

Mika Piirainen

BIOKEMIANLAITOKSEN PYÖRIVIEN LAITTEIDEN ENERGIANSÄÄSTÖ

BIOKEMIANLAITOKSEN PYÖRIVIEN LAITTEIDEN ENERGIANSÄÄSTÖ

Mika Piirainen
Opinnäytetyö
Syksy 2017
Energiatekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikka

Tekijä: Mika Piirainen

Opinnäytetyön nimi: Biokemianlaitoksen pyörivien laitteiden energiasäästö

Työn ohjaaja: Aki Heikkilä ja Jukka Ylikunnari

Työn valmistuslukuukausi ja -vuosi: Syksy 2017

Sivumäärä: sivut + liitteet
(esim. 46 + 14)

Tämä opinnäytetyö tehtiin SSAB:n Raahen terästehtaan koksamon biokemianlaitokselle. Työn tavoitteena oli tutkia pyörimisnopeussäädön mahdollisuutta ja kannattavuutta biokemianlaitoksen pumppuille. Työn teoriaosassa kerrotaan pumppujen erilaisista säätömahdollisuuksista. Näistä pyörimisnopeussäätö otetaan tarkempaan tarkasteluun, koska sillä pyritään hakemaan edullisinta virtauksensäätötapaa.

Työssä selvitettiin pumppujen vuosittainen energiankulutus vanhalla ja uudella säätötavalla. Pyörimisnopeudensäädön vuosittaisten säästöjen selvittämiseksi käytettiin ABB:n EnergySave-ohjelmaa. Ohjelma laskee nykyisen kulutuksen kuristussäädölle ja uuden kulutuksen pyörimisnopeussäädölle.

Lopputulokseksi saatiin, että pyörimisnopeussäädöllä säästettäisiin vuodessa 132,53 MWh. Työssä laskettiin uuden säätöjärjestelmän investoinnin enimmäiskustannus eri takaisinmaksuajoilla. Työssä kävi myös ilmi, että pumppujen ajotavalla voidaan teoriassa säästää 83,17 MWh.

Työssä selvisi, että pyörimisnopeussäädöllä ei valitettavasti saada tarpeeksi säästöjä, jotta laitteiston uusiminen olisi järkevää. Järkevintä olisi muuttaa pumppujen ajotapaa, jolla voitaisiin teoriassa säästää 83,17 MWh.

Asiasanat: taajuusmuuttaja, energiansäästö, biokemianlaitos, keskipakopumppu

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 SSAB JA RAAHEN TERÄSTEHDAS.....	8
2.1 Koksaamo.....	11
2.2 Biokemianlaitos.....	13
3 VEDEN PUHDISTUSPROSESSI.....	14
3.1 Pumput.....	16
3.1.1 Nostokorkeus.....	17
3.1.2 Keskipakopumput.....	17
3.2 Prosessin pumput.....	18
3.2.1 Ylivuotopumppu 70001P & 70002P.....	18
3.2.2 Lietepumppu 70003P & 70004P.....	19
3.2.3 Siirtopumppu I-vaiheeseen 70035P & 70036P.....	20
3.2.4 Siirtopumppu II-vaiheeseen 70044P & 70045P.....	20
3.2.5 Jätevesipumppu 70071P & 70072P.....	21
4 SÄÄTÖTAVAT.....	22
4.1 Kuristussäätö.....	22
4.2 Ohitusvirtaussäätö.....	23
4.3 On-off-säätö.....	23
4.4 Pyörimisnopeuden säätö.....	24
5 TAAJUUSMUUTTAJA.....	26
5.1 Rakenne.....	26
5.1.1 Tasasuuntaaja.....	26
5.1.2 Välipiiri.....	27
5.1.3 Vaihtosuuntaaja.....	28
5.2 Edut.....	28
6 ENERGIANSÄÄSTÖT.....	30
6.1 Laskennallinen energiankulutus nykyhetkellä.....	30
6.2 Energiankulutus kuristussäädöllä.....	32
6.2.1 70001P ja 70002P, käyttöaste ja energiankulutus.....	32

6.2.2	70003P ja 70004P, käyttöaste ja energiankulutus	33
6.2.3	70035P ja 70036P, käyttöaste ja energiankulutus	34
6.2.4	70044P ja 70045P, käyttöaste ja energiankulutus	36
6.2.5	70071P, käyttöaste ja energiankulutus	37
6.3	Energiankulutus taajuusmuuttajaohjauksella.....	39
6.4	Säästöt.....	40
6.5	Kannattavuus	41
7	YHTEENVETO	43
	LÄHTEET.....	44
	LIITTEET	46

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää pumppujen pyörimisnopeussäädön säästöjä verrattuna nykyiseen kuristussäätöön. Työssä tarkastellaan SSAB:n Raahen terästehtaan koksamon biokemianlaitoksen pumppuja, joita ohjataan tällä hetkellä kuristussäädöllä. Mekaaninen kuristus säätö aiheuttaa paljon energiahävikkiä, ja pyörimisnopeussäädön avulla hävikkiä saadaan vähennettyä.

Työssä kerrotaan tietoa prosessista ja tutustutaan keskipakopumpun teoriaan. Tämän jälkeen tarkastellaan, millä eri tavoin pumppujen virtaamaa voidaan säädellä.

Työn lopussa esitellään energiankulutukset ja pyörimisnopeudella saavutettavat säästöt. Lopuksi esitetään investoinnin enimmäiskustannus eri takaisinmaksuajoilla.

2 SSAB JA RAAHEN TERÄSTEHDAS

SSAB on pohjoismainen ja yhdysvaltalainen teräsyhtiö. SSAB tuottaa pitkälle kehitettyjä teräs- ja nuorrutusteräs- sekä nauha-, levy- ja putkituotteita. (1.)

Suurimmat tuotantolaitokset sijaitsevat Ruotsissa (Oxelösundissa, Borlängessä ja Luleåssa), Suomessa (Raahessa ja Hämeenlinnassa) ja Yhdysvalloissa (Montpelierissä ja Mobilessa). Näitä tuotantolaitokset esitellään kuvissa 1 ja 2. Kiinassa SSAB:lla on muun muassa terästuotteiden prosessointi- ja viimeistelylaitoksia. Suomessa ja Ruotsissa tuotanto on osa masuuniprosessia. Yhdysvalloissa valmistus perustuu kierrätysteräksen sulattamiseen valokaariuuneissa. (1.)



17

KUVA 1. Terästuotanto Pohjoismaissa (1)



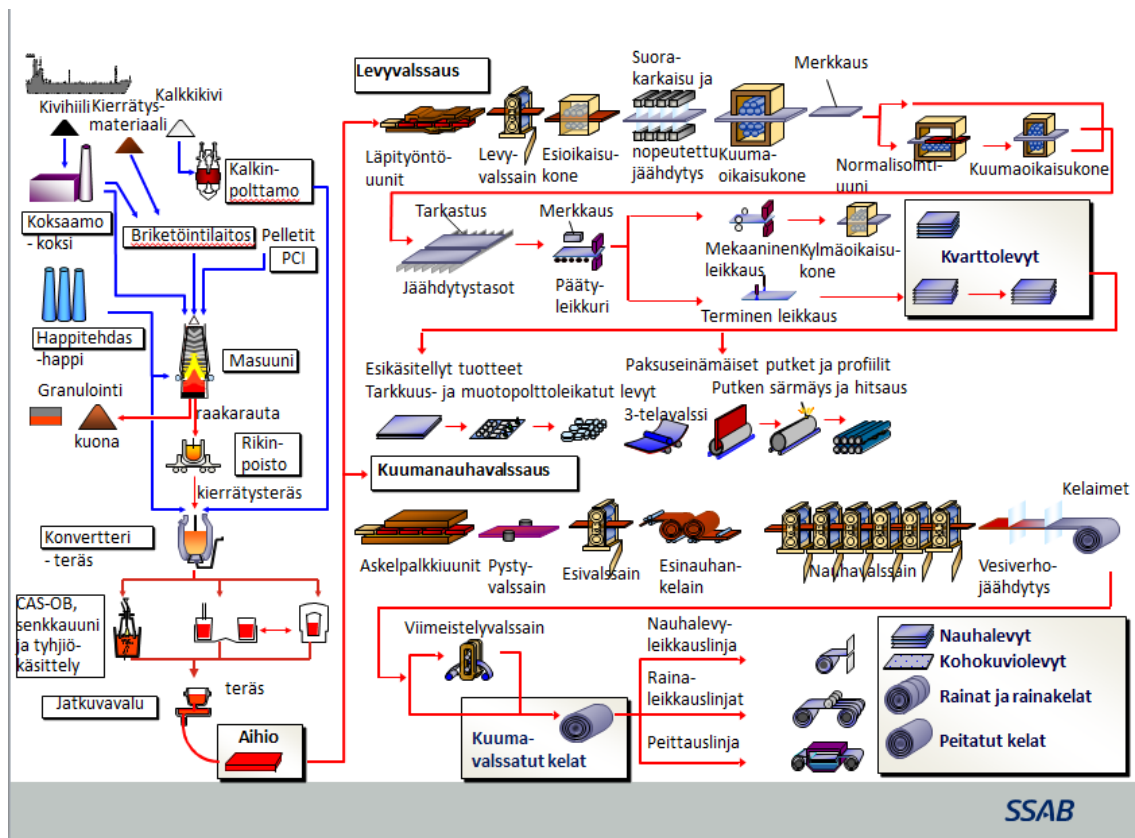
KUVA 2. Tuotantolaitokset Yhdysvalloissa (1)

Yhtiö on jaettu divisiooniin:

- SSAB Special Steels
- SSAB Europe
- SSAB America
- Tibnor
- Ruukki Construction.

Raahen terästehdas on osa SSAB Europe -divisioonaa. Yhtiöiden liikevaihto vuonna 2016 oli noin 5,7 miljardia euroa. Pääkonttori sijaitsee Tukholmassa. SSAB:llä on yhteensä noin 15 000 työntekijää. Yhtiön vuotuinen terästuotantokapasiteetti on 8,8 miljoonaa tonnia. (1.)

Rautaruukki perustettiin vuonna 1960 turvaamaan kotimaisen telakka- ja muun metalliteollisuuden raaka-ainehuoltoa. Alkuvaiheessa yhtiö hyödynsi kotimaisia malmivaroja. 1970-luvulla Rautaruukin tuotantoa laajennettiin ohutlevy- ja putkituotantoon. Vuonna 1976 käynnistettiin Raahessa toinen masuuni, ja 1970-luvun lopussa yhtiö työllisti yli 7 000 henkilöä Suomessa. Vuonna 2004 Rautaruukki muuttui pörssiyritykseksi. Rautaruukin osakkeet siirtyivät SSAB:lle vuonna 2014. Kaupan yhteydessä Raahen tehtaasta tuli osa SSAB Europe -organisaatiota. Kuvasta 3 nähdään Raahen tehtaan prosessikaavio. (2.)



KUVA 3. Raahen tehtaan prosessikaavio (2)

2.1 Koksamo

Koksaamon ensimmäinen patteri aloitti tuotannon vuonna 1987. Toisen patterin tuotanto alkoi vuonna 1992. Kahden patterin ansiosta Rautaruukki onnistui kaksinkertaistamaan koksen tuotannon lähes miljoonaan tonniin vuodessa. Koksipatterien ansiosta Rautaruukki tuli omavaraiseksi koksen tuotannon suhteen. (3.)

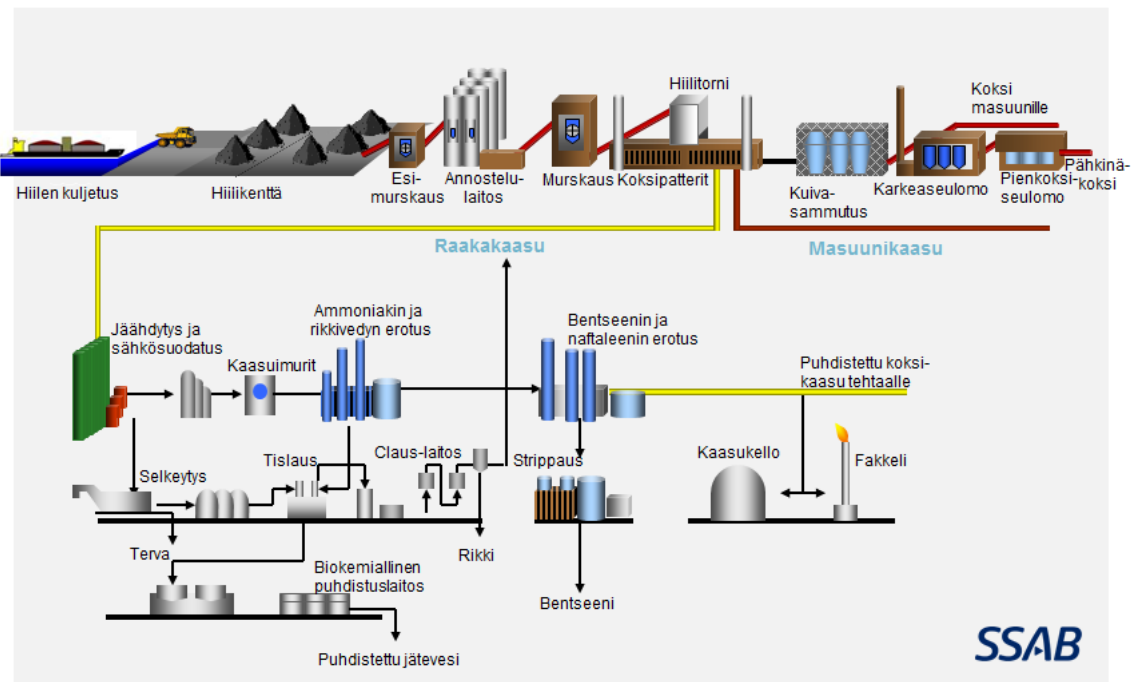
Koksaamalla syntyy koksia koksausprosessin päätuotteena kuumentamalla kivihiiltä patterin uuneissa. Kivihiilen koksautuminen tapahtuu kahdessa patterissa. Kahdessa patterissa on yhteensä 70 uunia. Uunien välissä on lämmityshormeja, joissa koksikaasun tai masuuni- ja koksikaasun seoksen polttamisen tuottama lämpöenergia lämmittää uunin lähes 1300 °C:n lämpötilaan. Kivihiili muuttuu näissä olosuhteissa koksiksi 16 tunnissa. (3.)

Uunien panostus suoritetaan panostusvaunuilla. 16 tunnin jälkeen työntövaunu työntää koksen siirtovaunuun. Siirtovaunua liikuttaa miehittämätön automaattiveturi, joka vie uunista tulleen koksen kuivasammutuslaitokselle. Koksikuupa nostetaan nosturilla kuivasammutuslaitoksen huipulle, missä koksikuupan sisältö panostetaan kuivasammutuslaitoksen sammutuskammioon, jossa se kuivasammutetaan tyypellä 160 °C:seen. Karkeakoksi- ja pienkoksiseulomolla koksi jaetaan eri jaoksiin toimitettavaksi loppukäyttöpaikkoihin. (3.)

Koksausprosessin aikana kivihiiliseoksesta haihtuu erilaisia komponentteja, jotka johdetaan sivutuotelaitokselle jatkokäsittelyyn. Kuuma raakakaasu jäähdytetään esijäähdytystorneissa kierto- huuhteluvedellä ennen kaasun siirtymistä sivutuotelaitokselle. (3.)

