen, huhtikuun puolivälin tienoille. Kevään eteneminen vaikuttaa keskuksen sulkemiseen merkittävästi. Mikäli kevät on erityisen lämmin ja lumi alkaa sulaa rinteiltä niin, että kunnossapito ei enää onnistu, ne joudutaan sulkemaan. Sääolojen lisäksi myös asiakasmäärien vähentyminen vaikuttaa rinteiden sulkemispäätökseen.

4.2 Keinolumen tarve

Hiihtokeskuksella on vedenottolupa syyskauden aikana enintään 50 000 m³:lle ja kevätkauden aikana enintään 20 000 m³:lle vettä, eli koko laskettelukauden aikana lupa on 70 000 m³:lle vettä. Lupa on päivitetty suuremmalle vesimäärälle vuonna 2002, sillä lumetusveden tarve oli kasvanut säätekijöiden ja toiminnan kehittämisen vuoksi. Aiempi lupa on myönnetty vuonna 1986, ja lupa oli syyskauden aikana enintään 20 000 m³:lle ja kevätkaudella enintään 5 000 m³:lle vettä. Vedenoton lisäämisen lisäksi lupa myönnettiin myös rannan ruoppaamiselle vedensaannin varmistamiseksi, sekä putken asentamiseen vesistön pohjaan. (Itä-Suomen ympäristölupaviraston päätös 84/02/3 2002, 1–2, 4.)

Lumetettava rinnepinta-ala on noin 20 hehtaaria. Lumipatja rinteessä ei kuitenkaan ole tasainen, vaan rinteiden muotoiluun sekä hyppyreiden kasaamiseen tarvitaan satoja kuutioita lunta. Kasurilan Hiihtokeskuksen kalustolla 1 kuutiosta vettä saadaan keskimäärin 2,5 kuutiota lunta, jolloin koko lumetuskauden aikana Kasurilassa tuotetaan noin 175 000 m³ tykkilunta. Pakkasen kiristyessä lumetusveden tarve kasvaa, ja vedenhankintapumppu käy täydellä teholla noin 50–70 % ajasta. Lauhemalla säällä tykit eivät pysty tuottamaan yhtä paljoa lunta, joten tykeille johdettavaa vesimäärää pienennetään, jottei lumesta tule liian kosteaa. Lämpötilan ollessa -7 °C vesi riittää kaikille lumitykeille, mutta lämpötilan laskiessa -10 °C:een tykkejä joudutaan poistamaan käytöstä veden riittämättömyyden takia. (Argillander 2021.)

5 KASURILAN HIIHTOKESKUKSEN LUMETUSJÄRJESTELMÄN VEDENOTTO

Lumetusjärjestelmän vedenotto tapahtuu Siilinjärven Sammallahdesta, vajaan 800 metrin päästä hiihtokeskuksesta. Vesi pumpataan rantapumppaamolta (kuva 6) rinteiden juurella sijaitsevalle paineenkorotuspumppaamolle (kuva 7). Putkilinja alittaa junaradan, seututien 559, kevyenliikenteenväylän sekä Kasurilan Hiihtokeskuksen parkkipaikan. Putkilinja kulkee suurimman osan matkasta peltoalueella, missä maaperä on pehmeää.

5.1 Nykytilanne

Putkilinja on 775 metriä pitkä, ja ulkohalkaisijaltaan 200 mm PEH-putkea. Rantapumppaamon ja paineenkorotuspumppaamon välinen geodeettinen nostokorkeus on noin 16 m. Purkuputken pää on kaivon alaosassa, joten vedenpinnan noustessa kaivossa se tuottaa 1–2 mvp vastapainetta. Vettä pumpataan rantapumppaamosta yhdellä Grundfos SP160-2A -porakaivopumpulla, jonka maksimituotto on noin 170 m³/h. Pumppua ohjataan taajuusmuuttajalla, jota säätelee purkukaivon eli paineenkorotuspumppaamon syöttökaivon pinnankorkeus. Kun vedenpinta on laskenut tarpeeksi alas, taajuusmuuttaja saa signaalin pinnankorkeusmittarilta ja säättää pumppua pumppaamaan lisää vettä syöttökaivoon. Vedenhankintajärjestelmän asemapiirustus on liitteessä 1. Pumpun sähköliitymässä on 63 A pääsulakkeet ja pumpulla on 50 A sulakkeet. Pumpun nimellisteho on 22 kW ja nimellisvirta 47,5 A. (Grundfos ei pvm.)



KUVA 6 Rantapumppaamo eli vedenottamo. Pumppu on uppoasennettu kaivoon noin 3–4 m:n syvyyteen. (Viherkoski 2021, CC BY-SA.)



KUVA 7 Paineenkorotuspumppaamon pumput. Rantapumppaamolta tuleva vesi purkautuu pumppujen alapuolella olevaan kaivoon, josta paineenkorotuspumpput pumppaavat vettä rinteissä sijaitseville lumitykeille 26–28 baarin paineella. (Viherkoski 2021, CC BY-SA.)

5.2 Laskennallisen kapasiteetin vertailu todelliseen kapasiteettiin

Grundfos SP160-2A-pumpun nimellinen tuotto on $160 \text{ m}^3/\text{h}$ ja nostokorkeus 34 m. Pumpun laskennallinen toimintapiste määritettiin Darcy-Weisbachin painehäviökaavaa sekä Hazen-Williamsin kaavaa käyttäen. Laskennassa ei huomioitu paikallishäviöitä, sillä putkilinjan tarkka rakenne ei ole selvillä. Lisäksi nykytilanne mallinnettiin Epanetissa. Pumpun laskennallinen toimintapiste on n. $160 \text{ m}^3/\text{h}$ 33 m nostokorkeudella, kun määrittäminen on tehty Darcy-Weisbachin painehäviökaavan avulla (liite 2). Hazen-Williamsin kaavaa käytettäessä toimintapiste on $170 \text{ m}^3/\text{h}$ 30 m nostokorkeudella (liite 3). Epanet-mallinnuksessa tuotto on $168 \text{ m}^3/\text{h}$ ja painehäviöviivan kaltevuus 23,66 ‰.

Pumpun todellinen tuotto on Argillanderin mukaan $170 \text{ m}^3/\text{h}$, mikä vastaa melko tarkasti pumpun laskennallista tuottoa sekä Epanet-mallinnusta.

5.3 Tulevaisuudennäkymät

Lumetusjärjestelmän paineenkorotuspumppujen vedentarve on suurimmillaan $220\text{--}250 \text{ m}^3/\text{h}$, kun lämpötila on $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ tai kylmempi. Vedenottokapasiteettia täytyisi saada täten $70\text{--}90 \text{ m}^3/\text{h}$ suuremmaksi.

Peltoalueelle, missä vedenottamon ja paineenkorotuspumppaamon välinen putkilinja sijaitsee, on tulevaisuudessa tarkoitus rakentaa asuinkiinteistöjä. Kaavoitussuunnitelmia alueelle on jo tehty. Siilinjärven kunnan kaavoituspäällikön Timo Nenosen (2021) mukaan vesiputken olemassaolosta ollaan tietoisia, mutta putken tarkka sijainti ei välttämättä ole tiedossa. Putki ja sen vaatima suoja-alue

otetaan huomioon kaavoituksessa, mutta mikäli putki päätetään saneerata, ja sen vaatima alueva-
raus muuttuu tai putken sijainti tarkentuu, Nenonen pyytää ottamaan yhteyttä kaavoitustoimeen.
Putkea ei ole kaivettu kovin syväälle vedenottamon tuntumassa, joten se on syytä huomioida, mikäli
alueella tehdään kaivutöitä.

Vedenottamolle rakennettiin uusi holtoväylä, joka kiertää kyseisen peltoalueen Savelan kautta juna-
radan itäpuolelle. Vanha huoltoväylä kulki pellon läpi suoraan hiihtokeskukselta vedenottamolle put-
kilinjan vieressä.

6 VAIHTOEHDOT KAPASITEETIN LISÄÄMISEKSI

Nykyisellä kapasiteetilla vettä saadaan pumpattua 170 m³/h. Optimaalinen virtaama lumetusjärjestelmän tehokkaan toiminnan kannalta olisi 220–250 m³/h, jolloin vesi riittäisi alle -10 °C:n pakkasella kaikille lumitykeille.

Kapasiteetin lisäämiseksi valittiin nykytilanteen lisäksi 4 toteutusvaihtoehtoa sekä yksi vaihtoehtoinen optio:

- 0 - Nykytilanne
- 1 - Nykypumppu + 315 mm putki radan jälkeen
- 2 - Uusi isompi pumppu + 315 mm putki radan jälkeen
- 3 - Uusi pumppu + vanha putki
- 4 - Uusi pumppu + rinnakkainen 315 mm putki radan jälkeen
- 5 - Välipumppaamo (optio, jos 2. tai 4. vaihtoehdon virtaama ei vielä riitä)

6.1 Laskentamenettelyt

Vaihtoehdot 0, 1 ja 3 laskettiin käsin Excelissä sekä mallinnettiin Epanetissa, ja vaihtoehdot 2 ja 4 mallinnettiin vain Epanetissa. 5. vaihtoehtoa ei lopulta mallinnettu ollenkaan. Käsin laskenta toteutettiin laskemalla putken virtaushäviö metreinä eri virtaamilla, ja lisäämällä se geodeettiseen nostokorkeuteen, jotta saatiin selville pumpun kokonaisnostokorkeus (liite 7). Tämän avulla piirrettiin pumppukäyrään putken vastuskäyrä, ja näiden kahden käyrän risteyskohdasta saatiin selville pumpun toimintapiste. Epanet-mallinnuksessa piirrettiin verkosto mahdollisimman tarkasti karttatarkastelun avulla, ja eri parametreja - putken halkaisijaa, karkeutta ja pumppukäyriä - muuttamalla mallinnettiin toteutusvaihtoehdot. Epanet-mallinnuksen tulokset on koottu liitteessä 8. Pumpun mitoituksessa käytettiin Grundfosin mitoitusyökalua, ja pumpun käyttö- ja investointikustannuslaskennan lähtötiedot saatiin pumpun tiedoista. Mitoituksen lähtöarvoina käytettiin 250 m³/h virtaamaa ja 25 m nostokorkeutta, joka saatiin painehäviölaskennan tuloksista (liite 7).