Raakakaasusta poistetaan ammoniakki, rikkivety, bentseeni, tolueni, ksyleeni, naftaleeni ja tervamaiset aineet sivutuotelaitoksen eri prosesseissa. Komponenttien erottelun jälkeen koksikaasua käytetään polttoaineena. Ammoniakki ja rikkivety erotetaan kaasusta pesutorneissa, minkä jälkeen ne erotetaan lopullisesti toisistaan vedestä tislamalla. Bentseenilaitoksella kaasusta erotellaan bentseeni, ksyleeni, tolueni ja naftaleeni. Naftaleeni syötetään tervan sekaan, ja loput sivutuotteet muodostavat ns. raakabentseenin. Raakakaasusta talteen otetut sivutuotteet terva,

rikki ja bentseeni myydään eteenpäin vientituotteina. Kuvassa 4 nähdään koksiprosessi kokonaisuudessaan. (3.)



KUVA 4. Koksiprosessi (3)

Maaliskuussa 1984 tehtiin päätös koksaaamon rakentamisesta. Koksaaamo ympäröivän metsän raivaus alkoi saman vuoden marraskuussa. Perustuksen rakentaminen alkoi huhtikuussa 1986. Ensimmäisen patterin muuraus aloitettiin kesäkuussa 1986. Patterin esilämmitys aloitettiin vuoden kuluttua muurauksen aloittamisesta. Tuotanto aloitettiin yhdellä patterilla lokakuussa 1987. (3.)

Toisen patterin muuraus aloitettiin syyskuussa 1991. Patterin esilämmitys aloitettiin seuraavan vuoden elokuussa ja patteri aloitti tuotannon marraskuussa 1992. Bentseeni- ja rikinpoistolaitos aloitti toimintansa samaan aikaan vuonna 1992. (3.)

2.2 Biokemianlaitos

Biokemianlaitoksen tarkoituksena on puhdistaa ammoniakkilaitokselta tulevasta tislauksvedestä epäpuhtaudet. Vedestä puhdistetaan mm. fenolit, tiosyanaatit ja syanidit viranomaisten määräämiin päästöjen luparajoihin. Puhdistus tapahtuu mekaanisesti ja biokemiallisesti. (4.)

3 VEDEN PUHDISTUSPROSESSI

Ensimmäiseksi ammoniakkilaitokselta tulevat jätevedet pumpataan esi-ilmastimille 1 & 2. Puhdistettavia vesiä voidaan tarvittaessa pumpata tasaussäiliöön. Säiliön tarkoituksena on tasata puhdistettavan veden määrä ja laatu. (4.)

Esi-ilmastimilta jätevesi siirtyy omapaineisena tervanselkeyttimiin. Selkeyttimien tarkoituksena on erottaa jätevedestä raskas terva ja kiintoaineet. Erotus perustuu veden ja tervan väliseen ominaispainojen eroon. Raskas terva ja kiintoaine laskeutuvat selkeyttimen alakartioon, mistä ne pumpataan tervankeräyssäiliöihin. Öljymäinen kevyt terva nousee selkeyttimien pinnalle, mistä se poistetaan raapan avulla tervankeräyssäiliöihin. Selkeytynyt vesi poistuu ylivuotana vaahdotusprosessiin. (4.)

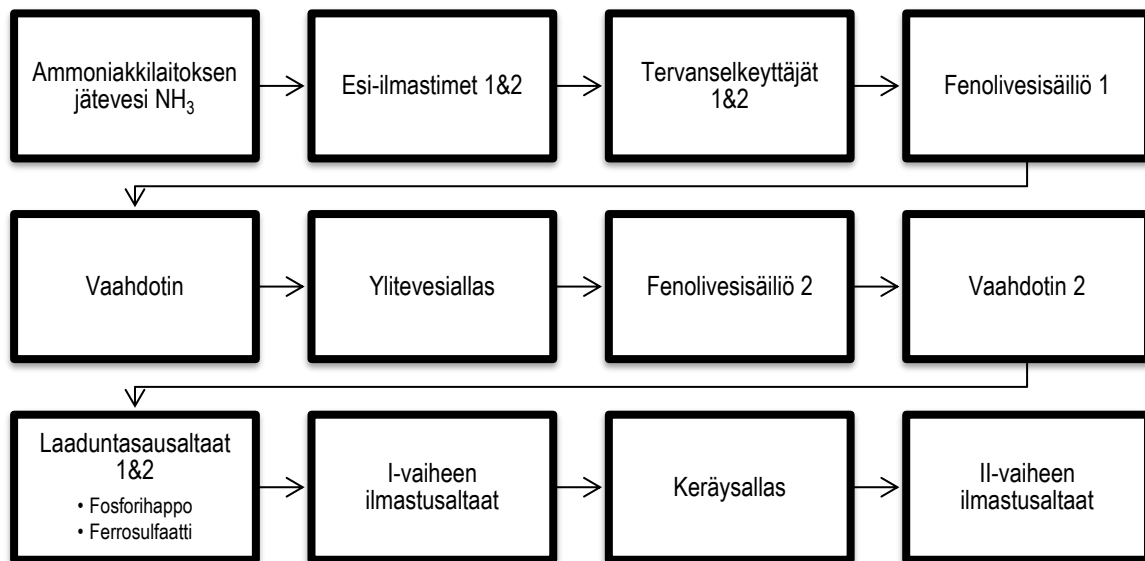
Vaahdotusyksikkö käsittää fenolivesisäiliön, ilmastuspumpun, kyllästimen ja itse vaahdottimen. Vaahdotusyksiköitä on 2 kpl. Vaahdottimien tarkoituksena on poistaa jätevedestä loput kevyt terva, öljy ja humus. Selkeyttimistä jätevesi virtaa fenolivesisäiliö 2:een, josta vesi pumpataan ilmastuspumpulla kyllästimen kautta vaahdotin 2:een. Ilmastuspumpun painepuolelle syötetään ilmaa, joka ylikyllästää käsiteltävän veden kyllästimessä. Kyllästimestä vesi siirtyy vaahdottimen alaosaan paineettomaan tilaan, missä ilma vapautuu vedestä ja vedessä oleva terva, öljy ja humushiukkaset nousevat vaahdottimen pintaan. Vaahdottimen pinnalta emulsio poistetaan raapan avulla vaahdottimien kouruun, josta se virtaa tervasäiliöön. (4.)

Laaduntasausaltaalle virtaa vesi vaahdotin 2:lta. Laaduntasausaltaille syötetään laimennettua fosforihappoa, hapon avulla turvataan mikrobien fosforiravinnon tarve. Altaaseen syötetään myös ferrosulfaattiliuosta, jotta kuolleet mikrobit laskeutuisivat altaan pohjalle lietteeksi. Altaiden tarkoituksena on tasata puhdistettavan vedenlaatu ja lämpötila ennen 1-vaiheen ilmastusaltaita. Altaisiin syötetään jatkuvasti ilmaa 350–500 m³/h veden tasalaadun turvaamiseksi. (4.)

Laaduntasausaltaista vesi pumpataan 1-vaiheen ilmastusaltaille. Ilmastusaltaiden tarkoituksena on poistaa jätevedestä biokemiallisesti mikrobien avulla fenoli ja tiosyanaatit. Ilmastusaltaiden veden lämpötilaa säädellään ammoniakkilaitokselta tulevan veden lämpötilan avulla. Mikrobien hapen saanti turvataan ilmastuspuhaltimien avulla. Altaiden tarvittavaa pH:ta säädellään jatkuvalla NaOH:n syötöllä. Ilmastusaltaiden lietetilavuuden ylläpitämiseksi pumpataan pumpuilla lietettä

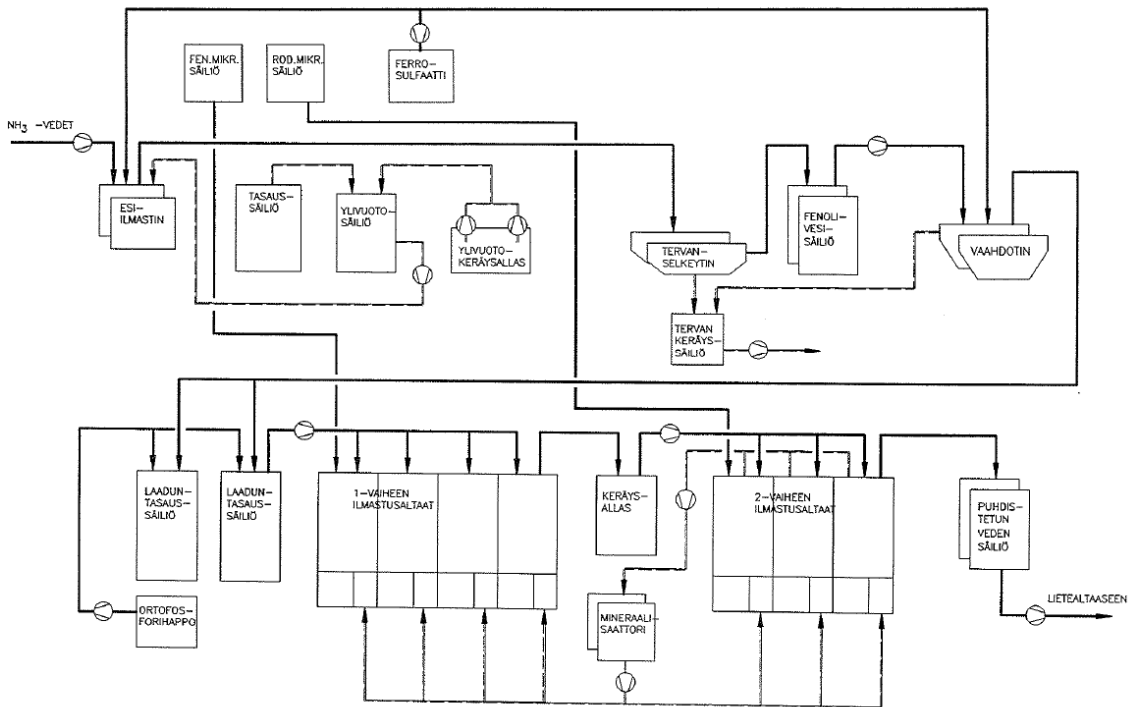
regeraattorista ilmastusosaan. Ylimääräinen liete poistuu jatkuvatoimisesti 2-vaiheen ilmastusaltaille. 1-vaiheen ilmastusaltailta vesi virtaa omapainoisena keräysaltaalle. (4.)

Keräysallas toimii välialtaana 1- ja 2-vaiheen ilmastuksen välillä. Altaaseen syötetään sekoitusilmaan. Keräysaltaalta vesi siirtyy 2-vaiheen ilmastukseen. Kuvassa 5 nähdään prosessikaavio II-vaiheen ilmastukseen asti. (4.)



KUVA 5. Prosessikaavio (4)

2-vaiheen ilmastuksen tarkoitus on sama kuin 1-vaiheessa, mutta altaissa tapahtuu vain vähäistä veden puhdistumista. Täältä vesi siirtyy puhtasvesiallas 1 ja 2:een. Altaan vesiä sekoitetaan syöttöilman avulla. Lopuksi puhtas vesi pumpataan lieteallas 4:lle. Kuvassa 6 nähdään biokemianlaitoksen prosessikaavio kokonaisuudessaan. (4.)



KUVA 6. Biokemianlaitoksen prosessikaavio (4)

3.1 Pumput

Tärkeimmät ominaisuudet pumpulle ovat nostokorkeus ja tuotto. Muita valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat ulkoiset mitat, pumpattava aine, tehontarve, pyörimisnopeus ja hyötysuhde. Tämän takia pumppuja on erilaisia, jotta jokaiseen paikkaan löytyy paras mahdollinen pumppu. (5, s. 169.)

Pumpun tehontarve kasvaa tilavuusvirran ja nostokorkeuden kasvaessa. Pumpun teoreettinen tehontarve saadaan kaavalla 1. (6, s. 138; 7.)

$$P_{teor} = \rho g H Q$$

KAAVA 1

P_{teor} = teoreettinen teho

ρ = pumpattavan aineen tiheys

g = putoamiskiintyvyys (= 9,81 m/s²)

H = pumpun nostokorkeus

Q = tilavuusvirta m³/s

Käytännössä pumpun tehontarve (P_{tod}) on suurempi kuin edellä laskettu teoreettinen teho. Pumpussa tapahtuvat häviöt otetaan huomioon hyötysuhteen avulla. Kaava 2 on pumpun teoreettisen tehon kaava. (6, s. 138–139.)

$$P_{tod} = \frac{P_{teor}}{\eta} \quad \text{KAAVA 2}$$

3.1.1 Nostokorkeus

Jotta pumpattava aine saadaan liikkeelle putkistossa, on pumpulla nostettava nesteen painetta. Nostokorkeudella tarkoitetaan pumpun aineelle aiheuttamaa korkeusaseman lisäystä, johon sisältyy sekä imu- että painekorkeus. Nostokorkeudella usein tarkoitetaan pumpun aineelle aiheuttamaa paineen lisäystä. Paine-eron ja nostokorkeuden välinen yhteys voidaan ilmaista kaavalla. Kaava 3 on pumpun nostokorkeuden kaava. (6, s. 137.)

$$\Delta p = \rho g H \quad \text{KAAVA 3}$$

Δp = paineen lisäys

ρ = aineen tiheys

g = putoamiskihtiövyys (= 9,81 m/s²)

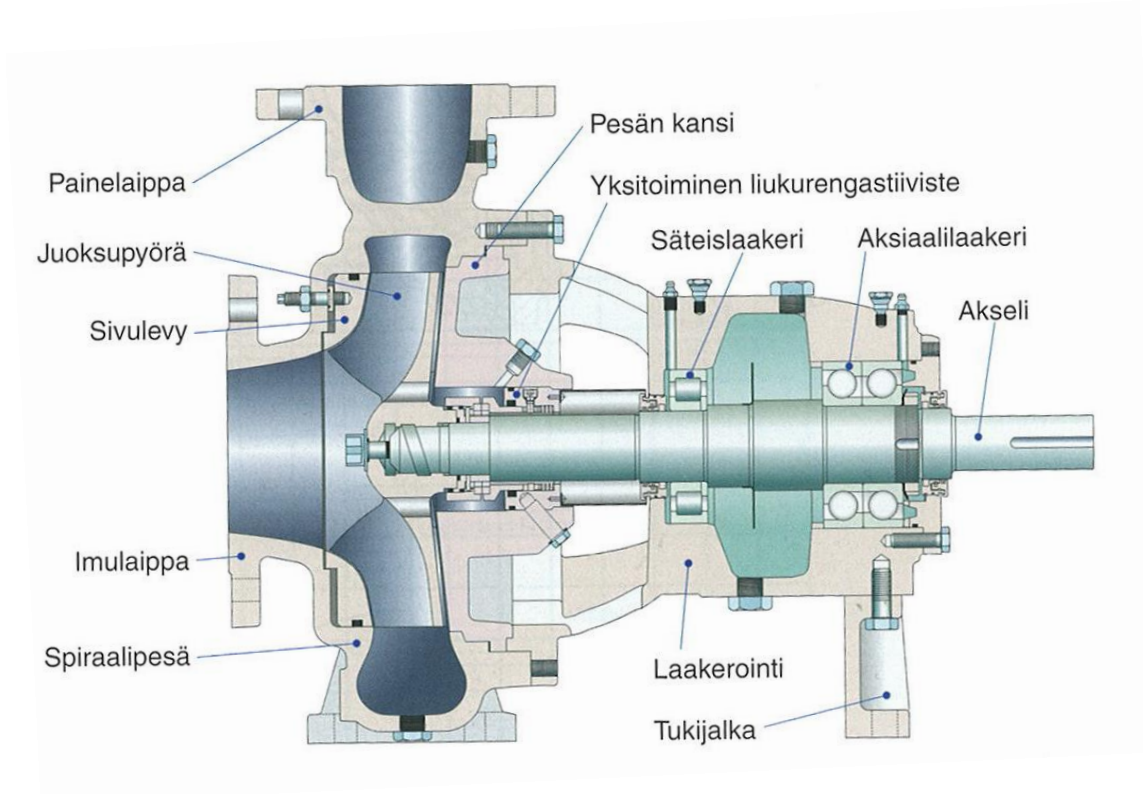
H = nostokorkeus

Nostokorkeus voidaan jakaa dynaamiseen nostokorkeuteen ja staattiseen nostokorkeuteen. Dynaaminen nostokorkeus muodostuu putkiston virtausvastuksesta. Dynaamiseen nostokorkeuteen vaikuttaa virtaavan aineen nopeus. Tilavuusvirran kasvaessa myös dynaaminen nostokorkeus kasvaa. Staattinen nostokorkeus muodostuu pumpattavan aineen pinnan eroista ennen pumppua ja pumpun jälkeen. Staattiseen nostokorkeuteen sisältyy myös paine-ero säiliössä ennen pumppua ja pumpun jälkeen. (7, s. 221–222.)

3.1.2 Keskipakopumput

Prosessiteollisuudessa yleisin käytetty pumppu on keskipakopumppu. Keskipakopumppulla pumpataan noin 80 prosenttia prosessiteollisuuden pumppauksista. Pumppu soveltuu nesteille, joilla on alhainen viskositeetti. Pumpussa neste tulee juoksupyörän keskelle, josta pyörä antaa nes-

teelle kehän tangentin suuntaisen nopeuskomponentin, ja neste saa keskipakovoiman vaikutuksesta tietyn paineenlisän. Tämän ansiosta neste tunkeutuu paineputkeen voittaen korkeuseron, virtausvastukset ja vastassa olevan paineen. (6, s. 136.) Kuvassa 7 havainnollistetaan keskipakopumpun rakenne.



KUVA 7. Keskipakopumpun rakenne (6, s. 136)

3.2 Prosessin pumput

Biokemianlaitoksella on yhteensä 36 kpl erilaisia pumppuja. Prosessinhoitajan kanssa kartoitettiin, mitkä pumput olisi järkevintä ottaa energiansäästötarkasteluun. Valinnoissa päädyttiin seitsemään eri pumppuun ja neljään eri pumppauspiiriin. Valintoihin vaikuttivat käyttötunnit, virtaus ja moottorin teho.

3.2.1 Ylivuotopumppu 70001P & 70002P

Ylivuotopumpulla pumpataan vesi ylivesialtaalta laaduntasausaltaille. Pumppujen tiedot esitetään taulukossa 1. Molemmat pumput ovat KSB Etachrom BC 025-160. (Liite 1.)

TAULUKKO 1. Pumppujen 7001P ja 7002P tiedot

Positio	Q [m ³ /h]	H [m]	H _{max} [m]	η _{pumppu} [%]	P _{moottori} [kW]
70001P	21,03	39,4	40,6	62,5	4
70002P	21,03	39,4	40,6	62,5	3

Pumpun todellinen teho laskettiin kaavoilla 1 ja 2.

$$P_{\text{tod}} = \frac{\rho g H Q}{\eta} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} * 39,4\text{m} * \left(\frac{21,03\text{m}^3/\text{h}}{3600\text{s}}\right)}{62,5\%} = 3,6 \text{ kW}$$

3.2.2 Lietepumppu 70003P & 70004P

Pumpuilla poistetaan lietettä ilmastusaltaista mineralisaattoreihin. Pumppujen tiedot esitetään taulukossa 2. Molemmat pumput KSB Triachem C1 032-250. (Liite 2.)

TAULUKKO 2. Pumppujen 70003P ja 70004P tiedot

Positio	Q [m ³ /h]	H [m]	H _{max} [m]	η _{pumppu} [%]	P _{moottori} [kW]
70003P	2,2	79,7	85	54,42	7,5
70004P	2,2	79,7	85	54,42	5,5

Pumpun todellinen teho laskettiin kaavoilla 1 ja 2:

$$P_{\text{tod}} = \frac{\rho g H Q}{\eta} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} * 79,7\text{m} * \left(\frac{2,2\text{m}^3/\text{h}}{3600\text{s}}\right)}{54,42\%} = 0,87 \text{ kW}$$

3.2.3 Siirtopumppu I-vaiheeseen 70035P & 70036P

Siirtopumpuilla pumpataan vettä laaduntasausaltaasta I-vaiheen ilmastukseen. Pumppujen tiedot esitetään taulukossa 3. Siirtopumppu 70035P on KSB Etanorm ETN 100-080-200 (liite 3) ja 70036P KSB ETANORM ETN 080-065-200. (Liite 4.)

TAULUKKO 3. Pumppujen 70035P ja 70036P tiedot

Positio	Q [m ³ /h]	H [m]	H _{max} [m]	η _{pumppu} [%]	P _{moottori} [kW]
70035P	60	10	11,16	78,2	7,5
70036P	82,99	49,98	54,43	75,7	18,5

Pumppujen todellinen teho laskettiin kaavoilla 1 ja 2:

70035P:

$$P_{\text{tod}} = \frac{\rho g H Q}{\eta} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} * 10\text{m} * \left(\frac{60\text{m}^3/\text{h}}{3600\text{s}}\right)}{78,2\%} = 2,08 \text{ kW}$$

70036P:

$$P_{\text{tod}} = \frac{\rho g H Q}{\eta} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} * 49,98\text{m} * \left(\frac{82,99\text{m}^3/\text{h}}{3600\text{s}}\right)}{75,7\%} = 14,9 \text{ kW}$$

3.2.4 Siirtopumppu II-vaiheeseen 70044P & 70045P

Siirtopumpuilla pumpataan vettä keräysaltaasta II-vaiheen ilmastukseen. Molemmat siirtopumput ovat Neuvostoliitossa valmistettuja pumppuja. Pumppujen tiedot esitetään taulukossa 4. Pumpun tiedot on otettu KSB:n vastaavan kokoisesta pumpusta eli tiedot ovat suuntaa antavia. (Liite 5.)

TAULUKKO 4. Pumppujen 70044P ja 70045P tiedot

Positio	Q [m ³ /h]	H [m]	H _{max} [m]	η _{pumppu} [%]	P _{moottori} [kW]
70044P	50	29,41	31,22	75,83	11

70045P	50	29,41	31,22	75,83	11
--------	----	-------	-------	-------	----

Pumpun todellinen teho laskettiin kaavoilla 1 ja 2:

$$P_{\text{tod}} = \frac{\rho g H Q}{\eta} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} * 29,41\text{m} * \left(\frac{50\text{m}^3/\text{h}}{3600\text{s}}\right)}{75,83\%} = 5,27 \text{ kW}$$

3.2.5 Jätevesipumppu 70071P & 70072P

Jätevesipumpulla puhdistettu vesi siirretään lieteallas neloseen. Jätevesipumppu 70071P on Ahlström APP22-65. Pumpujen tiedot esitetään taulukossa 5. Tällä hetkellä 70072P ei ole käytössä ollenkaan. (Liite 6.)

TAULUKKO 5. Pumpujen 70071P ja 70072P tiedot

Positio	Q [m ³ /h]	H [m]	H _{max} [m]	η _{pumppu} [%]	P _{moottori} [kW]
70071P	100,8	53	69,2	65,72	30
70072P	-	-	-	-	-

Pumpun todellinen teho laskettiin kaavoilla 1 ja 2:

$$P_{\text{tod}} = \frac{\rho g H Q}{\eta} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} * 53\text{m} * \left(\frac{100,8\text{m}^3/\text{h}}{3600\text{s}}\right)}{65,72\%} = 22,11 \text{ kW}$$

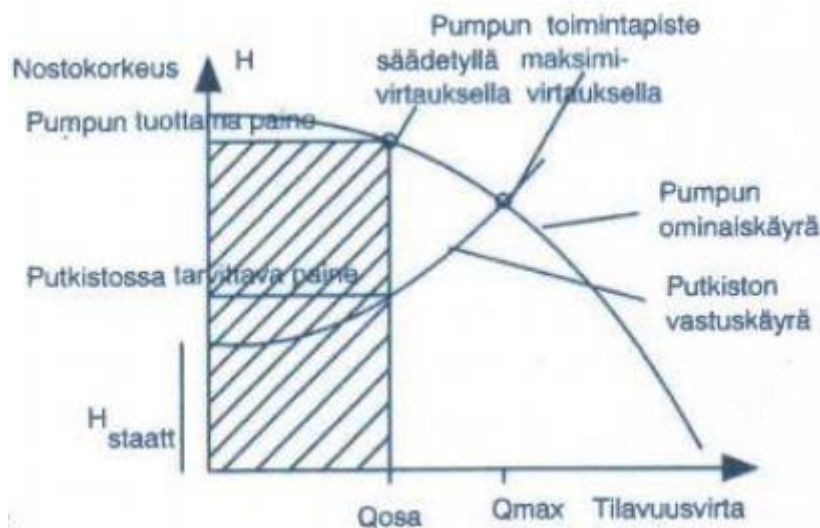
4 SÄÄTÖTAVAT

Pumppujen säätöön käytetään kuristussäätöä, ohivirtaussäätöä, on-off-säätöä ja pyörimisnopeussäätöä. Kahdessa ensimmäisessä säätötavassa ei suoraan säädetä itse pumppua, vaan säätö kohdistuu putkistoon.

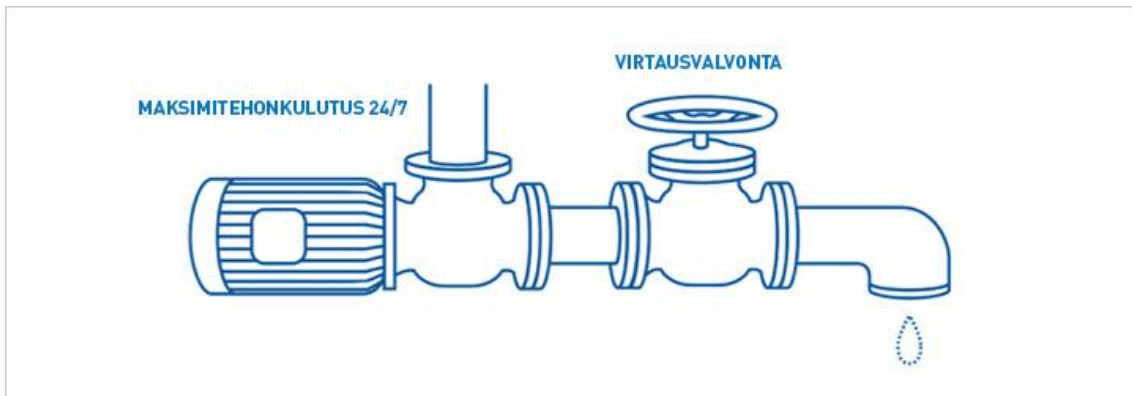
4.1 Kuristussäätö

Kuristussäätö on yleisin pumppujen säätötapa. Virtausta kuristussäädössä rajoitetaan venttiilillä kasvattaen painehäviötä, jolloin tilavuusvirtaa saadaan säädettyä. Painehäviön kasvattaminen lisää häviöitä, minkä takia kuristussäätö ei ole energiatehokas säätötapa. (9, s. 8.)

Kuristussäädön rakennuskustannukset ovat halvat mutta käyttökustannukset korkeat. Kuristusäätö kuluttaa myös venttiiliä. Kuristusventtiili on sijoitettava pumppun jälkeen putkistoon, koska imupuolen kuristus aiheuttaa kavitaatiota. Kuvissa 8 ja 9 havainnollistetaan pumppun toimintaa kuristussäädössä. (6, s. 141–142.)



KUVA 8. Kuristussäätö Q, H -diagrammissa (6, s.141)



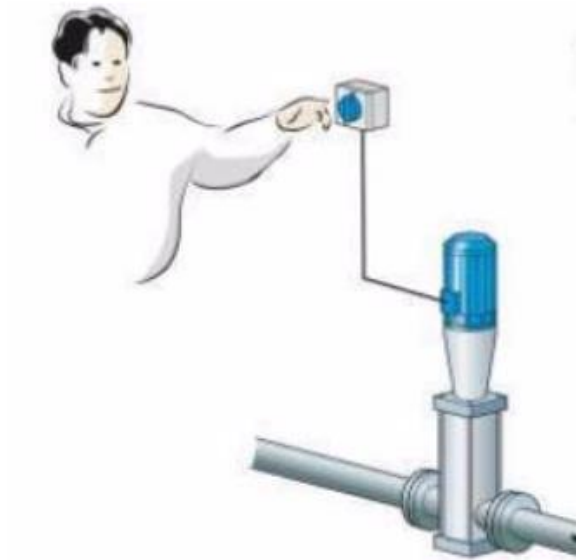
KUVA 9. Kuristussäätö (9)

4.2 Ohitusvirtaussäätö

Tässä säätömenetelmässä virtauksesta osa johdetaan pumpun painepuolelta takaisin imupuolelle. Ohivirtausta suurentamalla toimintapiste siirtyy pumpun ominaiskäyrällä oikealle, koska virtaus kasvaa. Tässä säätötavassa myös nostokorkeus laskee. Ohitusvirtaussäädöstä käytetään nimitystä hullunkierro. Pumppu kierrättää osan fluidista, johon kuluva energia muuttuu suoraan tehohäviöksi. Tämän takia ohitusvirtaussäätö on epätaloudellinen. (9, s. 8.)

4.3 On-off-säätö

Pumppua käytetään jaksottain pumppausjärjestelmissä, joissa pumpun portaaton säätö ei ole tarpeen. On-off-säädöllä voidaan pitää paine tai pinnankorkeus säiliössä asetettujen rajojen sisällä. Säädön huonona puolena ovat jatkuvat käynnistykset. Käynnistystehon suuruuteen ja kestoon vaikuttavat moottorin ja pumpun hitausmomentti. Käynnistysvirta on 5–7-kertainen nimellisvirtaan verrattuna. Käynnistys On-off-säätö ei sovellu kaikkiin käyttökohteisiin, mutta sillä säädettyihin järjestelmiin voidaan hyödyntää muita säätötapoja. Kuvassa 10 nähdään on-off-säätö. (9, s. 8.)