Investointi- ja käyttökustannukset laskettiin annuiteettimenetelmää käyttäen, ja kuoletusaikana käytettiin vertailun vuoksi 10, 20 ja 40 vuotta. Laskut ovat liitteessä 9. Putken rakennuskustannusten yksikköhinta saatiin Afryn vuonna 2020 tekemästä Vesihuollon investointitarpeet vuoteen 2040 -selvityksestä soveltamalla vesiosuuskuntien yksikköhintaa vastaamaan suuremmalla putkikoolla rakennettua johtoa. Selvityksessä vesijohto- ja viemärisaneerauksen yksikköhinta vesiosuuskunnissa on 80 €/m, ja hinta laskettiin vastaamaan materiaalikustannuksiltaan Ø 315 mm putkea, jolloin hinnaksi saatiin 246 €/m olettaen, että asennuskustannukset ovat samat putkikoosta riippumatta. Mitoitus- ja kustannuslaskenta on tehty paineluokan PN10 putkelle. Paine ei nouse putkessa yli 4,2 baarin, jolloin paineluokan PN6 putkikin riittäisi, mutta paineluokan PN10 putkia on helpommin saatavilla kuin paineluokan PN6 putkia.

Pumpun käyttökustannukset laskettiin nykyisen vedenottoluvan mukaiselle määrälle 70 000 m³/kausi, sekä 100 000 m³:lle kaudessa, mikäli tulevaisuudessa ilmenee tarve lisätä veden ottoa.

6.2 Vaihtoehtojen esittely

Vaihtoehto 0 – Nykytilanne

Toteutusvaihtoehdossa 0 putkilinja ja pumppu säilytetään nykyisellään (kuva 8), jolloin virtaama on noin 170 m³/h. Virtauksesta johtuva kitkahäviö on tällöin 14,5–19,24 mvp kokonaisnostokorkeuden ollessa 30,5–35,24 m.

Vaihtoehdosta ei aiheudu investointikustannuksia, mutta pumpun käyttökustannukset ovat 70 000 m³ vuosittaisella pumppausmäärällä noin 400 euroa ja 100 000 m³ vuosittaisella pumppausmäärällä noin 570 euroa.



KUVA 8 Putkilinja nykytilanteessa (Viherkoski 2021, muokattu lähteestä MML)

Vaihtoehto 1 – Nykyinen pumppu + uusi 315 mm putki radan alituksen jälkeen

Toteutusvaihtoehdossa 1 pumppu pysyy ennallaan, mutta putkilinja korvataan radan jälkeiseltä osuudelta Ø 315 mm PE-vesijohdolla noin 635 metrin matkalta (kuva 9). Epanet-mallin laskema virtaama on noin 198 m³/h. Käsin laskettuna virtaama on 195–200 m³/h laskentakaavasta riippuen.

Uuden putken investointikustannusarvio on yhteensä 156 350 € sisältäen asennuksen. Kustannukset on jyvitetty taulukoissa 2–4 kuoletusaikojen mukaisille jaksoille eri korkokantojen mukaan. Pumpun käyttökustannusarvio on 70 000 m³ vuosittaisella tuotolla noin 400 € ja 100 000 m³ vuosittaisella tuotolla noin 570 €.



KUVA 9 Putken koko vaihtoehdossa 1 (Viherkoski 2021, muokattu lähteestä MML)

Vaihtoehto 2 – Uusi pumppu + uusi 315 mm putki radan alituksen jälkeen

Toteutusvaihtoehdossa 2 Vanha pumppu korvataan uudella, tehokkaammalla SP 215-2 -porakaivo-pumpulla ja junaradan jälkeinen, 635 m:n pituinen putkiosuus rakennetaan Ø 315 mm PE-putkesta (kuva 10). Epanet-mallinnuksessa virtaamaksi saatiin 255,9 m³/h, kun pumppu käy 90 % nopeudella ja 297 m³/h, kun pumppu käy 100 % nopeudella.

Uuden putken investointikustannusarvio on asennuksineen yhteensä 156 350 € ja uuden pumpun investointikustannusarvio 21 676 €. Pumpulle lasketut kustannukset sisältävät arvion asennustyön hinnasta. Uuden pumpun vuosittainen käyttökustannusarvio on 70 000 m³ tuotolla noin 380 € ja 100 000 m³ tuotolla noin 540 €. Kustannukset on jyvitetty kuoletusaikojen sekä korkokantojen mukaisiin osiin taulukoissa 2–4.



KUVA 10 Putken koko vaihtoehdossa 2 (Viherkoski 2021, muokattu lähteestä MML)

Vaihtoehto 3 – Uusi pumppu + vanha putki

Toteutusvaihtoehdossa 3 pumppu korvataan uudella, tehokkaammalla SP 215 -2-pumpulla, ja putki-
linja säilytetään ennallaan (kuva 11). Epanet-mallin laskema virtaama on 90 % pumpun nopeudella
220,8 m³/h ja 100 % nopeudella 247,8 m³/h.

Pumpun investointikustannusarvio on 21 676 € sisältäen asennuksen. Pumpun vuosittainen käyttö-
kustannusarvio on 70 000 m³ tuotolla noin 380 € ja 100 000 m³ tuotolla noin 540 €. Pumpun kustan-
nukset on jyvitetty taulukoissa 2–4 kuoletusaikojen mukaisiin osiin eri korkokannoilla.



KUVA 11 Putken koko vaihtoehdossa 3 (Viherkoski 2021, muokattu lähteestä MML)

Vaihtoehto 4 – Uusi pumppu ja uusi putki vanhan rinnalle

Toteutusvaihtoehdossa 4 pumppu korvataan SP 215-2 -pumpulla ja junaradan jälkeisen, 635 m pituisen \varnothing 200 mm putken rinnalle rakennetaan uusi, \varnothing 315 mm putki (kuva 12). Pumpun pyöriessä 90 % nopeudella Epanet-mallin laskema virtaama on 257,8 m³/h ja täydellä nopeudella 299,7 m³/h.

Jos rinnakkaisputki rakennetaan ennen uuden pumpun hankintaa, vanhalla pumpulla rinnakkaislinjaa pitkin saadaan Epanet-mallin mukaan pumpattua vettä 203,9 m³/h.

Kustannusarvio uudelle putkelle olisi noin 156 350 € ja pumpulle 21 676 €. Pumpun vuosittainen käyttökustannusarvio on 70 000 m³ tuotolla noin 380 € ja 100 000 m³ tuotolla noin 540 €. Kustannukset on jyvitetty kuoletusaikojen mukaisiin sekä eri korkokantoja vastaaviin osiin taulukoissa 2–4.



KUVA 12 Putkien koot vaihtoehdossa 4 (Viherkoski 2021, muokattu lähteestä MML)

Vaihtoehto 5 – Välipumppaamo junaradan jälkeiselle putkiosuudelle

Toteutusvaihtoehtoa 5 voidaan pitää varavaihtoehtona, mikäli edellisten vaihtoehtojen kapasiteetti ei vieläkään olisi riittävä. Välipumppaamolla saadaan nostettua painetta, mikäli putken kitkahäviö olisi edelleen liian suuri. Mallinnuksen pohjalta voidaan todeta, että vaihtoehdoissa 2, 3 ja 4 virtaama on vähintään 248 m³/h, mikä on riittävä, sillä ero tavoiteltuun 250 m³/h virtaamaan on erittäin vähäinen. Välipumppaamo ei täten ole tarpeellinen, joten virtaamaa eikä kustannuksia ole laskettu tähän vaihtoehtoon.

Taulukko 2 Toteutusvaihtoehtojen vuosittaiset kokonaiskustannukset 1 % korolla eri kuoletusajoilla

vuosittaiset kokonaiskustannukset (€/v) 1 % korolla			
toteutusvaihtoehto	kuoletusaika (v)	Q=70 000 m ³	Q=100 000 m ³
ve0 (Q _{max} 170 m ³ /h)		398,86	569,80
ve1 (Q _{max} 198 m ³ /h)	10	16906,83	17077,76
	20	9063,15	9234,09
	40	5160,65	5331,59
ve2 (Q _{max} 297 m ³ /h)	10	19173,35	19334,82
	20	10242,26	10403,73
	40	5798,73	5960,20
ve3 (Q _{max} 248 m ³ /h)	10	2665,38	2826,85
	20	1577,96	1739,44
	40	1036,93	1198,41
ve4 (Q _{max} 300 m ³ /h)	10	19173,35	19334,82
	20	10242,26	10403,73
	40	5798,73	5960,20

Taulukko 3 Toteutusvaihtoehtojen vuosittaiset kokonaiskustannukset 5 % korolla eri kuoletusajoilla

vuosittaiset kokonaiskustannukset (€/v) 5 % korolla			
toteutusvaihtoehto	kuoletusaika (v)	Q=70 000 m ³	Q=100 000 m ³
ve0 (Q _{max} 170 m ³ /h)		398,86	569,80
ve1 (Q _{max} 198 m ³ /h)	10	20647,16	20818,10
	20	12944,95	13115,88
	40	9510,76	9681,70
ve2 (Q _{max} 297 m ³ /h)	10	23432,22	23593,70
	20	14662,21	14823,68
	40	10751,92	10913,40
ve3 (Q _{max} 248 m ³ /h)	10	3183,92	3345,40
	20	2116,12	2277,59
	40	1640,02	1801,49
ve4 (Q _{max} 300 m ³ /h)	10	23432,22	23593,70
	20	14662,21	14823,68
	40	10751,92	10913,40

Taulukko 4 Toteutusvaihtojen vuosittaiset kokonaiskustannukset 10 % korolla eri kuoletusajoilla

vuosittaiset kokonaiskustannukset (€/v) 10 % korolla			
toteutusvaihtoehto	kuoletusaika (v)	Q=70 000 m ³	Q=100 000 m ³
ve0 (Q _{max} 170 m ³ /h)		398,86	569,80
ve1 (Q _{max} 198 m ³ /h)	10	25844,43	26015,36
	20	18763,90	18934,84
	40	16387,32	16558,26
ve2 (Q _{max} 297 m ³ /h)	10	29350,02	29511,49
	20	21287,88	21449,36
	40	18581,82	18743,29
ve3 (Q _{max} 248 m ³ /h)	10	3904,45	4065,92
	20	2922,83	3084,31
	40	2593,35	2754,83
ve4 (Q _{max} 300 m ³ /h)	10	29350,02	29511,49
	20	21287,88	21449,36
	40	18581,82	18743,29

7 KOKONAISTALOUDELLISIMMAN RATKAISUN ESITTELY

Vedenottojärjestelmän putki ei vastaa painetasovaatimuksiltaan talousvesiverkoston putkea, eikä putki ole käytössä jatkuvasti, joten putkeen ei aiheudu kuormitusta samalla tavalla kuin kunnallisen vesihuoltoverkoston putkiin. Lisäksi putki on peltoalueella, joten siihen ei kohdistu rasitusta samalla tavalla kuin katualueella sijaitsevaan vesijohtoon. Nykyinen putki on rakennettu vuonna 1986, joten sen ikä on 35 vuotta. Putkiston rakenne on yksinkertainen, se ei sisällä haaroja ja venttiileitä siinä määrin kuin kunnallisen vesihuoltoverkoston putket, joten nykyisellä putkella on elinikää vielä mahdollisesti useita kymmeniä vuosia.

Pumppu on käytössä yhtä lailla vain muutaman kuukauden vuodesta, joten sen kuormitus on samoin huomattavasti vähäisempää kuin kunnallisen vesihuoltoverkoston jatkuvasti käytössä olevien pumppujen kuormitus. Käyttötunteja vuodessa on vain noin 700.

Ongelmana on kapasiteetin riittämättömyys ilman lämpötilan laskiessa alle -10 °C :n, kun vesi ei riitä kaikille lumitykeille, ja lumetuksen tehokkuus kärsii. Ratkaisuna ongelmaan esitän toteutusvaihtoehdon 4, eli pumpun vaihtamista tehokkaampaan, sekä putkilinjan haaroittamista junaradan jälkeisellä osuudella siten, että nykyisen $\text{Ø } 200\text{ mm}$ putken rinnalle rakennetaan $\text{Ø } 315\text{ mm}$ putki, ja vanha linja jää myös käyttöön. Putkilinjan suurentaminen koko matkalta olisi kustannuksiltaan erittäin kallista saatavaan hyötyyn nähden, sillä putkimateriaalikustannukset ovat korkeat ja junaradan alittamisen tekninen toteutus on haasteellista ja kallista.

Hanke on järkevintä toteuttaa kahdessa osassa siten, että ensin toteutetaan käytännössä vaihtoehto 3 eli vaihdetaan pumppu, ja myöhemmin uusitaan putkilinja. Näin kustannukset saadaan jaettua pidemmälle ajalle, ja pumpun vaihdosta saatavaa hyötyä voidaan tarkastella todellisuudessa, ja jatkosuunnitelmaa voidaan tarvittaessa muokata.

Vaihe 1 – pumpun uusiminen

Uudeksi pumpuksi valikoitui Grundfos SP 215-2 -porakaivopumppu, joka kuuluu samaan sarjaan kuin nykyinen SP 160-2A -pumppu. Nykyinen pumppu on pituudeltaan 1624 mm, ja uusi pumppu on 2266 mm pitkä. Kaivon syvyys on 4 m, joten uusi pumppu voidaan asentaa nykyiseen kaivoon. Pumpun tekniset tiedot ovat liitteessä 10.

Uuden pumpun toimintapiste nykyisen putken kanssa on Epanet-mallissa laskettuna $248\text{ m}^3/\text{h}$, Darcy-Weisbachin kaavalla laskettuna $220\text{ m}^3/\text{h}$ (liite 4) ja Hazen-Williamsin kaavalla laskettuna $240\text{ m}^3/\text{h}$ (liite 5). Ero tavoiteltuun $250\text{ m}^3/\text{h}$ virtaamaan on noin $2\text{--}30\text{ m}^3/\text{h}$, eli pelkästä pumpun vaihdosta saatava hyöty on kohtalaisen suuri. Pumpun tuottama paine putken alkupäässä on Epanet-mallin mukaan nykytilanteessa $32,4\text{ mvp}$. Uuden pumpun tuottama paine on 90% nopeudella $36,4\text{ mvp}$ ja 100% nopeudella $41,5\text{ mvp}$, joten nykyisen, paineluokan PN6 putken pitäisi kestää uuden pumpun tuottama paine. Kun toisessa vaiheessa putkea suurennetaan, paine laskee $23\text{--}26$ metriin vesipatsasta.

Pumpun hinta on $19\,676\text{ €}$ ja asennuksen voidaan arvioida Pajulan (2021) mukaan maksavan noin 2000 € . Nykyisen pumpun nimellisvirta on $47,5\text{ A}$ ja teho 22 kW . Pumpun sulakkeet ovat 50 A ja

pääsulakkeet 63 A. Uuden pumpun nimellisvirta on 96,5 A ja nimellisteho 45 kW. Sähköliittymää täytyy suurentaa uudelle pumpulle riittäväksi, jolloin uusien pääsulakkeiden koon on oltava vähintään 100 A, ja myös kaapeloinnin riittävyys täytyy tarkistaa. Liittymän suurentaminen 63 A:sta 100 A:iin maksaa 2 790 € (Kylliäinen 2021), ja kaapeloinnin mahdollisesta uusimisesta noin 190 m:n matkalta aiheutuu myös kustannuksia. Kylliäisen antamat tiedot kaapeloinnista ja sen riittävydestä ovat liitteessä 6 olevassa sähköpostikeskustelussa.

Pumpun vuosittaiset energiakustannukset ovat 70 000 m³ vuosittaisella pumppauksella noin 380 € ja 100 000 m³ vuosittaisella pumppauksella noin 540 €. Säästöä vanhaan pumppuun verrattuna on 20–30 €/vuosi, joten säästö ei ole merkittävä.

Vaihe 2 – rinnakkaisputken rakentaminen

Kun nähdään, miten pumpun uusiminen vaikuttaa todellisuudessa saatavaan virtaamaan, tiedetään tarkemmin tarve putkilinjan suurentamiselle.

Kun uusi pumppu pumppaa vettä haaroitettuun linjaan, vanhassa putkessa maksimivirtaama on 60,9 m³/h ja uudessa putkessa 238,7 m³/h. Putki liittyy takaisin yhdeksi Ø 200 mm putkeksi ennen kaivon purkua, jolloin maksimivirtaama kaivon on noin 300 m³/h. Määrät perustuvat Epanetissa mallinnettuun tilanteeseen. 300 m³/h virtaama palvelee mahdollista tarvetta lisätä tulevaisuudessa lumetuskapasiteettia entisestään, jolloin paineenkorotuspumppujen tuottoa joudutaan luultavasti lisäämään.

Putkilinjan rakennuskustannukset ovat yhteensä noin 156 400 €. Käytettäessä 40 vuoden kuoletusajaksi vuosittaiset kustannukset ovat noin 4 760 € 1 % korolla, jos ajatellaan, ettei hankkeella ole tuottovaatimusta. Rakennuskustannukset ovat huomattavasti alhaisemmat, mikäli työtä ei teetetä urakoitsijalla, vaan se tehdään omana työnä. Kustannukset koostuvat tällöin vain materiaali- ja kalustokustannuksista. Putkilinjan käyttöikä on mahdollisesti pidempi kuin 40 vuotta, mutta kuoletusajavertailussa raja vedettiin 40 vuoteen.

Kaivutyöt voivat olla peltoalueella haastavia, jos maaperä on hyvin pehmeää ja upottavaa. Mikäli näin ei ole, työn pitäisi olla sujuvaa. Tien sekä kevyen liikenteen väylän alitukset ovat haastavampia, ja alitusmenetelmään täytyy kiinnittää huomioita. Parkkipaikan alituksesta ei pitäisi koitua haasteita tai haittaa sivullisille, sillä alueella ei ole käyttöä muuten kuin talvikaudella.

8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työn tavoitteena oli löytää ratkaisu Kasurilan Hiihtokeskuksen lumetusvedenottokapasiteetin lisäämiseksi, kun alle -10 °C:n pakkasella lumetusvesi ei riitä kaikille lumitykeille. Työ toteutettiin valitsemalla useita toteutusvaihtoehtoja kapasiteetin lisäämiseksi, ja mallintamalla Epanetissa sekä laskeamalla käsin Excelin avulla valittiin vaihtoehdoista toteuttamiskelpoisin, jossa sekä toiminnallisuus sekä kustannukset kohtaavat parhaiten. Lopputuloksena saatiin esitettyä vaihtoehto, jossa kahdessa vaiheessa toteutettu hanke tuottaa tavoitellun lopputuloksen, ja jossa jo ensimmäisen vaiheen toteutus parantaa kapasiteettia huomattavasti. Toisen vaiheen valmistuttua lumetuskapasiteettia on mahdollista lisätä vedenoton puolesta, mutta lumetusjärjestelmän muut osat vaativat tällöin päivitystä.