KUVA 10. On-off-säätö (8)

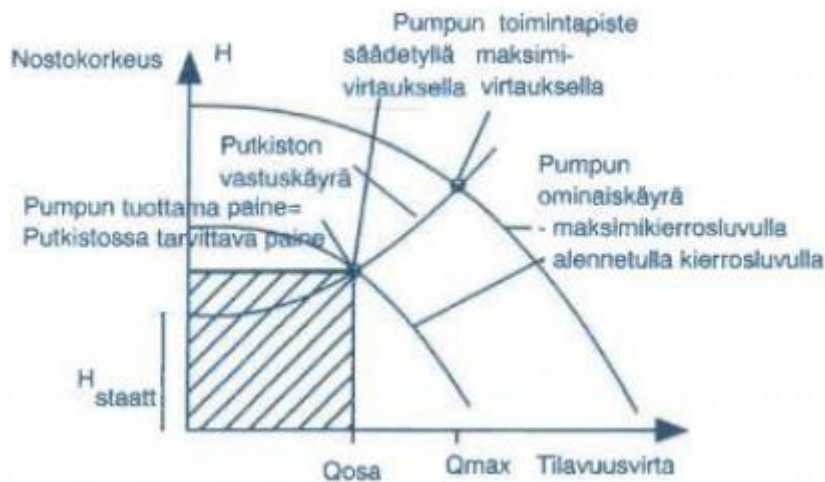
4.4 Pyörimisnopeuden säätö

Pyörimisnopeuden säädössä pumpun pyörimisnopeus vaihtelee. Pumpun pyörimisnopeutta muutetaan taajuusmuuttajalla tai nestekytkimellä. Taajuusmuuttajalla muutetaan vaihtovirran taajuutta. Kuvassa 11 esitetään pumppu ja taajuusmuuttaja. Suomessa verkkovirran taajuus on normaalisti 50 Hz. Taajuutta muuttamalla alaspäin pumpunpyörimisnopeus laskee samassa suhteessa. Pyörimisnopeutta muuttamalla päästään energiatehokkaisiin pumppausratkaisuihin. Pyörimisnopeuden ollessa lähellä mitoituspistettä hyötysuhde pysyy korkeana. Pyörimisnopeuden siirtyessä kauemmas toimipisteestä alkaa hyötysuhde laskea. (8, s. 89.)



KUVA 11. Pumpun pyörimisnopeuden säätö taajuusmuuttajalla (9)

Pyörimisnopeuden muutos vaikuttaa pumpun tilavuusvirtaan, nostokorkeuteen ja pumpun otta-
maan tehoon affiniteettisääntöjen mukaan. Pumpun tilavuusvirta muuttuu suoraan verrannollisesti
pumpun kierroksiin. Kuvassa 12 havainnollistetaan pumpun toimintapisteen muutosta taajuus-
muuttajakäytöllä. (6, s. 142–143.)



KUVA 112. Pumpun tuoton pienentäminen kierroslukusäädöllä (6, s. 143)

Nostokorkeus muuttuu suoraan verrannollisesti pumpun kierrosluvun neliöön. Pumpun tarvitsema
teho muuttuu suoraan verrannollisesti kierrosluvun kolmanteen potenssiin. Kaava 4 on affiniteet-
tiyhtälön kaava (6, s. 142.)

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}, \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2, \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

KAAVA 4

Q= tilavuusvirta

n= kierrosluku

H= nostokorkeus

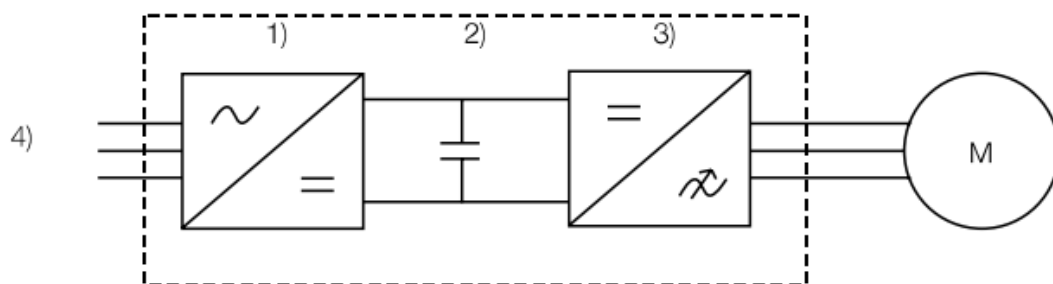
P= teho

5 TAAJUUSMUUTTAJA

Taajuusmuuttaja on laite, joka säätelee portaattomasti moottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia. Säätotapana tämä on energiatehokkaampi kuin perinteiset menetelmät, joissa pumppujen tai puhaltimien virtausta säädetään venttiileillä tai siipisäätimellä. (10.)

5.1 Rakenne

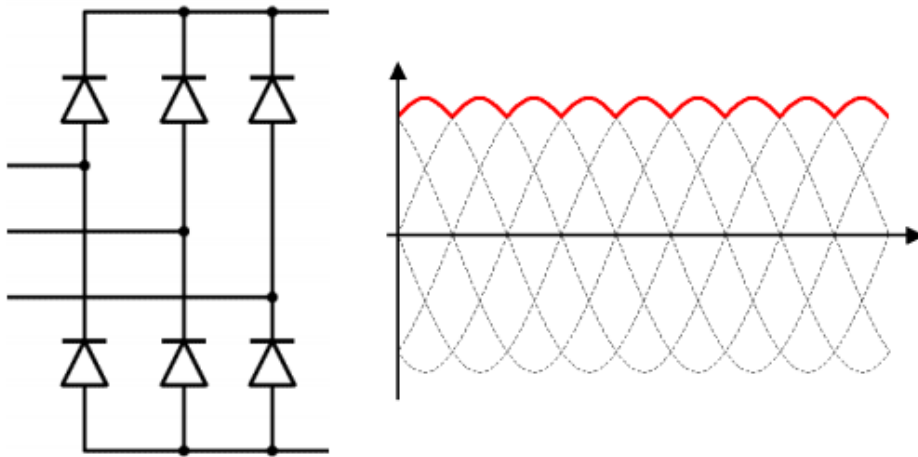
Taajuusohjatuissa oikosulkumoottorikäytöissä käytetään välipiirillä varustettuja taajuusmuuttajia, jotka muodostuvat kuvassa 13 nähtävistä osista (11, s. 6).



KUVA 12. Taajuusmuuttajan rakenne 1) tasasuuntaaja 2) tasajännitevälipiiri 3) vaihtosuuntaaja 4) sähkösyöttö. (11, s. 6)

5.1.1 Tasasuuntaaja

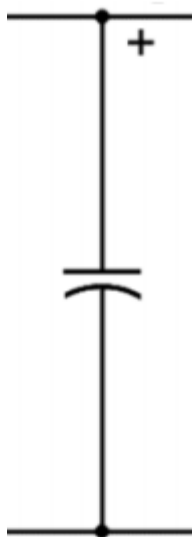
Tasasuuntaaja muuttaa kolmivaiheisen vaihtojännitteen sykkiväksi tasajännitteeksi. Tasasuuntaus tapahtuu diodien, tyristorien tai näiden puolijohteiden yhdistelmän avulla. Diodisilta on yleisin ratkaisu, koska se tuottaa vakio tasajännitteen. Diodisilta esitellään kuvassa 14. (12.)



KUVA 13. 6-pulssinen diodisilta (13, s. 4)

5.1.2 Välipiiri

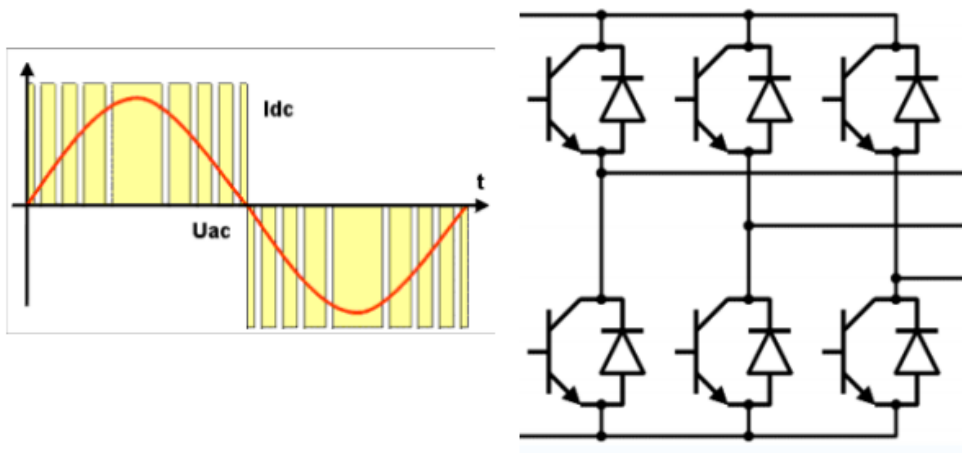
Välipiirin tarkoituksena on toimia energian välivarastona, vaihtosuuntaaja antaa energiaa moottorille. Energia varastoidaan kondensaattoreihin. Tasa- ja vaihtosuuntaajan tyyppi vaikuttaa välipiirin toteutukseen, joita on kolmea erilaista: muuttava tasavirtavälipiiri, vakio- tai muuttuvajännitteinen välipiiri. Kuvassa 15 nähdään jänniteohjatun taajuusmuuttajan välipiiri. (13, s. 6.)



KUVA 14. Jännitevälipiiri (13, s. 6)

5.1.3 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaajalla muutetaan moottorijännitteen suuruutta ja taajuutta. Välipiiristä tulee vaihtosuuntaajalle joko muuttuva jännite, muuttuva tasavirta tai vakiotasajännite. Vaihtosuuntaajan tehtävänä on tehdä välipiirin tasasähköstä moottorin tarvitsemaa vaihtosähköä halutulle taajuudelle. Kuvassa 16 nähdään vaihtosuuntaus tehotransistorein. (13, s. 7.)



KUVA 15. Kolmivaiheinen vaihtosuuntaaja (13, s. 7)

5.2 Edut

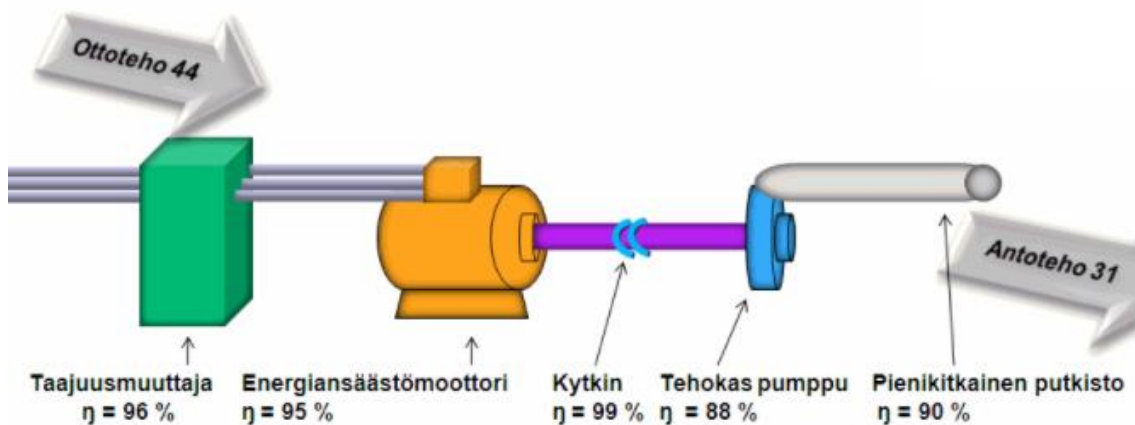
Taajuusmuuttajan etuja ovat

- energiansäästö
- tarkka ja hyvä prosessin säädettävyys.

Suoraan verkosta käynnistettävälle pumppu-moottoriyhdistelmälle kohdistuu suuria sähköisiä ja fyysisiä rasitteita. Taajuusmuuttajalla pumppu voidaan käynnistää pehmeästi, jolloin fyysiset rasitteet ovat pienempiä. Tämä pienentää huoltokustannuksia ja nostaa käyttöikä. (14, s. 23.)

Taajuusmuuttajakäytöissä nopeuden lisääminen taajuutta kasvattamalla onnistuu helposti, ja tuotannon tehostaminen hoituu ilman lisäinvestointeja. Taajuusmuuttajan mitoitus on kuitenkin tarkka ja suuria tehon lisäyksiä ei voida tehdä. (13, s. 23.)

Tuotantolaitoksissa on monia osaprosesseja, jotka muodostavat kokonaisprosessin. Tuotantomäärät vaihtelevat näissä prosesseissa. Taajuusmuuttajan nopeussäädöllä voidaan tehdä muutokset jo ennen pumppua. Muutoksella voidaan jättää pumpun kuristussäätö pois. Tämä tuo huomattavia energiansäästöjä. Kuvassa 17 havainnollistetaan pyörimisnopeussäätö ja sen hyötysuhde. (13, s. 23.)



KUVA 16. Pyörimisnopeussäätö pumpulle (16)

6 ENERGIANSÄÄSTÖT

6.1 Laskennallinen energiankulutus nykyhetkellä

Energiankulutus saadaan selvittämällä pumppujen sähkömoottorien hyötysuhde. Vuotuinen energiankulutus saadaan selville käyttötuntien avulla. Taulukossa 6 on laskettu kaavan 5 avulla moottorien hyötysuhteet. Hyötysuhteen avulla saadaan laskettua vuotuinen energiankulutus.

TAULUKKO 6. Sähkömoottorien tiedot

Pumppu	P [kW]	U [V]	I [A]	cosφ	η [%]
70001P	4	400	7,8	0,89	83
70002P	3	400	6,55	0,76	87
70003P	7,5	400	13,8	0,89	88
70004P	5,5	400	10,5	0,86	88
70035p	7,5	400	15,5	0,79	88
70036P	18,5	400	32	0,9	92
70044P	11	400	21	0,85	89
70045P	11	400	22	0,87	83
70071P	30	400	55	0,89	88

Hyötysuhde saadaan kaavalla 5 (11, s. 14).

$$\eta = \frac{P}{(\sqrt{3} * I * U * \cos\phi)}$$

KAAVA 5

P = akseliteho

I = virta

U = jännite

cosφ = korjauskerroin

η = hyötysuhde

Vuotuinen energiankulutus saadaan kaavalla 6.

$$E = \frac{P}{\eta} * t$$

KAAVA 6

P = nimellisteho

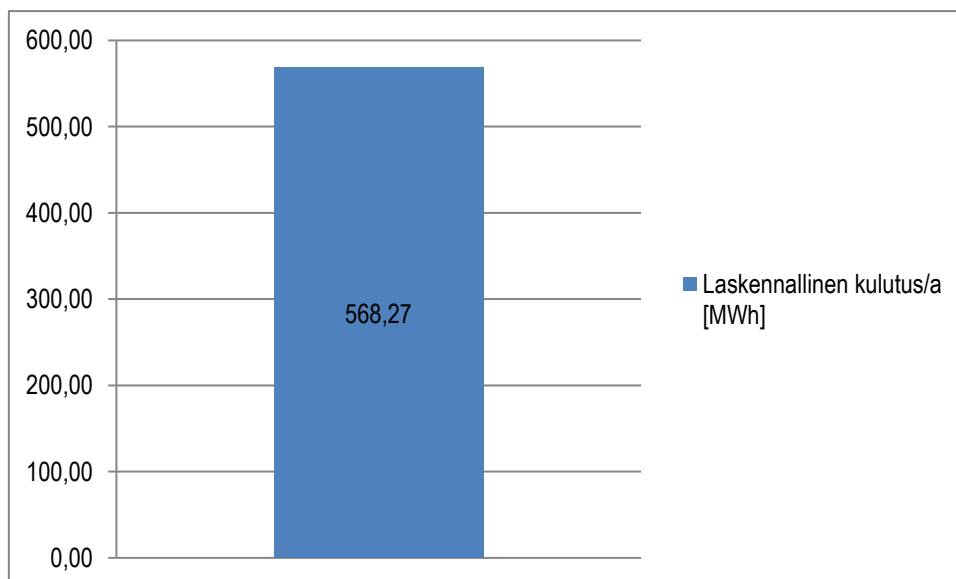
t = käyttöaika

η = moottorin hyötysuhde

Taulukossa 7 on laskettu kaavan 6 avulla pumppujen vuotuiset energiankulutukset. Kulutuksia yhteenlaskettaessa on otettava huomioon, että pumppauspiiristä vain toinen pumppu on käytössä. Toinen pumpuista on varapumppu. Kuvasta 18 nähdään käytössä olevien pumppujen vuosittainen laskennallinen kulutus.