Tilaaaja voi hyödyntää tuloksia saneerauksen suunnittelussa sekä budjetoinnissa. Excel-taulukot on tehty siten, että lähtötietoja on helppo muokata, eli jos esimerkiksi tuottovaade tarkentuu myöhemmin, laskut on helppo päivittää. Hankkeen toteutuessa Kasurilan Hiihtokeskuksen rinteet pystytään lumettamaan entistä lyhyemmässä ajassa, jolloin laskettelukausi saadaan aloitettua aikaisemmin, ja samalla syntyy myös säästöjä energiakustannusten osalta.

On muistettava, että malli ei koskaan vastaa täysin totuutta, joten ei pidä olettaa, että mallin laskevat virtaamat vastaavat täysin todellista virtaamaa. Mallinnus on kuitenkin suuntaa antava, ja esimerkiksi vaihtoehtojen vertailu mallinnuksen avulla onnistuu mainiosti. Haasteita työssä tuotti lähtötietojen vähäinen määrä ja se, että tiedoista osa täytyi etsiä tai päätellä itse. Esimerkiksi ainut käytettävissä ollut karttakuva vesijohtolinjasta on paperille piirretty asemapiirros vuodelta 1986. Epävarmuutta työssä aiheutti lähtötietojen vähyyden lisäksi Hazen-Williamsin kaavan käyttö painehäviölaskennassa, sillä kaava on puolikokeellisesti saatu, ja kaavassa käytettävän, putken karheutta kuvaavan C-arvon käyttöön ei ollut tarkkoja ohjeita lähdekirjallisuudessa. C-arvon muuttaminen muutti suuresti laskujen tuloksia.

Mallinnuksen lisäksi pumpun toimintapiste laskettiin myös käsin useassa toteutusvaihtoehdossa, jotta voidaan arvioida mallin luotettavuutta. Kaikkien toteutusvaihtoehtojen lasketut sekä mallinnetut virtaamat olivat hyvin samansuuruisia. Mallinnettu nykytilanne vastasi suhteellisen tarkasti Argillanderin ilmoittamaa todellista virtaamaa, joten mallia voidaan pitää kohtalaisen luotettavana. Myös käsin lasketut laskut voidaan todeta oikein lasketuiksi, sillä nykytilanteessa eroa todelliseen virtaamaan oli maksimissaan 10 m³/h. Laskennan lähtötiedot perustuvat pitkälti kirjallisuudesta sekä karttatarkastelun avulla saatuihin tietoihin, joten virhettä voidaan pitää jopa yllättävän pienenä.

Grundfosin mitoitustyökalulla tehdyn pumppumitoituksen tulokset vastasivat myös kohtalaisen hyvin todellisia mittaustuloksia esimerkiksi sähkönkulutuksen ja pumppausmäärien osalta. Energiakustannuslaskentaa voidaan täten pitää hyvinkin suuntaa antavana, vaikka arvio onkin erittäin karkea, ja perustuu pumpun mitoitustuloksiin.

Mitoitus ja kustannustarkastelu useita toteutusvaihtoehtoja vertaamalla on yleisesti käytetty tapa vesihuollon suunnittelussa, joten työ on toteutettu alan käytäntöjen mukaan. Kustannuslaskenta on

olennainen osa suunnittelua, ja näin vältytään turhilta kustannuksilta, sekä toisaalta yllättäviltä lisäkustannuksilta. Kustannusarvio on nimensä mukaisesti arvio, joka harvoin pitää täysin paikkansa, ja siihen on suhtauduttava varauksella. Saneeraussuunnittelussa toteutusvaihtoehtoja verrataan aina nykytilanteeseen, jolloin jokaisen vaihtoehdon muutos verrattuna nykyiseen saadaan selvitettyä. Tavoitevirtaama, johon työssä pyrittiin, oli tarkasti tiedossa. Vaihtoehtojen vertailu oli sikäli helppoa, että laskuista nähtiin suoraan, riittääkö vaihtoehtoissa laskettu kapasiteetti kattamaan tavoitevirtaaman.

Jatkossa tulisi selvittää putkilinjan tarkka sijainti, jotta kunnan kaavoitusviranomaisen tietoon tulee putkilinjan asettamat vaatimukset kaavoituksen suhteen. Putkilinja on otettu huomioon kaavoituksessa, mutta putken todellisesta sijainnista ei ole välttämättä olemassa tarkkaa tietoa. Vaikka putkilinja kulkeekin kiinteistörajoja mukaillen, saattaa se joissain kohdin poiketa kiinteistörajoista. Putkea ei ole kaivettu kovin syvälle etenkin rannan puoleisesta päästä. Myös junaradan alittavan suojaputken läpimitta on syytä tarkistaa, sillä mikäli suurempi putki mahduttaisiin viemään läpi suojaputkesta, koko putkilinja saataisiin suurennettua tarpeen vaatiessa.

Suunnittelutyö on useiden tahojen välistä yhteistyötä, ja tässä ajassa ja koronatilanteessa yhteydenotto eri tahoihin oli vähäistä, ja siten useita lähtötietoja on jouduttu kasaamaan oletusten pohjalta. Työ saatiin suunnitelmien mukaan päätökseen, ja tulokset vaikuttavat käyttökelpoisilta. Työskentely oli alkuun hidastempoista ja tehotonta, mutta loppua kohden työskentely tehostui, kun aikataulu kiristyi. Työn olisi voinut aloittaa suoraan kasaamalla lähtötietoja laskentaan ja aloittamalla vaihtoehtojen vertailun, mutta alussa keskityin teoriaosan kirjoittamiseen. Toisaalta perehtymällä ensin lumetusjärjestelmän rakenteeseen ja toimintaan, ymmärrän paremmin sen, mitä hyötyä tekemästäni tutkimuksesta käytännössä on, eli miten vedenottokapasiteetin lisäys todellisuudessa vaikuttaa lumetusjärjestelmän toimintaan.

LÄHTEET

Argillander, Antti 2021. Kasurilan rinnepäällikkö. Suullinen tiedonanto.

Dambeck, Holger 2008. A Slippery Slope: Artificial Snow Harming Alpine Environment, Researchers Warn. Verkkojulkaisu. Spiegel international. <https://www.spiegel.de/international/europe/a-slippery-slope-artificial-snow-harming-alpine-environment-researchers-warn-a-548104.html>. Viitattu 15.3.2021.

Federley, Jaana 2009. Energiatehokas pumppausjärjestelmä. Motiva. https://www.motiva.fi/files/7810/Energiatehokas_pumppausjarjestelma_KOULLUTUSAINEISTO.pdf. Viitattu 18.2.2021.

Grundfos ei pvm. Pump handbook.

Grundfos. SP 160-2-A tuotesivu. <https://product-selection.grundfos.com/fi/products/sp-sp-g/sp/sp-160-2-a-200219A2?pumpsystemid=1293005282&tab=variant-sizing-results>. Viitattu 14.4.2021.

Grundfos. SP215-2 tuotesivu. <https://product-selection.grundfos.com/fi/products/sp-sp-g/sp/sp-215-2-18A04402?rootsystemid=1290792341&pumpsystemid=1290816122&tab=variant-sizing-results>. Viitattu 14.4.2021.

Heikkinen, Voitto ei pvm. Painejohdon optimikoon määrittäminen.

Itä-Suomen ympäristölupavirasto 2002. Muutospäätös 84/02/3 vesioikeuden myöntämään lupapäätökseen 33/Va I/86 vedenoton lisäämiseksi Kasurilan Hiihtokeskuksen tarpeita varten. Siilinjärvi.

Kauppalehti. Yritykset. SkiOne Group Oy. <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritykset/skione+group+oy/08163736>. Viitattu 19.4.2021.

Kylliäinen, Markku 2021. Verkkopalveluasiantuntija. Savon Voima Verkko Oy. Sähköliittymän suurentaminen. Yksityinen sähköpostiviesti 23.4.2021. Viestin saaja: Viivi Viherkoski.

Nenonen, Timo 2021. Kaavoituspäällikkö. Siilinjärven kunta. Maankäytön tulevaisuus Kasurilassa. Tiedonanto puhelimitse. 14.4.2021.

Pajula, Pasi 2021. Suullinen tiedonanto.

Pöntinen, Petri 2011. Suomessa ei lasketella ilman tykkilunta – kuinka se syntyy? Verkkojulkaisu. Suomen Kuvalehti. <https://suomenkuvalehti.fi/jutut/kotimaa/suomessa-ei-lasketella-ilman-tykkilunta-kuinka-se-syntyy/>. Viitattu 29.3.2021.

Rimpiläinen, Markku 2017. 30 vuotta täyteen – Kasurila juhlii retrohengessä. Verkkojulkaisu. Suomen hiihtokeskusyhdistys. <https://www.ski.fi/kasurila/30-vuotta-tayteen-kasurila-juhlii-retrohengessa/>. Viitattu 5.3.2021.

RIL 237-1-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus 2010. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 237-2-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu 2010. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Romanowski, Perry ei pvm. Artificial Snow. Verkkojulkaisu. How Products are Made. <http://www.madehow.com/Volume-4/Artificial-Snow.html>. Viitattu 19.1.2021.

Rossman, Lewis A. 2000. Epanet 2 Users Manual. Verkkojulkaisu. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.microimages.com/documentation/Tutorials/Epanet2UserManual.pdf>. Viitattu 26.3.2021.

Savon Voima 2021, Sähköverkon liittymismaksut 1.3.2021 alkaen. <https://savonvoima.fi/hinnastot-ja-sopimusehdot/>. Viitattu 22.4.2021.

SkiOne Group Oy. Kotisivut. <https://www.skione.fi/konkari/>. Viitattu 19.4.2021.

SnowTrex 2020. How is Artificial Snow Created? Verkkojulkaisu. <https://www.snowtrex.co.uk/magazine/ski-areas/artificial-snow/>. Viitattu 19.1.2021.

Suomen Hiihtokeskusyhdistys ry. Keskukset. Ski.fi. <https://www.ski.fi/keskukset/>. Viitattu 6.4.2021.

Thomas, Lars 2018. Miten lumi syntyy? Verkkojulkaisu. Tieteen Kuvalehti. <https://tieku.fi/luonto/saa/miten-lumi-syntyy>. Viitattu 20.1.2021.

Timonen, Leila 2010. Energiätehokas hiihtokeskus. Motiva. https://www.motiva.fi/files/3227/Energiatehokas_hiihtokeskus.pdfv. Viitattu 8.3.2021.

Vesihuoltolaki 9.2.2001/119. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>. Viitattu 12.3.2021.

Vesilaki 27.5.2011/587. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587#L3P2>. Viitattu 18.2.2021.

Ymparisto.fi 2020. Vesilupa. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Vesilupa. Viitattu 6.4.2021.

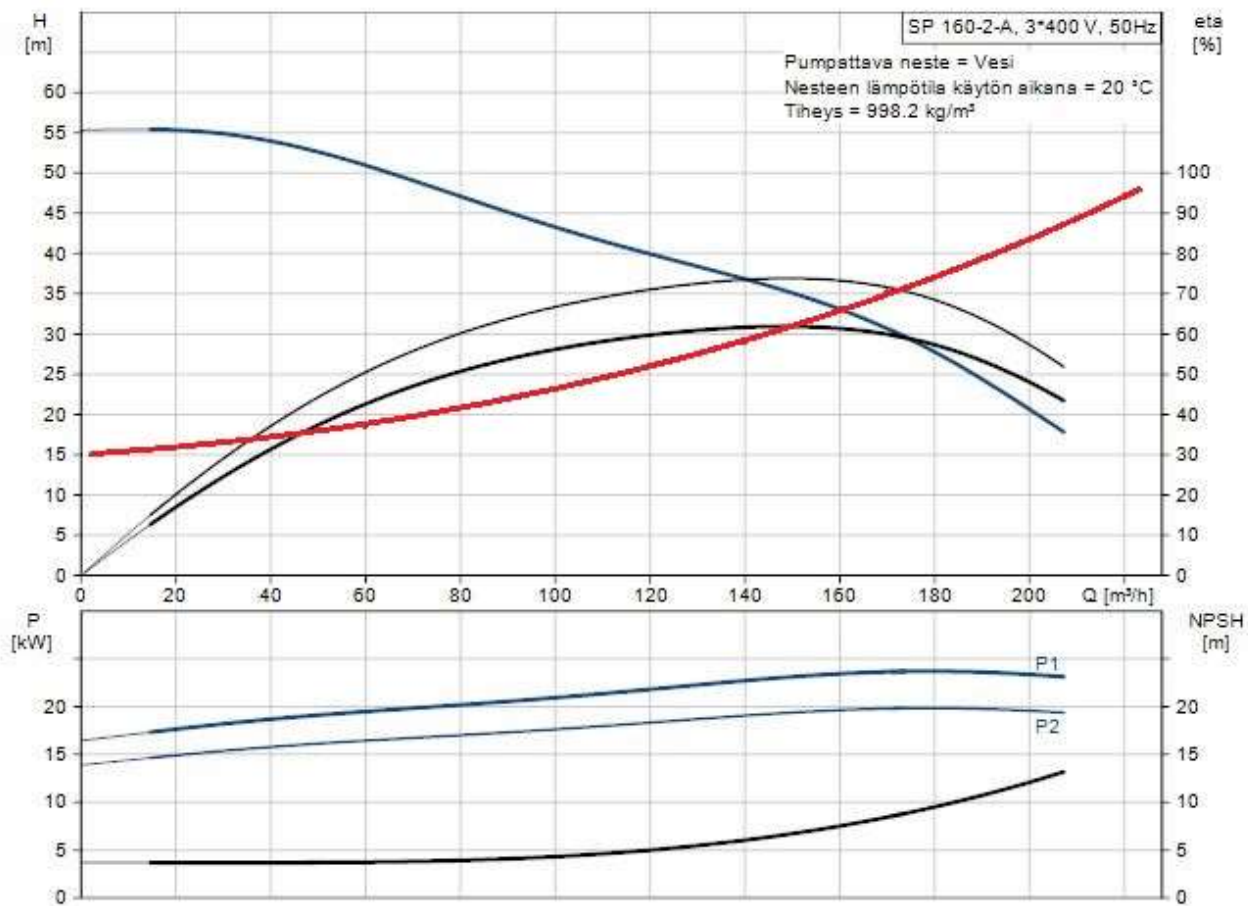
Yritystulkki.fi. Investoinnin kannattavuus. <https://www.yritystulkki.fi/fi/alue/joe/aloittava-yritytaja/suunnittelu/taloussuunnitelmat/investoinninkannattavuus/>. Viitattu 15.4.2021.

LIITE 1: VEDENOTTOJÄRJESTELMÄN ASEMAPIIRUSTUS



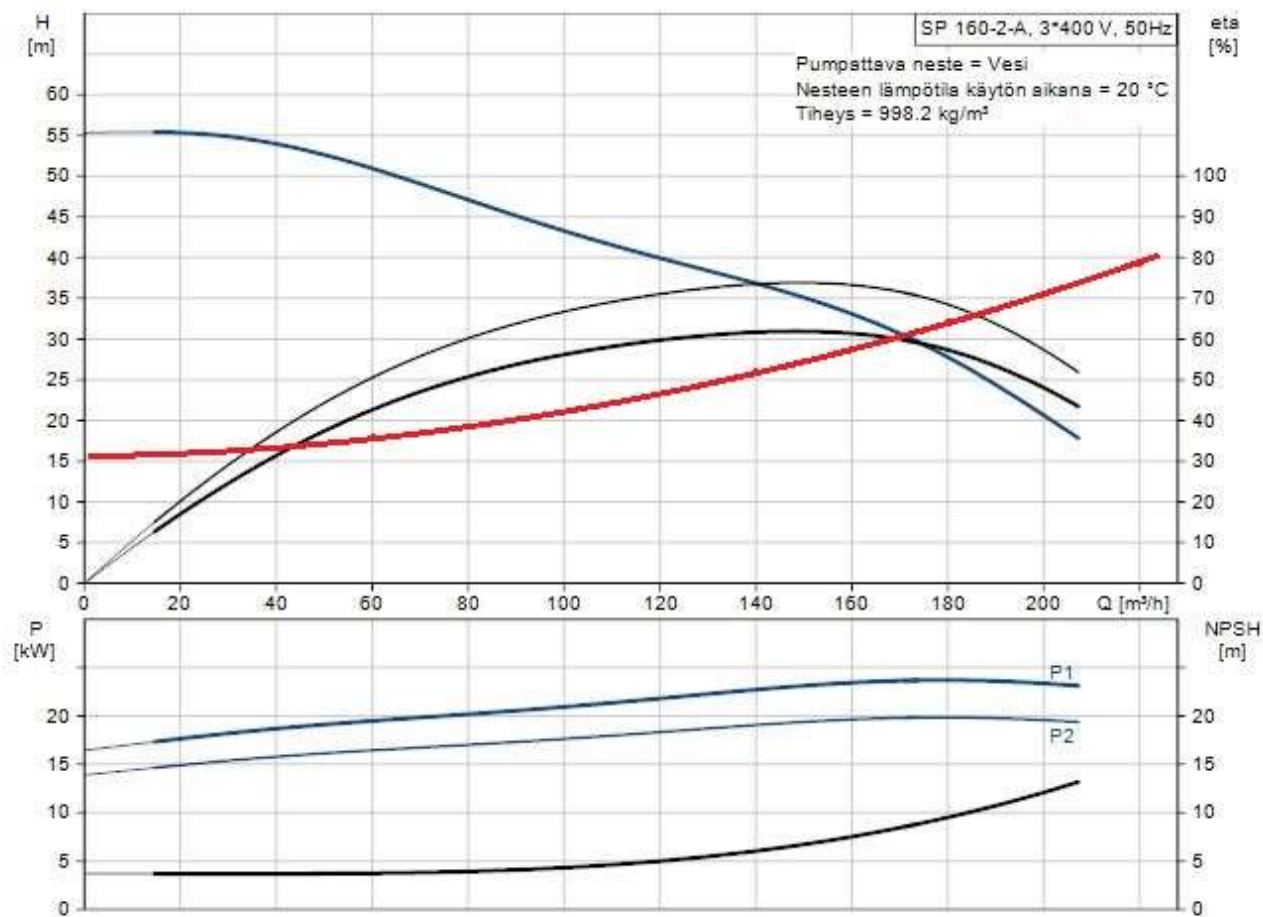
LIITE 2: PUTKEN VASTUSKÄYRÄ NYKYTILANTEESSA DARCY-WEISBACHIN KAAVALLA LASKETTUNA.