TAULUKKO 7. Pumppujen vuotuiset energiankulutukset

Pumppu	70001P	70002P	70003P	70004P	70035P	70036P	70044P	70045P	70071P
Kulutus [MWh/a]	42,13	30,21	74,54	54,80	74,32	174,79	108,33	116,16	148,54



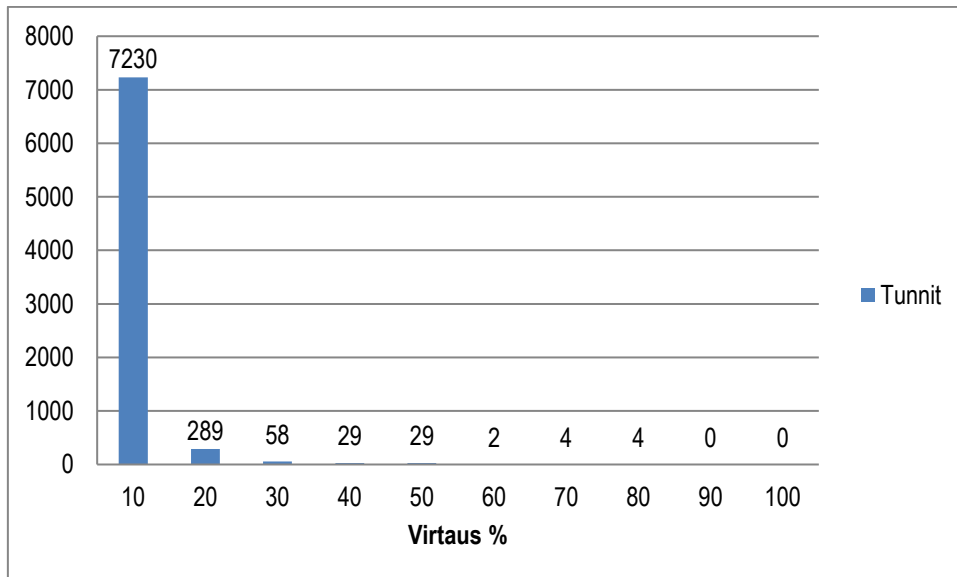
KUVA 17. Pumppujen laskennallinen kulutus vuodessa

6.2 Energiankulutus kuristussäädöllä

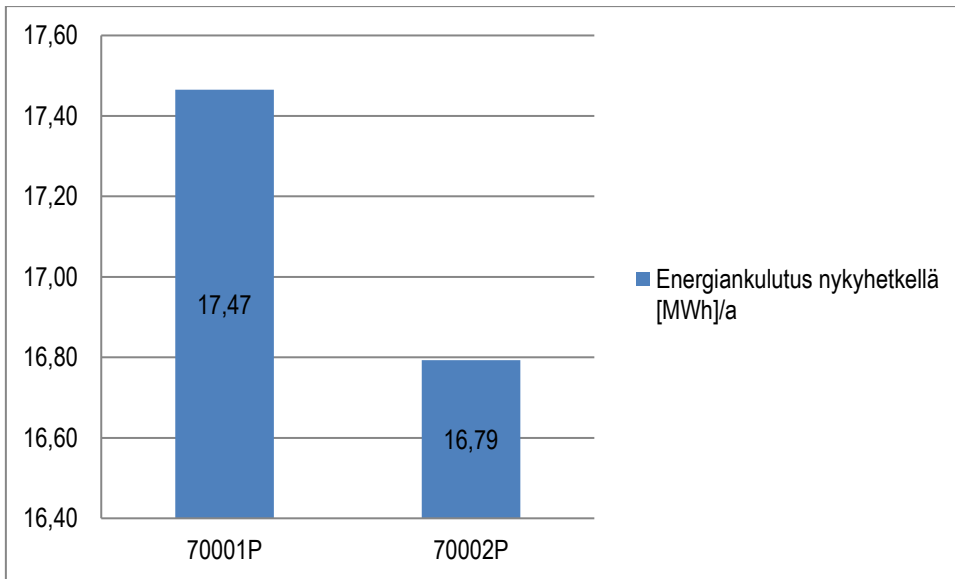
Pumppujen energiankulutuksen selvittämiseen käytettiin ABB:n EnergySave-ohjelmaa. Pumppujen vuotuiset vesivirtaamat kerättiin Savcor Wedge -ohjelman avulla. Tiedot ovat vuoden jokaiselta tunnilta. Tätä kautta selvitettiin pumppujen käyttöaste.

6.2.1 70001P ja 70002P, käyttöaste ja energiankulutus

Kuvassa 19 esitetään pumppujen nimellisvirtaamaan perustuva käyttöaste. Pumppujen energiankulutus nähdään kuvassa 20.



KUVA 18. 70001P:n ja 70002P:n käyttöaste

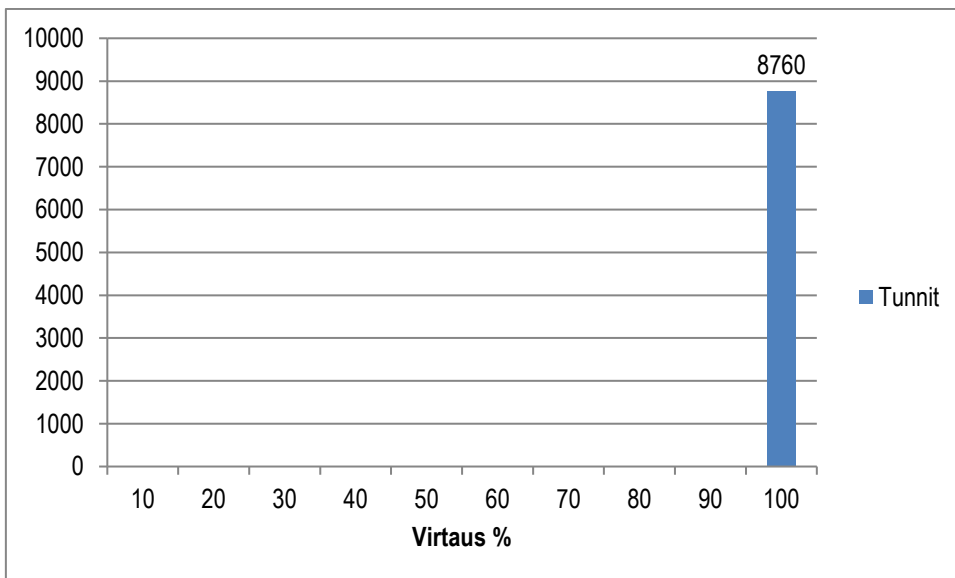


KUVA 19. Ylivuotopumppujen energiankulutukset

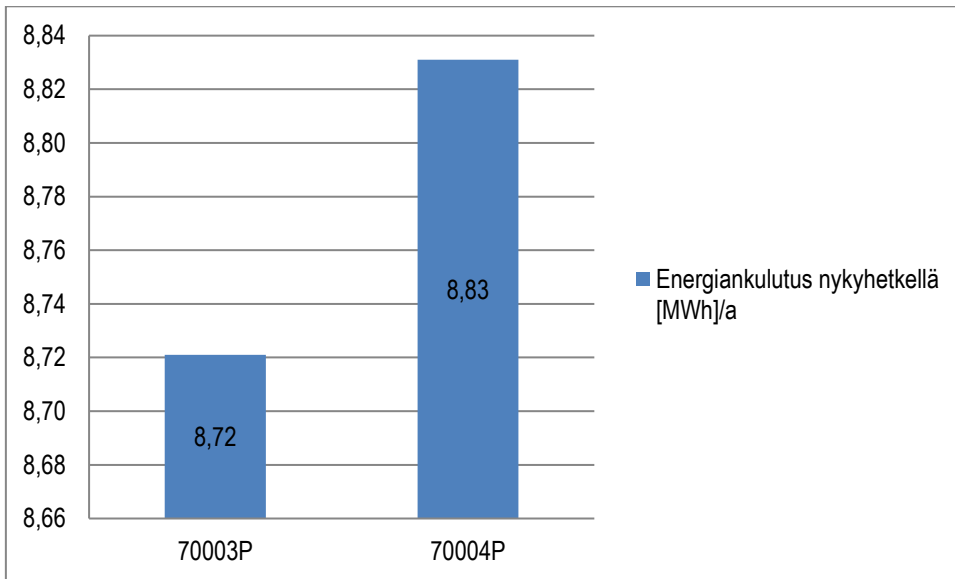
Kuristussäätö näkyy selvästi pumpun käyttöasteessa. Pyörimisnopeudensäätö olisi järkevää tässä pumppauspiirissä. (Liite 7, 8.)

6.2.2 70003P ja 70004P, käyttöaste ja energiankulutus

Kuvassa 21 nähdään, että lietepumppu käy 8760 tuntia 100 %:n virtauksella. Kuvasta 22 nähdään pumppujen energiankulutukset.



KUVA 20. Lietepumppujen käyttöaste

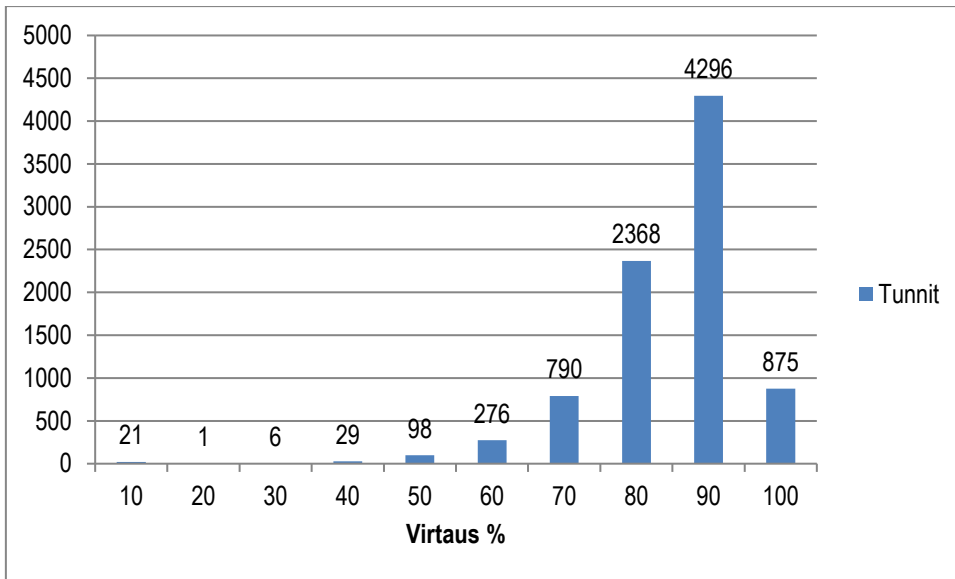


KUVA 21. Lietepumppujen energiankulutukset

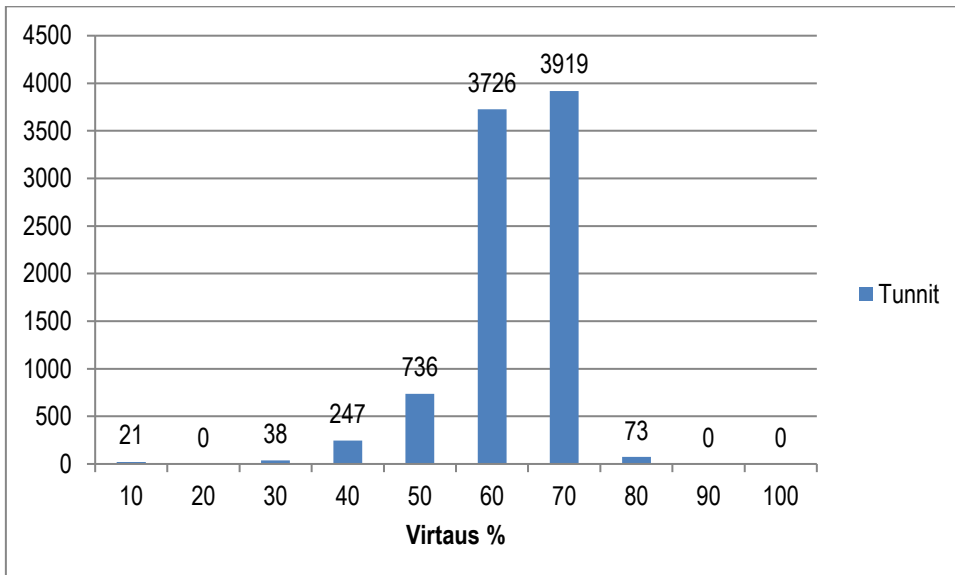
Käyttöasteesta nähdään, että pumppu käy maksimivirtaamalla koko vuoden. Tässä pumppupiirissä pyörimisnopeussäätö ei ole järkevää. (Liite 9, 10.)

6.2.3 70035P ja 70036P, käyttöaste ja energiankulutus

Kuvissa 23 ja 24 esitetään siirtopumppujen käyttöasteet.

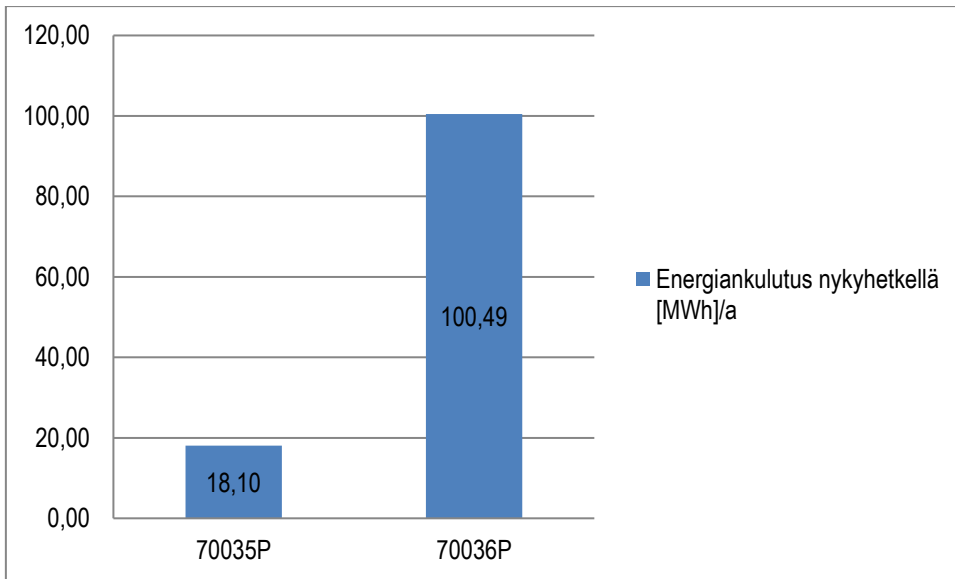


KUVA 22. 70035P:n käyttöaste



KUVA 23. 70036P:n käyttöaste

Kuvassa 25 nähdään siirtopumppujen energiankulutukset.