SUORITUSKYKY



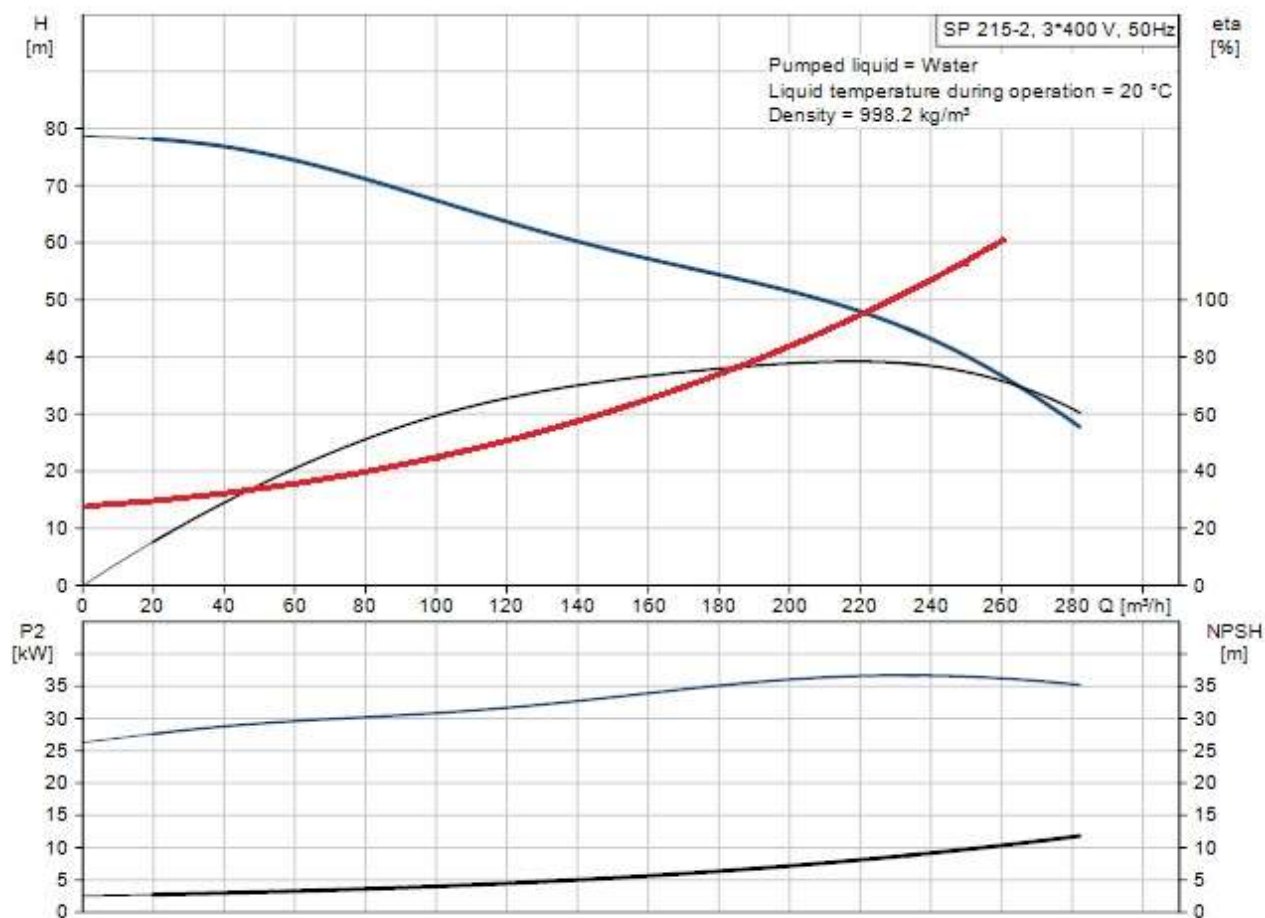
LIITE 3: PUTKEN VASTUSKÄYRÄ NYKYTILANTEESSA HAZEN-WILLIAMSIN KAAVALLA LASKETTUNA.

SUORITUSKYKY



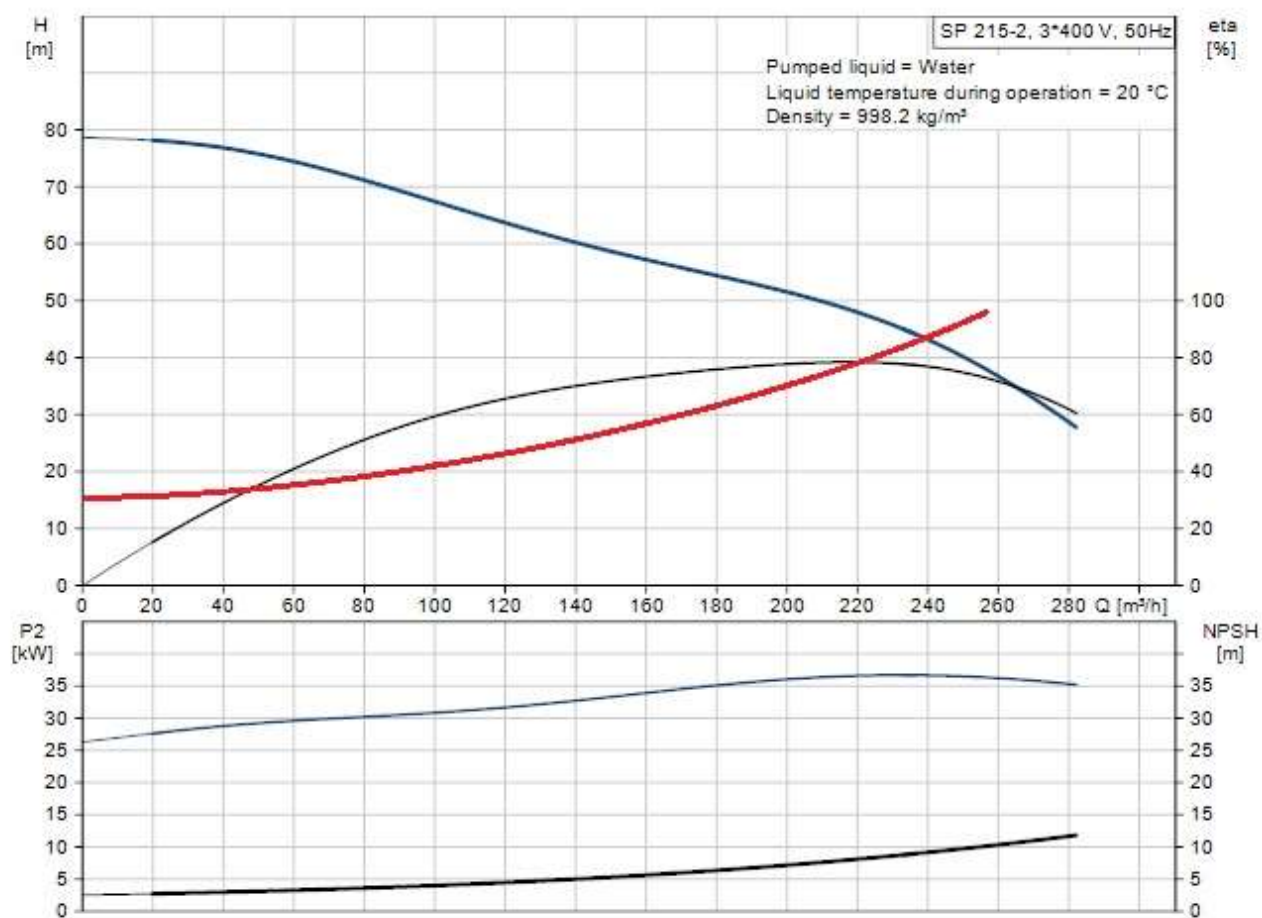
LIITE 4: PUTKEN VASTUSKÄYRÄ VAIHTOEHDOS 3 DARCY-WEISBACHIN KAAVAA KÄYTTÄEN

PERFORMANCE



LIITE 5: PUTKEN VASTUSKÄYRÄ VAIHTOEHDOKSSA 3 HAZEN-WILLIAMSIN KAAVAA KÄYTTÄEN

PERFORMANCE



LIITE 6: SÄHKÖPOSTIKESKUSTELU SAVON VOIMAN VERKKOPALVELUASiantunijan kanssa (LUOTTAMUKSELLINEN)

LIITE 7: PAINEHÄVIÖLASKUT

virtaama m ³ /h	virtaama l/min	virtausnopeus m/s [1]	Reynoldsin luku	kitkakerroin	painehäviö (m) (D-W)	kokonaisnostokorkeus (m)	painehäviö (m) (H-W)	kokonaisnostokorkeus (m)
nykytilanne								
20	333,33	0,23	24195	0,028	0,33	16,33	0,28	16,28
60	1000,00	0,68	71532	0,0245	2,54	18,54	2,11	18,11
100	1666,67	1,14	119921	0,0235	6,85	22,85	5,43	21,43
140	2333,33	1,59	167258	0,023	13,04	29,04	10,12	26,12
150	2500,00	1,71	179881	0,023	15,08	31,08	11,50	27,50
160	2666,67	1,82	191453	0,023	17,08	33,08	12,96	28,96
170	2833,33	1,94	204076	0,0228	19,24	35,24	14,50	30,50
180	3000,00	2,05	215647	0,0227	21,39	37,39	16,12	32,12
190	3166,67	2,16	227218	0,0226	23,64	39,64	17,82	33,82
200	3333,33	2,28	239842	0,0225	26,22	42,22	19,60	35,60
220	3666,67	2,51	264036	0,0223	31,50	47,50	23,38	39,38
250	4166,67	2,85	299802	0,022	40,06	56,06	29,62	45,62
uusi 315 mm muoviputki koko matkalta								
20	333,33	0,09	14916	0,028	0,03	16,03	0,03	16,03
60	1000,00	0,28	46405	0,022	0,25	16,25	0,20	16,20
100	1666,67	0,46	76236	0,0195	0,59	16,59	0,52	16,52
140	2333,33	0,64	106068	0,018	1,05	17,05	0,97	16,97
150	2500,00	0,69	114354	0,0177	1,20	17,20	1,11	17,11
160	2666,67	0,73	120984	0,0175	1,33	17,33	1,25	17,25
170	2833,33	0,78	129270	0,017	1,47	17,47	1,39	17,39
180	3000,00	0,83	137557	0,0169	1,66	17,66	1,55	17,55
190	3166,67	0,87	144186	0,0168	1,81	17,81	1,71	17,71
200	3333,33	0,92	152472	0,0167	2,01	18,01	1,88	17,88
220	3666,67	1,01	167388	0,0165	2,40	18,40	2,25	18,25
250	4166,67	1,15	190590	0,016	3,01	19,01	2,85	18,85