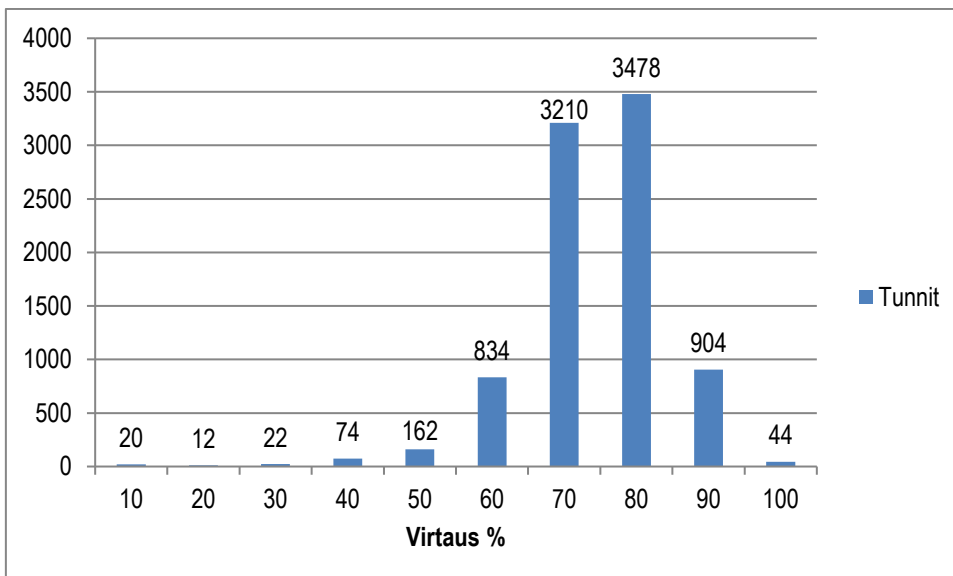


KUVA 24. Siirtopumppujen energiankulutukset

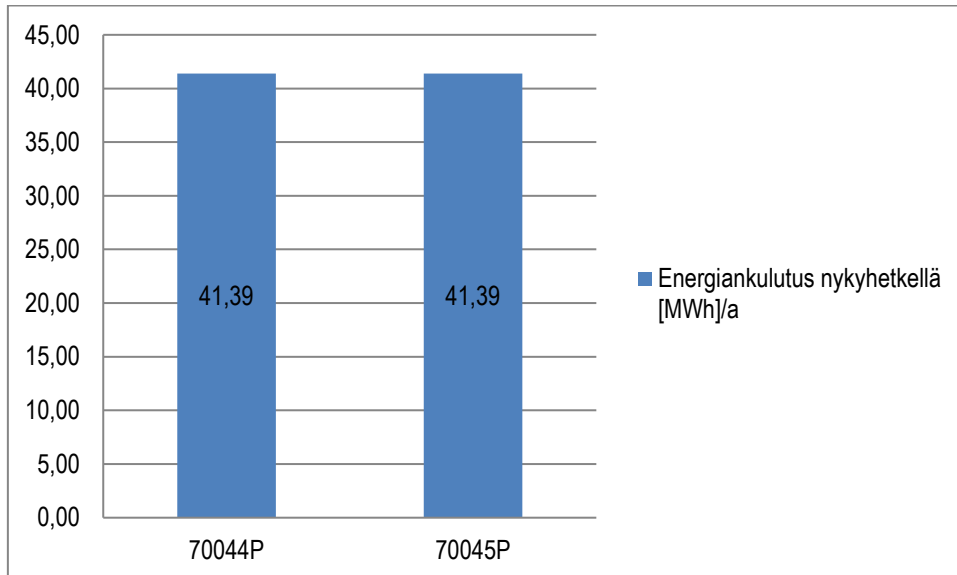
Tässä pumppauspiirissä pyörimisnopeussäätö olisi järkevää 70036P:n pumpulle (liite 11, 12).

6.2.4 70044P ja 70045P, käyttöaste ja energiankulutus

Kuvassa 26 nähdään 70044P ja 70045 P siirtopumppujen käyttöaste. Kuvassa 27 nähdään siirtopumppujen energiankulutus.



KUVA 25. Siirtopumppujen käyttöaste

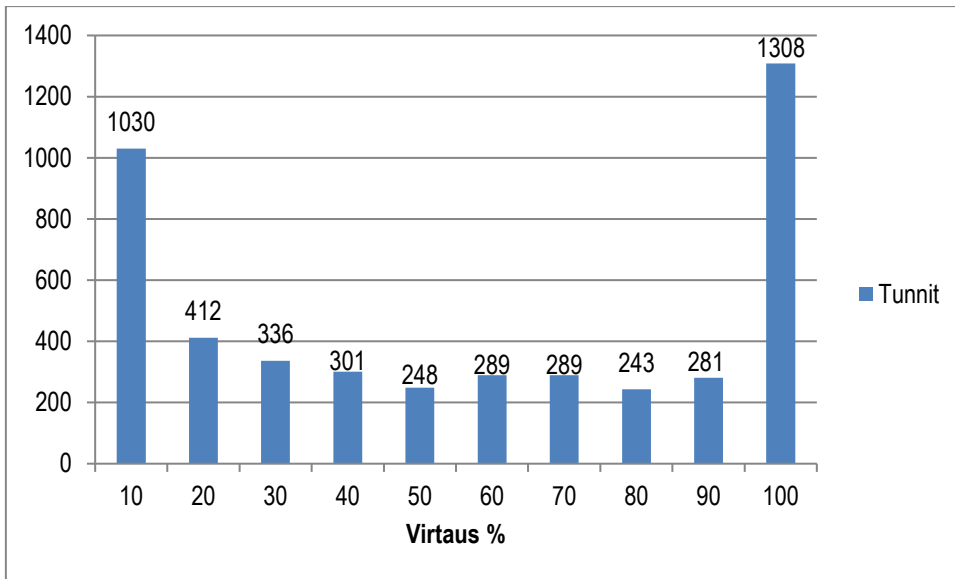


KUVA 26. Siirtopumppujen energiankulutukset

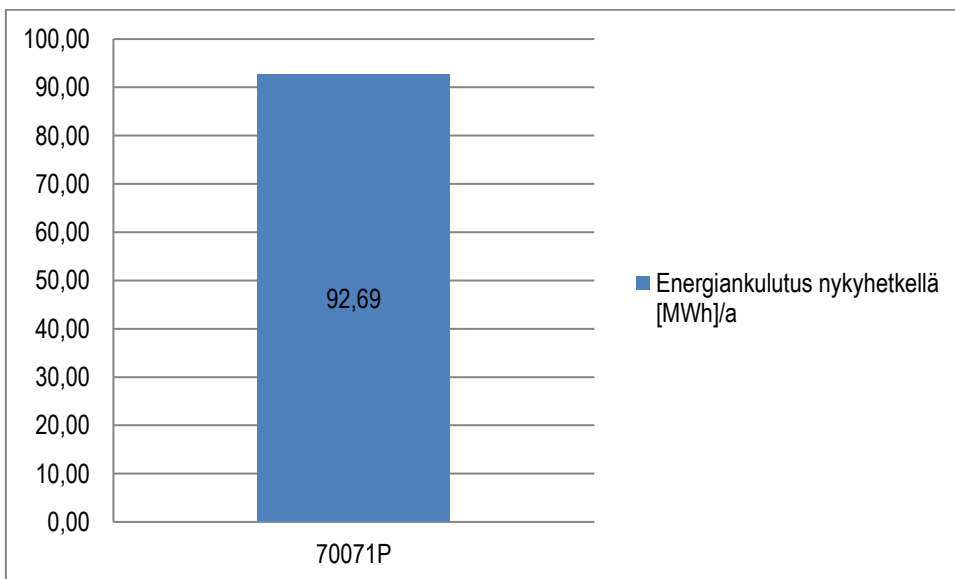
Tässä pumppauspiirissä pyörimisnopeussäätö olisi järkevää (liite 13).

6.2.5 70071P, käyttöaste ja energiankulutus

Kuvassa 28 nähdään 70071P jätevesipumpun käyttöaste ja energiankulutus.



KUVA 27. 70071P:n käyttöaste



KUVA 28. Jätevesipumpun energiankulutus

Jätevesipumpulle olisi järkevää laittaa pyörimisnopeussäätö (liite 14).

6.3 Energiankulutus taajuusmuuttajaohjauksella

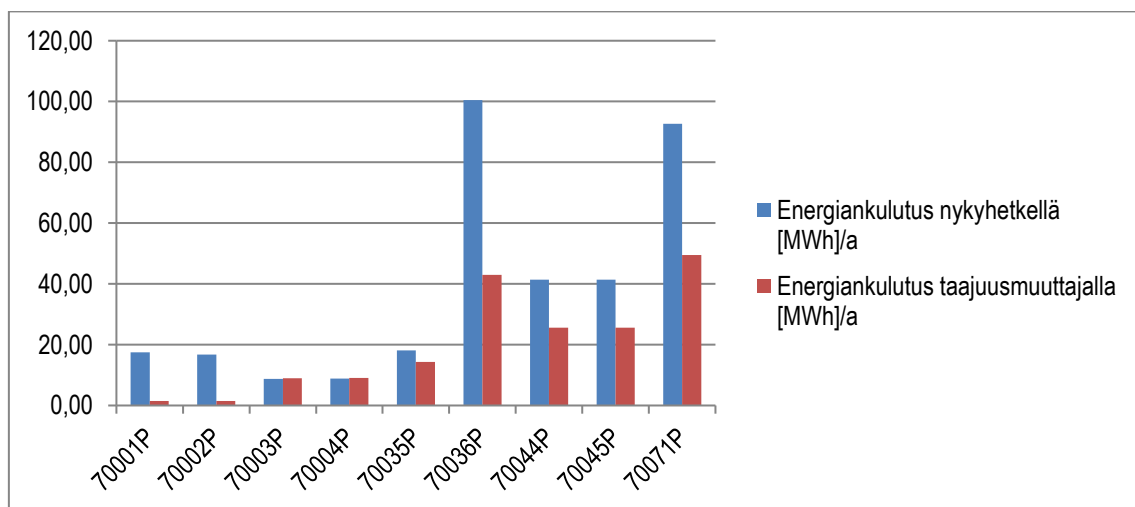
Pumppujen käyttöasteista havaittiin, että pyörimisnopeussäätö on järkevintä kaikille pumpuille paitsi 70003P ja 70004P. Pumppujen energiankulutukset esitetään taulukossa 8.

Kuvassa 31 nähdään, että vuotuinen energiankulutus on 128,34 MWh.

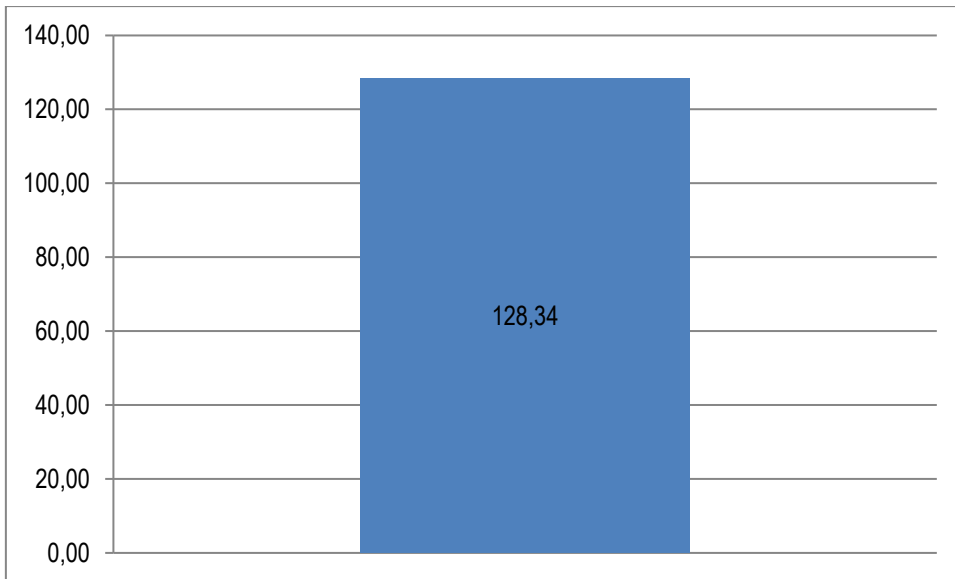
TAULUKKO 8. Pumppujen energiankulutukset

Pumppu	Energiankulutus nykyhetkellä [MWh]	Energiankulutus taajuusmuuttajalla [MWh]
70001P	17,47	1,50
70002P	16,79	1,44
70003P	8,72	8,95
70004P	8,83	9,06
70035P	18,10	14,30
70036P	100,49	43,02
70044P	41,39	25,62
70045P	41,39	25,62
70071P	92,69	49,48

Kuvassa 30 havaitaan millä pumpuilla pyörimisnopeussäätö on järkevää. Esimerkiksi 70071P-pumpun energiankulutus lähes puolittuu pyörimisnopeussäädöllä.



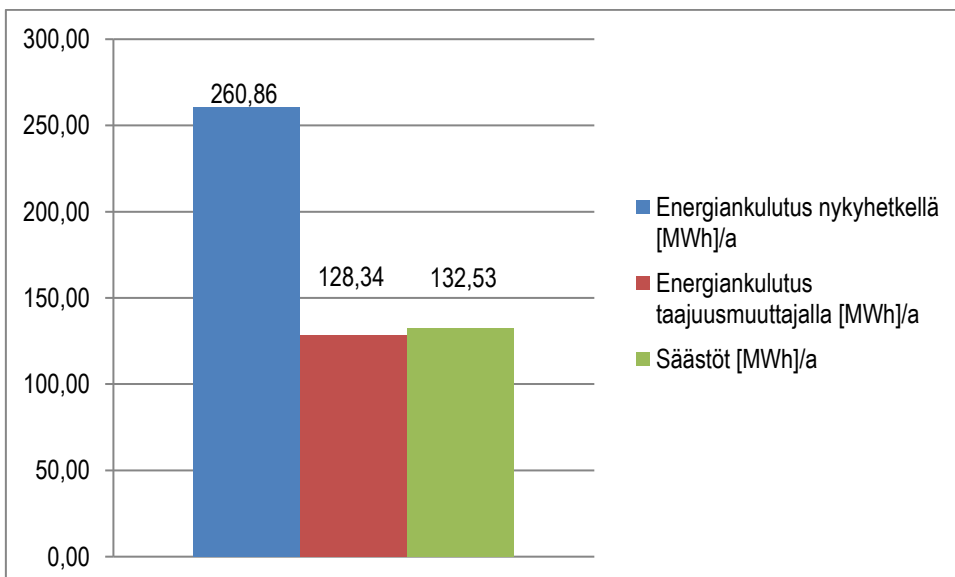
KUVA 29. Pumppujen energiankulutukset eri ohjaustavoilla



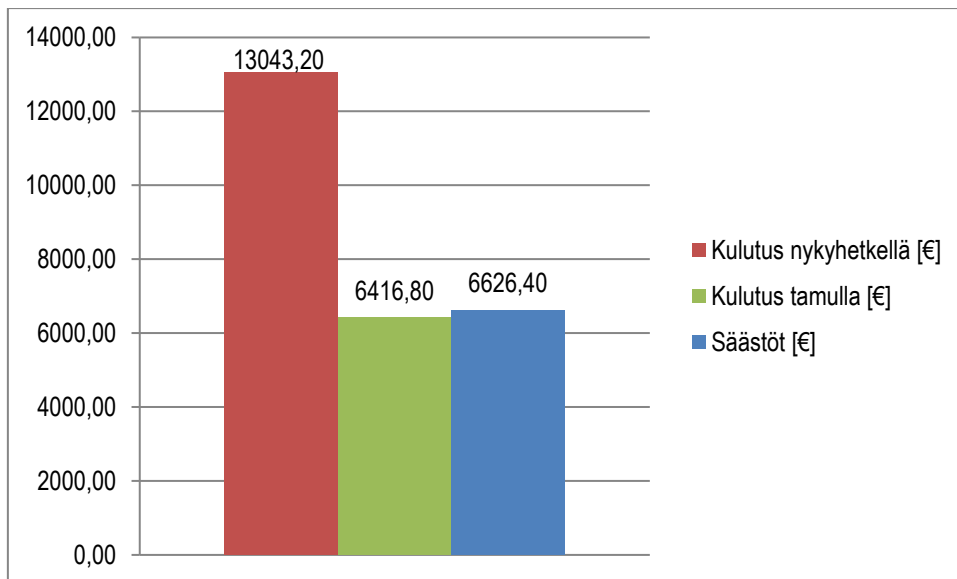
KUVA 30. Energiankulutus taajuusmuuttajaohjauksella

6.4 Säästöt

Kuvasta 32 nähdään, että pyörimisnopeussäädöllä säästettäisiin vuodessa 132,53 MWh. Jos energianhinnaksi laskee 50 €/MWh, säästyisi vuodessa 6626,40 €. Tämä nähdään kuvasta 33.



KUVA 31. Energiansäästöt vuodessa



KUVA 32. Säästöt euroina

6.5 Kannattavuus

Kannattavuuslaskelmissa otetaan huomioon vain laitteiden hinta. Oletetaan, että taajuusmuuttaja tulee neljä kappaletta. Kaavalla 7 saadaan selville investoinnin enimmäiskustannus.

$$y = \frac{x \cdot (z + z^2 + \dots + z^n)}{z^n}$$

KAAVA 7

n = takaisinmaksuaika vuosissa

x = vuosittainen säästö (€)

z = korko

Taulukossa 9 nähdään investoinnin enimmäiskustannus eri takaisinmaksuajoilla. Laskuissa käytettiin 4 % korkoa. Taulukon 9 tulokset saadaan käyttämällä kaavaa 7.

TAULUKKO 9. Investoinnin enimmäiskustannus

Takaisinmaksuaika [a]	Investoinnin max kustannus [€]	Hinta/taajuusmuuttaja [€]
2	14059	3514
3	21512	5378
4	29264	7316
5	37326	9331

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia pyörimisnopeuden säädön mahdollisuutta ja kannattavuutta biokemian laitoksen pumppuille. Työssä perehdyttiin myös pumppujen eri säätötapoihin. Pumppuille on tarkoitus käyttää pyörimisnopeudensäätöä. Pyörimisnopeussäätöön liittyen työssä selvitettiin pumppujen energiansäästöt ABB:n EnergySave-ohjelman avulla. Tärkeimpänä tavoitteena oli tutkia, onko pyörimisnopeussäätö järkevää toteuttaa, ja laskea vuotuiset säästöt.

Energiansäästölaskelmissa havaittiin, että vuosittainen energiansäästö olisi pyörimisnopeussäädöllä 132,55 MWh. Vuosittainen rahan säästö hinnalla 50 €/MWh olisi 6626,40 €. Työssä laskettiin myös investoinnin enimmäiskustannus eri takaisinmaksuajoilla. Näistä laskelmista voidaan havaita, että kolmen vuoden takaisinmaksuajalla investoinnin enimmäiskustannus saisi olla 21512 €.

Valitettavasti pyörimisnopeudella ei saada vuodessa tarpeeksi säästöjä, että laitteiston uusiminen olisi järkevää. Opinnäytetyössä nousi esille, että teoriassa pumppujen ajotavalla voidaan tehdä 83,17 MWh säästöjä. Tämä olisi järkevin tapa saada energiansäästöjä biokemianlaitoksella.

LÄHTEET

1. SSAB. Saatavissa: www.ssab.fi. Hakupäivä 5.9.2017
2. Raahen tehtaan esittelyaineisto. 2017. Powerpoint-esitys. Sisäinen dokumentti. Raahe: SSAB.
3. Koksaaamon esittely. 2017. Powerpoint-esitys. Sisäinen dokumentti. Raahe: SSAB.
4. Kankaala, Pekka 2015. Biokemian laitos. Työohje. Raahe SSAB.
5. Koskelainen, Lasse – Saarela, Rauli – Sipilä, Kari 2006. Kaukolämmityksen käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry.
6. Huhtinen, Markku – Korhonen, Risto – Pimiä, Tuomo – Urpalainen, Samu 2013. Voimalaitostekniikka. 2., tarkistettu painos. Opetushallitus. Tampere: Suomen Yliopistopaino Oy.
7. Centrifugal Pump Lexicon. 2017. KSB. Saatavissa: <https://www.ksb.com/centrifugal-pump-lexicon/pump-power-output/191446>. Hakupäivä 14.9.2017.
8. Huhtinen, Markku – Kettunen, Arto – Nurminen, Pasi – Pakkanen, Heikki 2000. Höyrykattilatekniikka. 5., uudistettu painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
9. Energiatehokkaat pumput. 2011. Motiva, energiaterveys hankinnoissa. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/5343/Energiaterveys_pumput.pdf. Hakupäivä 6.9.2017.
10. Mikä taajuusmuuttaja on ja miten se toimii? Vagon. Saatavissa: <http://194.136.28.120/fi-FI/Vacon/Media/Artikkelit/Mika-taajuusmuuttaja-on-ja-miten-se-toimii/>. Hakupäivä 6.9.2017.
11. Mikä taajuusmuuttaja on? 2008. ABB. Saatavissa: <http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.aspx>. Hakupäivä 6.9.2017
12. Tasasuuntaaja. 2014. Tieteen termipankki. Saatavissa: <http://tieteentermipankki.fi/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6tekniikka:tasasuuntaaja>. Hakupäivä 13.9.2017.
13. Tekninen opas nro 7. 2001. Sähkökäytön mitoitus. ABB. Saatavissa: https://library.e.abb.com/public/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/Tekninen_opasnr_o7.pdf. Hakupäivä 7.9.2017
14. Ravantti, Ari 2014. Taajuusmuuttajat. ABB. Saatavissa: http://cna.mamk.fi/public/FJAK/YAMK/Sahkokaytto/Materiaalit/taajuusmuuttajat_lyhyt.pdf. Hakupäivä 13.9.2017.

15. Tekninen opas nro 4. 2001. ABB. Saatavissa:
https://library.e.abb.com/public/32f0404329db7689c1256d2800411f0a/Tekninen_opas_nro4.pdf. Hakupäivä 13.9.2017.
16. Energiansäätöä taajuusmuuttajalla. 2017. VEM Motors Finland OY. Saatavissa:
<http://www.vem.fi/toimialaratkaisut/energiatehokkuus/energiansaastoa-taajuusmuuttajalla>. Hakupäivä 13.9.2017.

LIITTEET

Liite 1 70001P & 70002P -pumppujen ominaiskäyrä

Liite 2 70003P & 70004P -pumppujen ominaiskäyrä

Liite 3 70035P -pumpun ominaiskäyrä

Liite 4 70036P -pumpun ominaiskäyrä

Liite 5 70044P & 70045P -pumppujen ominaiskäyrä

Liite 6 70071P -pumpun ominaiskäyrä

Liite 7 70001P -pumpun säästölaskelma

Liite 8 70002P -pumpun säästölaskelma

Liite 9 70003P -pumpun säästölaskelma

Liite 10 70004P -pumpun säästölaskelma

Liite 11 70035P -pumpun säästölaskelma

Liite 12 70036P -pumpun säästölaskelma

Liite 13 70044P & 70045P -pumppujen säästölaskelma

Liite 14 70071P -pumpun säästölaskelma

70001P & 70002P -PUMPPUJEN OMINAISKÄYRÄ

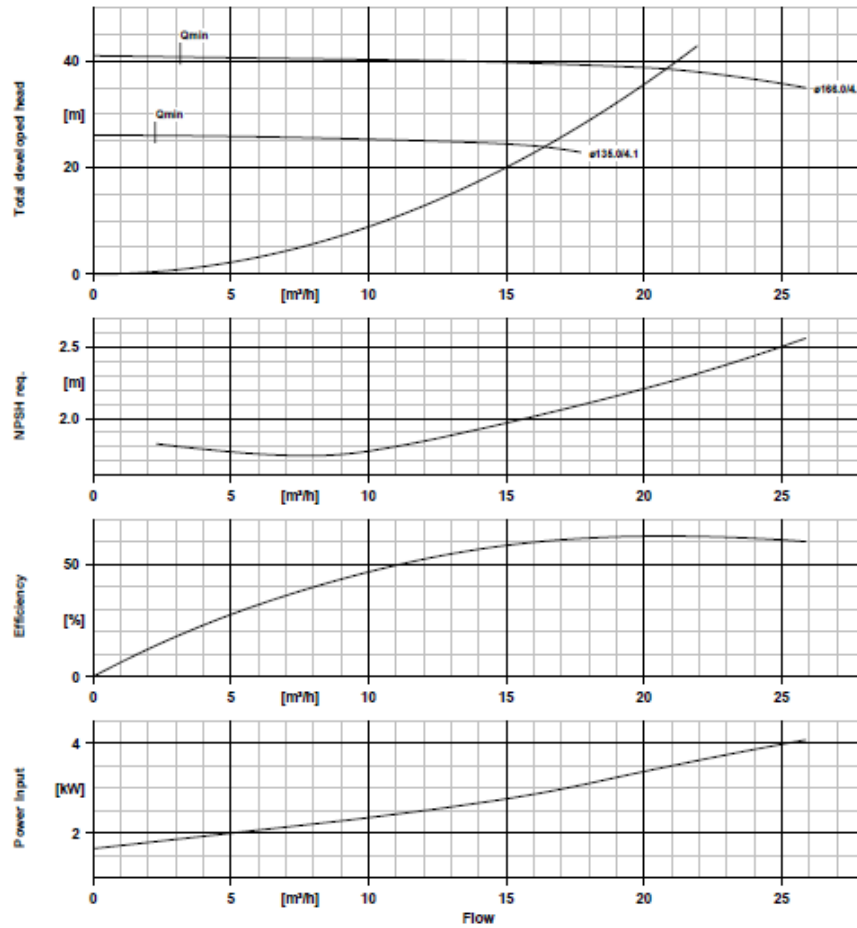
LIITE 1

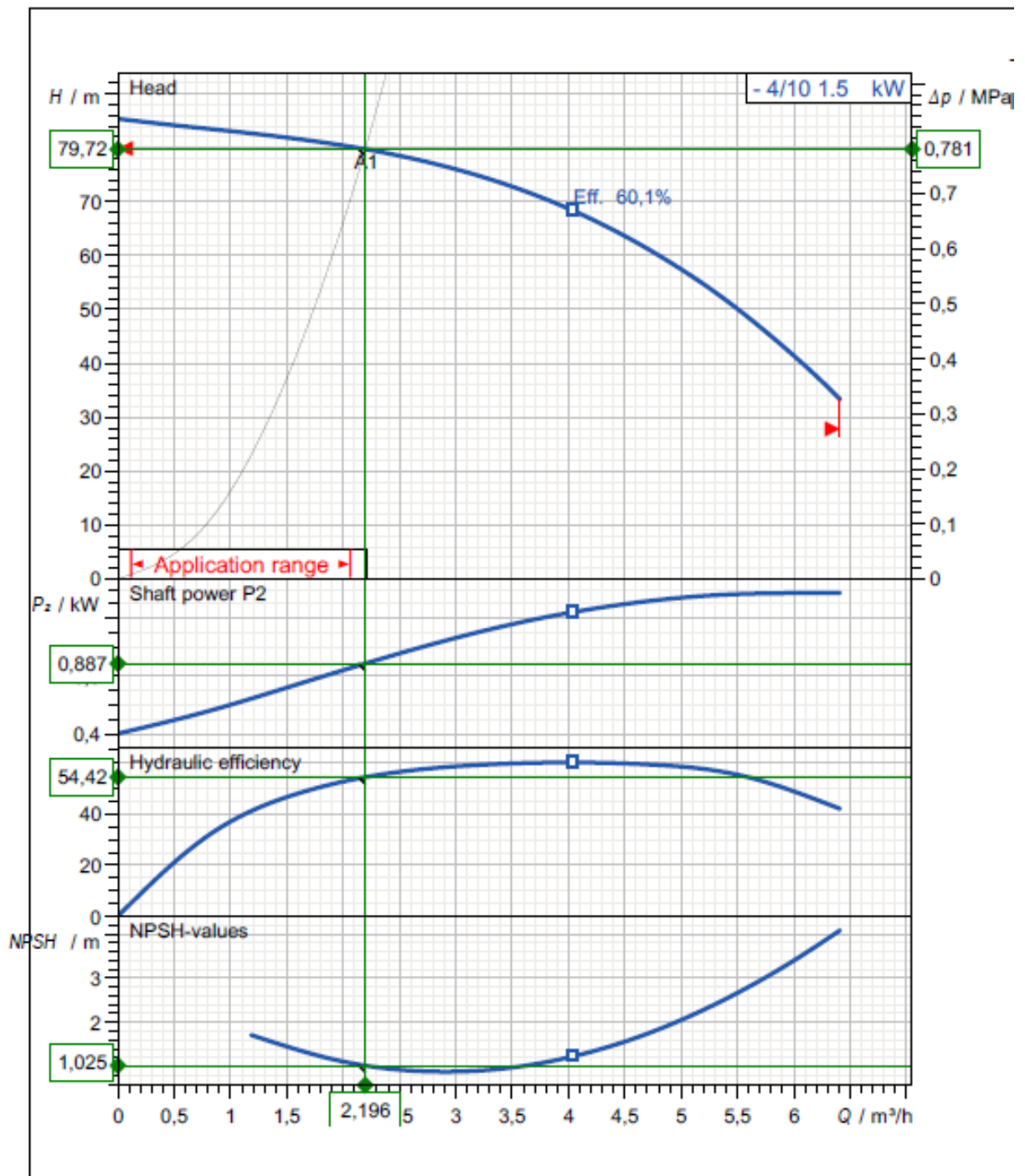
Customer item no.:
 Communication dated:
 Doc. no.:
 Quantity: 1