virtaama m ³ /h	virtaama l/min	virtausnopeus m/s [1]	Reynoldsin luku	kitkakerroin	painehäviö (m) (D-W)	painehäviö (m) (H-W)			
vanha putki rannasta junaradalle									
20	333,33	0,23	24195	0,028	0,05	0,04			
60	1000,00	0,68	71532	0,0245	0,39	0,33			
100	1666,67	1,14	119921	0,0235	1,06	0,84			
140	2333,33	1,59	167258	0,023	2,02	1,57			
150	2500,00	1,71	179881	0,023	2,33	1,78			
160	2666,67	1,82	191453	0,023	2,64	2,01			
170	2833,33	1,94	204076	0,0228	2,98	2,25			
180	3000,00	2,05	215647	0,0227	3,31	2,50			
190	3166,67	2,16	227218	0,0226	3,66	2,76			
200	3333,33	2,28	239842	0,0225	4,06	3,03			
220	3666,67	2,51	264036	0,0223	4,88	3,62			
250	4166,67	2,85	299802	0,022	6,20	4,59			
uusi 315 mm putki junaradalta purkukaivolle									
							kokonaisnostokorkeus (m) (D-W)	kokonaisnostokorkeus (m) (H-W)	
20	333,33	0,09	14916	0,028	0,03	0,02	16,08	16,06	
60	1000,00	0,28	46405	0,022	0,20	0,17	16,59	16,49	
100	1666,67	0,46	76236	0,0195	0,48	0,43	17,54	17,27	
140	2333,33	0,64	106068	0,018	0,86	0,80	18,88	18,37	
150	2500,00	0,69	114354	0,0177	0,98	0,91	19,32	18,69	
160	2666,67	0,73	120984	0,0175	1,09	1,02	19,73	19,03	
170	2833,33	0,78	129270	0,017	1,21	1,14	20,18	19,39	
180	3000,00	0,83	137557	0,0169	1,36	1,27	20,67	19,77	
190	3166,67	0,87	144186	0,0168	1,48	1,40	21,14	20,16	
200	3333,33	0,92	152472	0,0167	1,65	1,54	21,71	20,58	
220	3666,67	1,01	167388	0,0165	1,96	1,84	22,84	21,46	
250	4166,67	1,15	190590	0,016	2,47	2,33	24,67	22,92	

kokonaisnostokorkeus, kun rannasta junaradalle tuleva putkiosuus on vanhaa 200 mm putkea ja junaradalta purkukaivolle tuleva osuus on 315 mm putkea

LIITE 8: EPANET-MALLINNUKSEN VIRTAAMAT

		maksimivirtaama (m ³ /h)	paine pumpun jälkeen (mvp)	painehäviöviivan kaltevuus (‰)		virtausnopeus (m/s)	
				putki 3	putki 4	putki 3	putki 4
	ve0	168,3	32,4	23,66	23,66	1,92	1,92
		maksimivirtaama (m ³ /h)	paine pumpun jälkeen (mvp)	painehäviöviivan kaltevuus (‰)		virtausnopeus (m/s)	
				putki 3	putki 4	putki 3	putki 4
	ve1	198,2	22,7	32,66	6,09	2,26	1,35
	nopeus	maksimivirtaama (m ³ /h)	paine pumpun jälkeen (mvp)	painehäviöviivan kaltevuus (‰)		virtausnopeus (m/s)	
				putki 3	putki 4	putki 3	putki 4
ve2	90 %	255,9	23,8	54,08	3,71	2,92	1,17
SP 215-2	100 %	297,0	26,8	72,59	4,87	3,38	1,36
	nopeus	maksimivirtaama (m ³ /h)	paine pumpun jälkeen (mvp)	painehäviöviivan kaltevuus (‰)		virtausnopeus (m/s)	
				putki 3	putki 4	putki 3	putki 4
ve3	90 %	220,8	36,4	40,4	25,99	2,52	2,52
SP 215-2	100 %	247,8	41,5	50,74	32,21	2,82	2,82

rinnakkaisputki					
	nopeus	Q vanha putki (m ³ /h)	Q uusi putki (m ³ /h)	Q säiliöön (m ³ /h)	paine pumpun jälkeen (mvp)
ve1		42,1	161,8	203,9	20,2
ve2	90 %	52,7	205,0	257,8	23,2
	100 %	60,9	238,7	299,7	26,01

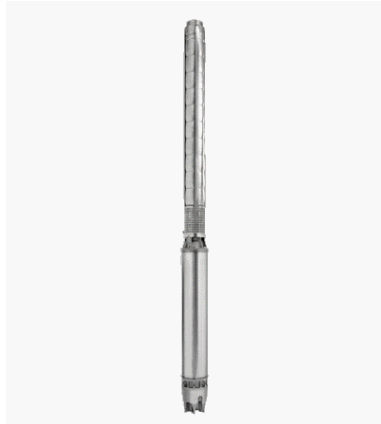
toteutusvaihtoehto	laskutapa	maksimivirtaama m ³ /h
ve0	excel (D-W)	160
	excel (H-W)	170
	Epanet	168,3
ve1	excel (D-W)	195
	excel (H-W)	200
	Epanet	198,2
ve2	Vpumppu 90 %	255,9
	Vpumppu 100 %	297,0
ve3	Vpumppu 90 %	220,8
	Vpumppu 100 %	247,8
ve4	uusi pumppu v 90 %	257,8
	uusi pumppu v 100 %	299,7
	vanha pumppu	203,9

LIITE 9: KUSTANNUSLASKENTA

			korkoprosentti 1 %		
uuden putken investointikustannukset yht.			kuoletusaika n (v)	uuden putken pääomakustannukset Kp (€)	uuden pumpun pääomakustannukset Kp (€)
156352 €			10	16507,97	2288,60
			20	8664,30	1201,18
uuden pumpun investointikustannukset yht.			40	4761,79	660,16
21676 €					
			korkoprosentti 5 %		
			kuoletusaika n (v)	uuden putken pääomakustannukset Kp (€)	uuden pumpun pääomakustannukset Kp (€)
			10	20248,30	2807,14
			20	12546,09	1739,34
			40	9111,91	1263,24
			korkoprosentti 10 %		
			kuoletusaika n (v)	uuden putken pääomakustannukset Kp (€)	uuden pumpun pääomakustannukset Kp (€)
			10	25445,57	3527,67
			20	18365,05	2546,05
			40	15988,46	2216,58
			pumppausmäärä (m3)	vanhan pumpun energiakustannukset (€/kausi)	uuden pumpun energiakustannukset (€/kausi)
			70 000	398,86	376,78
			100 000	569,80	538,26
				erotus uusi ja vanha pumppu, 70 000 m3	22,08
				erotus uusi ja vanha pumppu, 100 000 m3	31,54

Laske Kuvaus

1

SP 215-2

Huom.! Tuotteen kuva voi poiketa todellisesta tuotteesta

Tuote No.: [18A00602](#)

Porakaivoon asennettava oppopumppu soveltuu puhtaan veden pumppaukseen. Pumppu voidaan asentaa pysty- tai vaakasuuntaisesti. Kaikki teräskomponentit on valmistettu ruostumattomasta teräksestä EN 1.4301 (AISI 304), jonka korroosionkesto on huippuluokkaa. Pumpua saa käyttää myös käyttöveden pumppaukseen.

Pumpussa on 45 kW: n MMS8000-moottori, jossa on hiekkalinko, vesivoidellut liukulaakerit ja tilavuuden kompensointikalvo. Uudelleen käämittävän moottorin rakenteen ansiosta käämien käsittely on helppoa. Staattorin käämit on eristetty PVC

Moottorissa ei ole lämpötila-anturia. Pt100- tai Pt1000-anturi voidaan asentaa lämpötilan valvontaa varten. Moottori soveltuu suorakäynnistykseen (DOL).

Neste:

Pumpattava neste: Vesi
Maximum liquid temperature: 30 °C
Maks. nesteen lämpöt. / 0,15 m/s: 25 °C
Nesteen t maks. @ 0,5 m/s: 30 °C
Nesteen lämpötila käytön aikana: 20 °C
Tiheys: 998.2 kg/m³

Tekniset:

Pumpputietoihin perustuva pumpun nopeus: 2900 rpm
Nimellisvirtaama: 215 m³/h
Nimellisoskorkeus: 48 m
Moottorin akseliiviste: CER/CARBON
Käyrätoleranssit: ISO9906:2012 3B
Moottoriversio: T30

Materiaalit:

Pumppu: Stainless steel
EN 1.4301
AISI 304
Juoksupyörä: Stainless steel
EN 1.4301
AISI 304
Moottori: Valurauta
DIN W.-Nr. 0.6025
ASTM 35-40

Asennus:

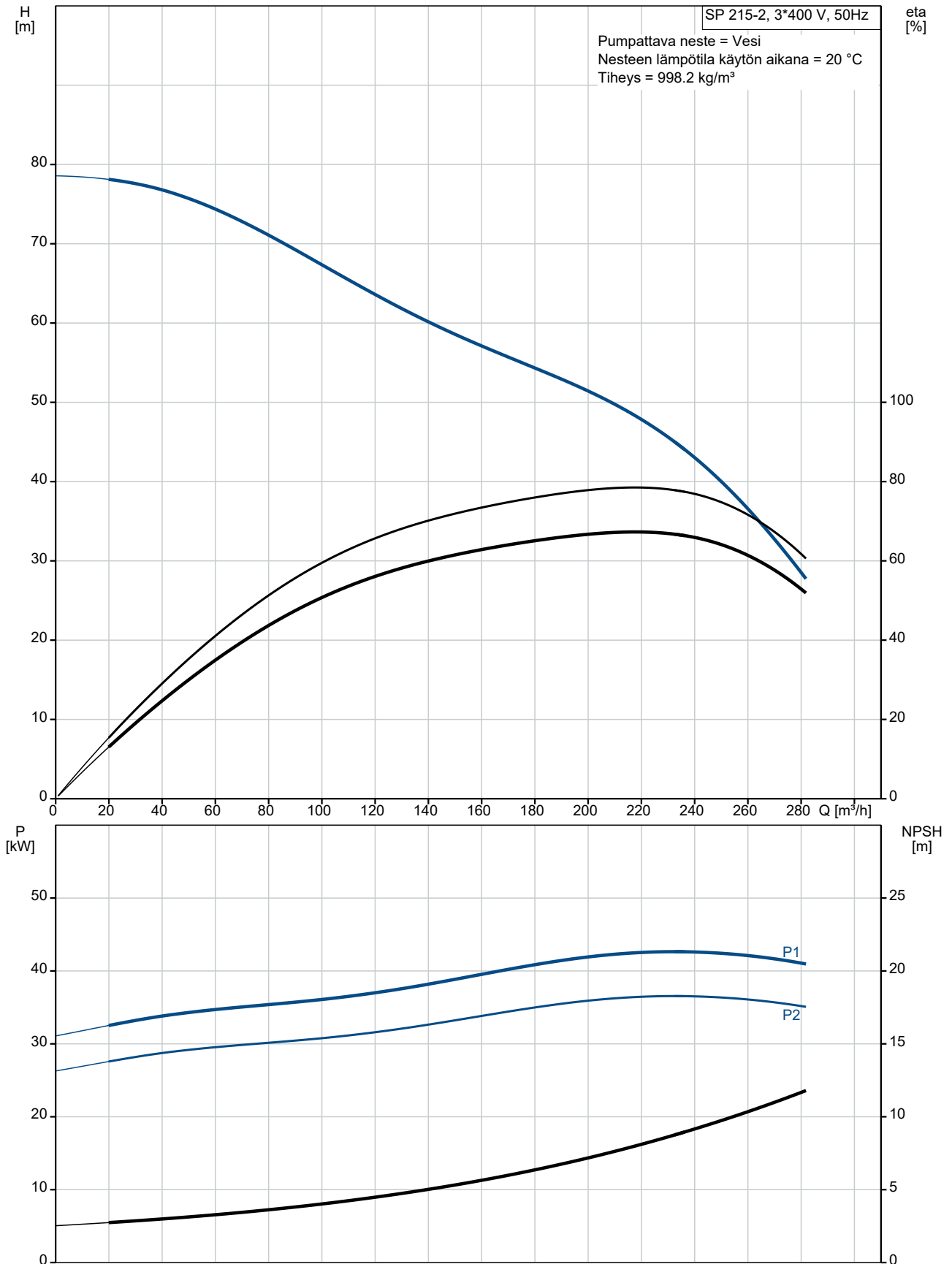
Pumpun paineaukko: RP6
Moottorin halkaisija: 8 inch

Sähkö tiedot:

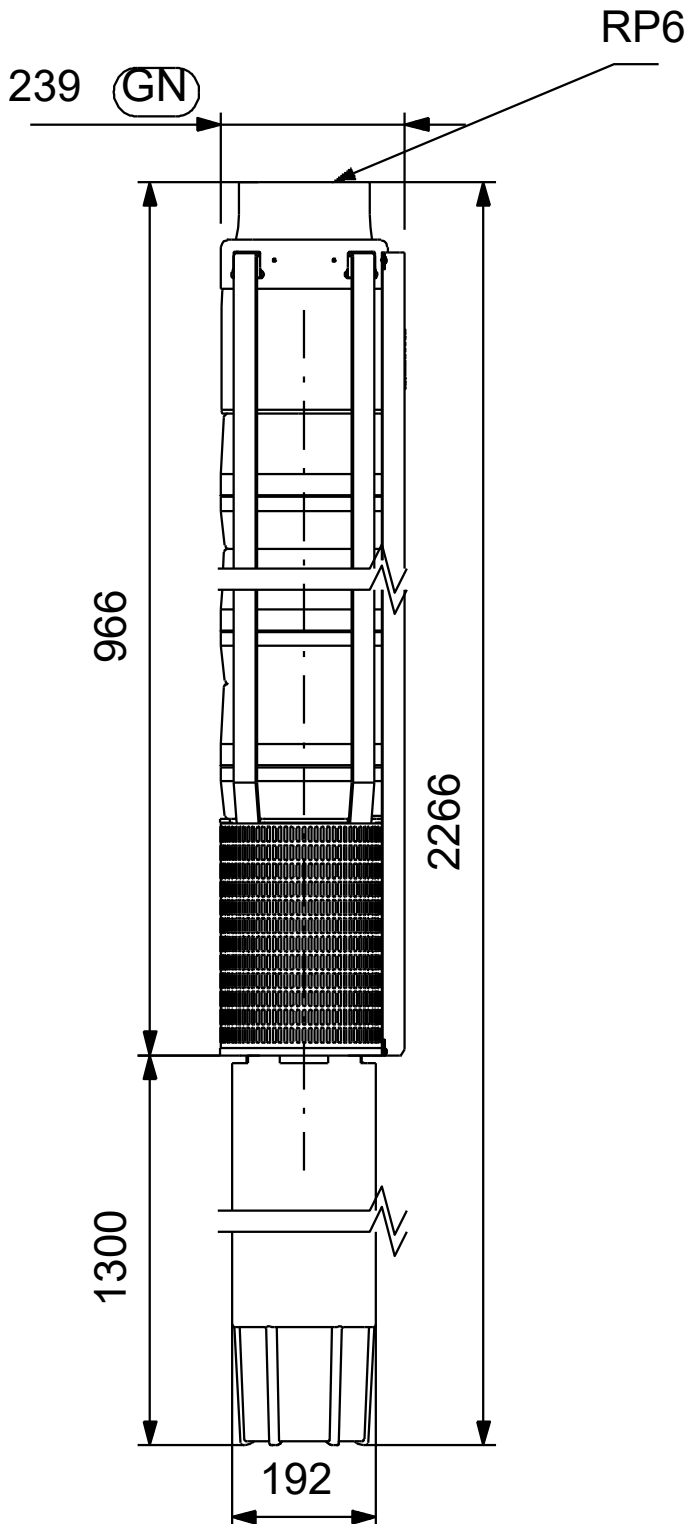
Moottorimalli: MMS8000

Laske	Kuvaus
	Nimellisteho - P2: 45 kW
	Pumpun vaatima teho (P2): 45 kW
	Syöttötaajuus: 50 Hz
	Nimellisjännite: 3 x 380-400-415 V
	Nimellisvirta: 95.5-96.5-96.0 A
	Käynnistysvirta: 560-600-680 %
	Cos phi - tehokerroin: 0.88-0.82-0.80
	Nimellisnopeus: 2900-2910-2920 rpm
	Käynnistystapa: suorakäynn.
	Kotelointiluokka (IEC 34-5): IP68
	Sisäinen lämpötila-anturi: ei
	Mootorin N:o: 96430671
	Käämitykset: PVC
	Muut:
	Minimihyötysuhdeindeksi, MEI ≥: --
	ErP-tila: EuP erillinen tuote
	Nettopaino: 230 kg
	Bruttopaino: 280 kg
	Lähetystilavuus: 0.393 m ³
	Alkuperämaa: DK
	Tullitariffin nro: 84137029

18A00602 SP 215-2 50 Hz



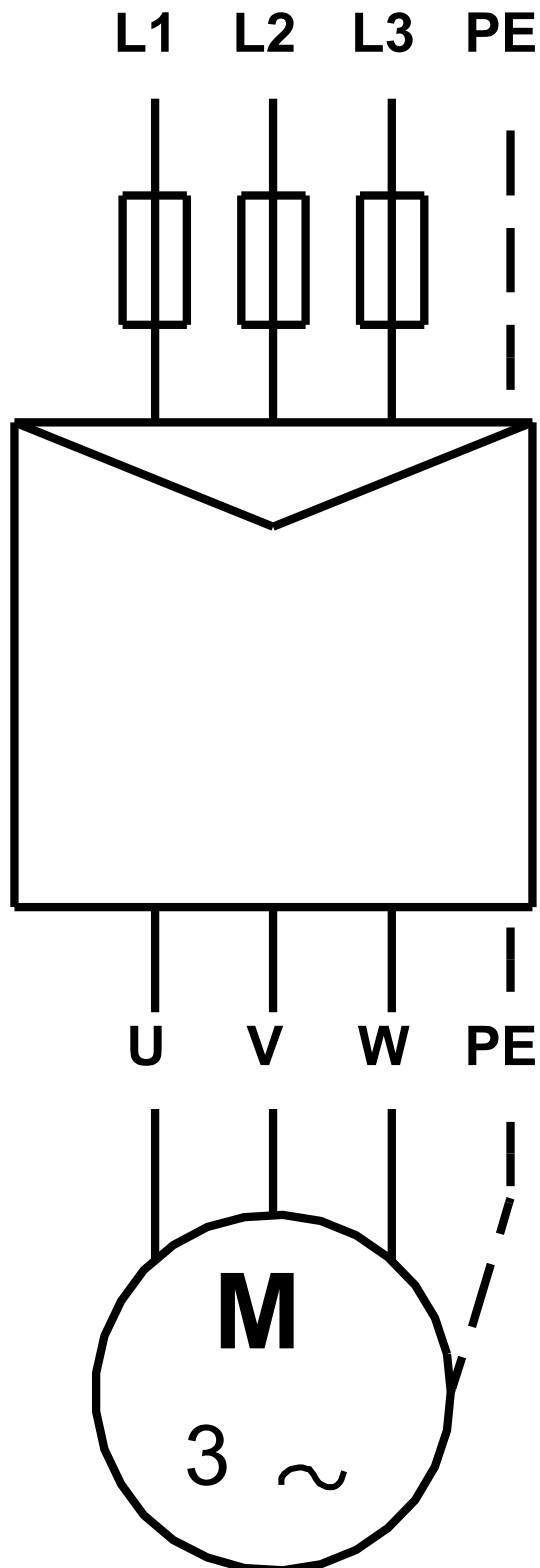
18A00602 SP 215-2 50 Hz



Huomaa! Kaikki yksiköt [mm] ellei toisin mainita.

Rajoitus: Tämä yksinkertaistettu mittakuva ei sisällä kaikkia yksityiskohtia.

18A00602 SP 215-2 50 Hz



Huom. kaikki yksiköt ovat mm