Number: ES 5396445
 Item no.:200
 Date: 05/10/2017
 Page: 1 / 1

ETCB050-025-160 CCSAA11D100402 B

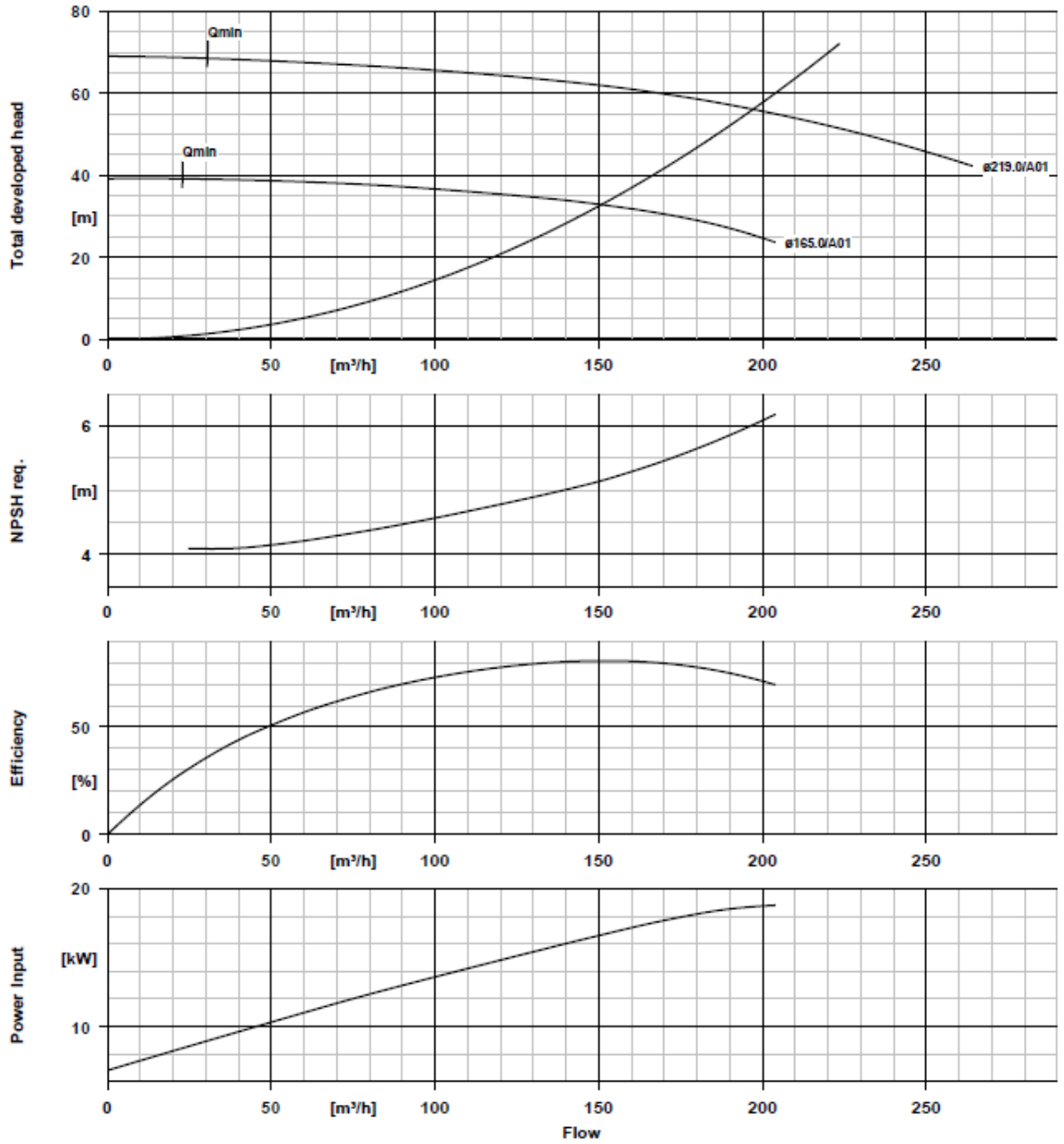
Version no.: 1





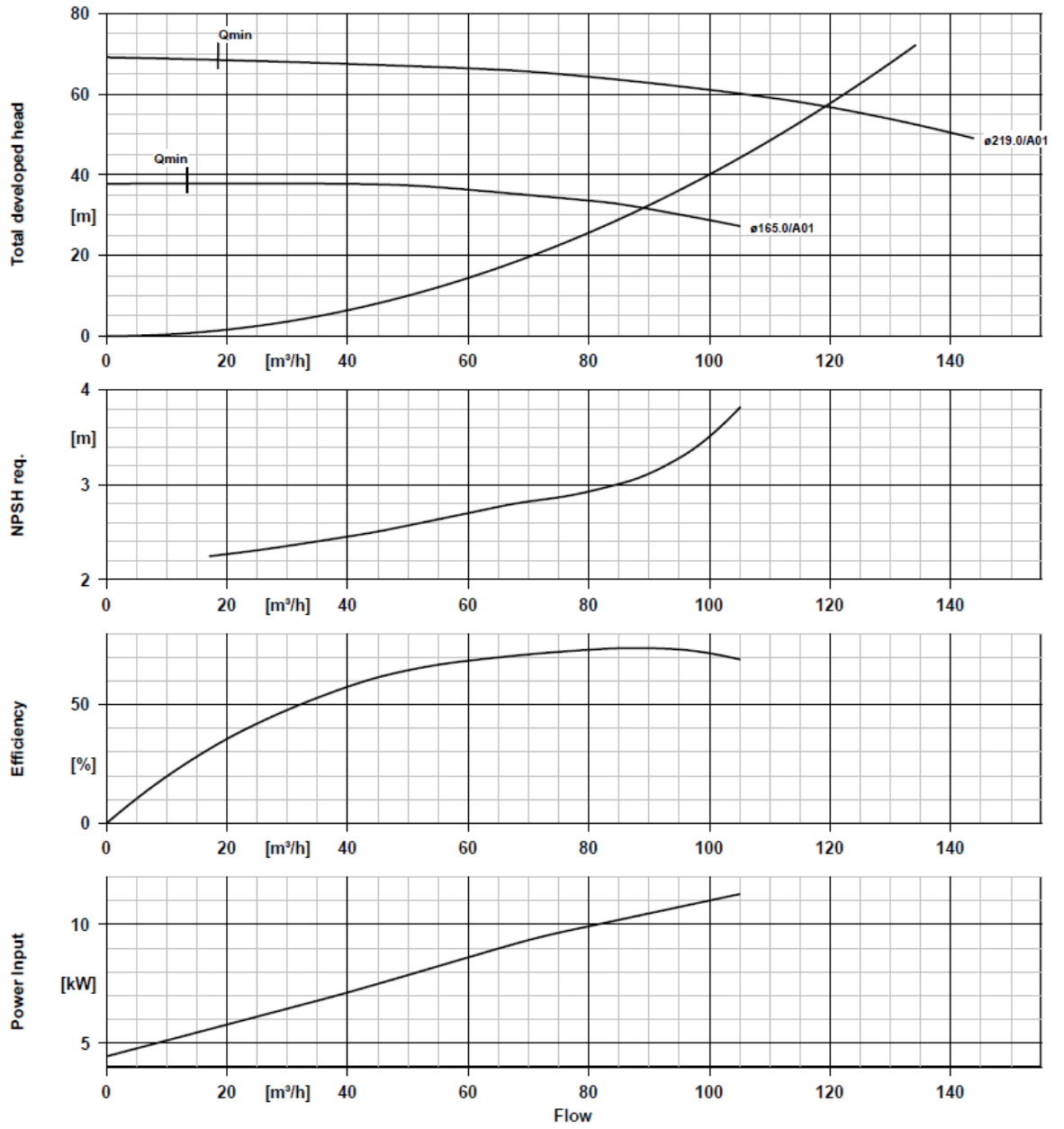
ETN 100-080-200 GGSAA11GD301852B
 Low-pressure centrifugal pump Etanorm

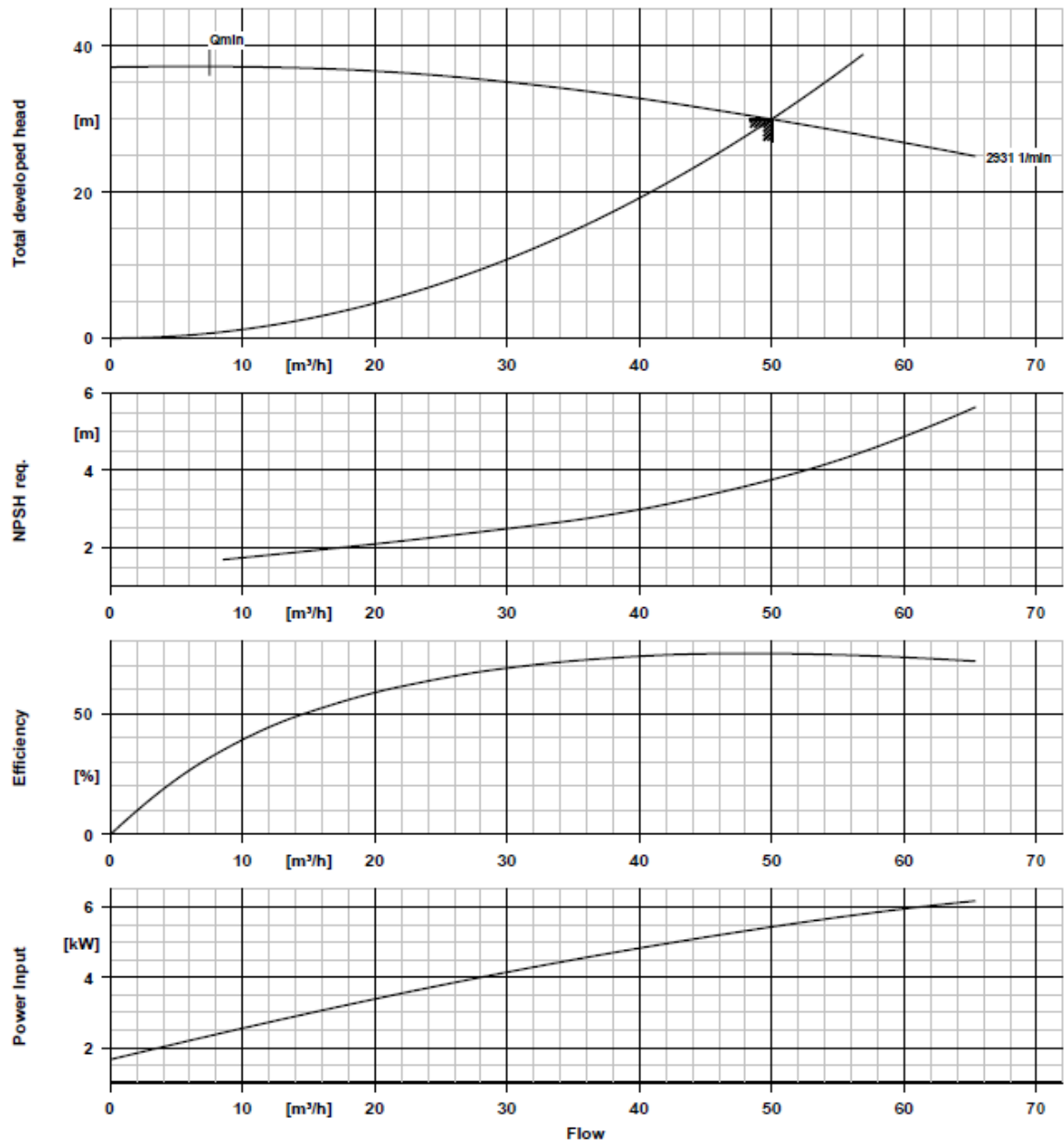
Version no.: 1

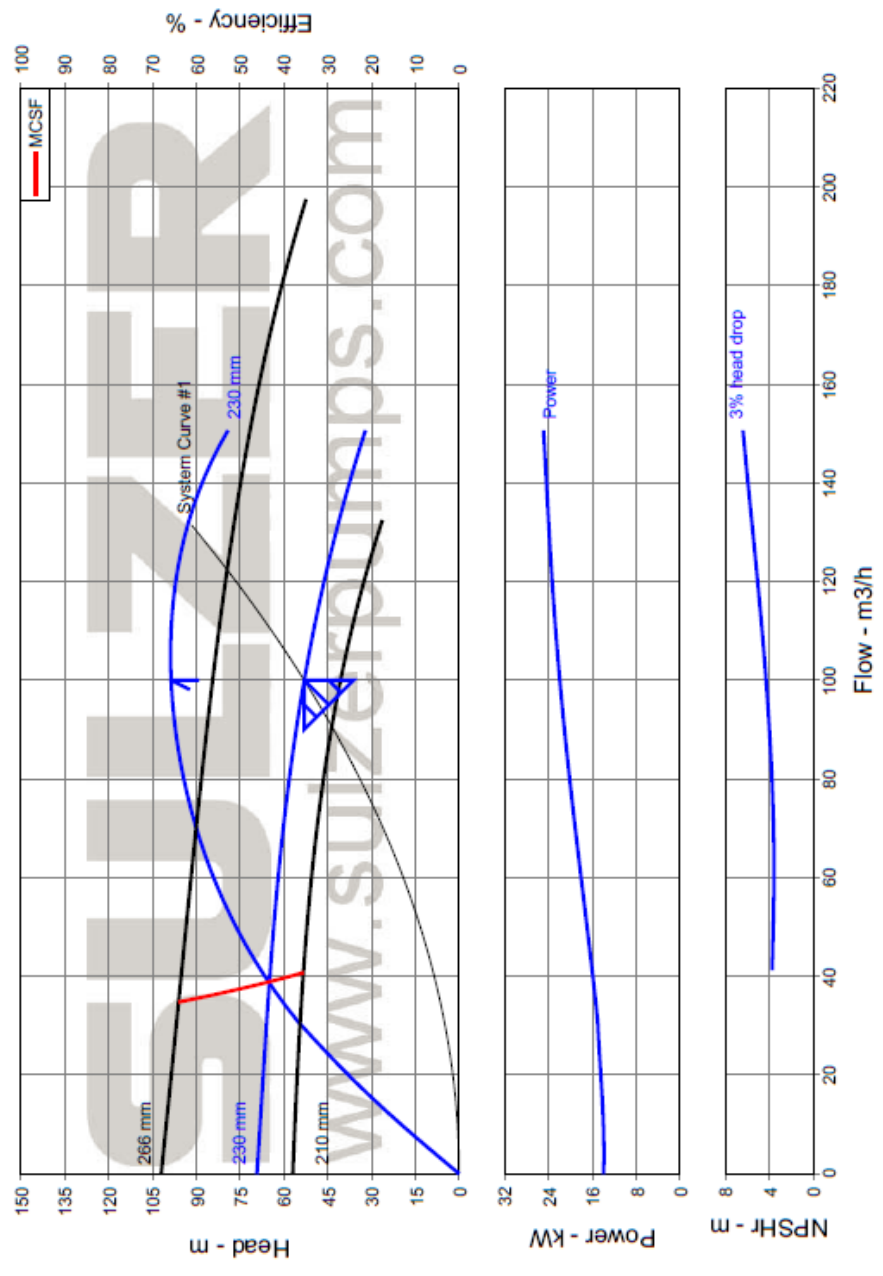


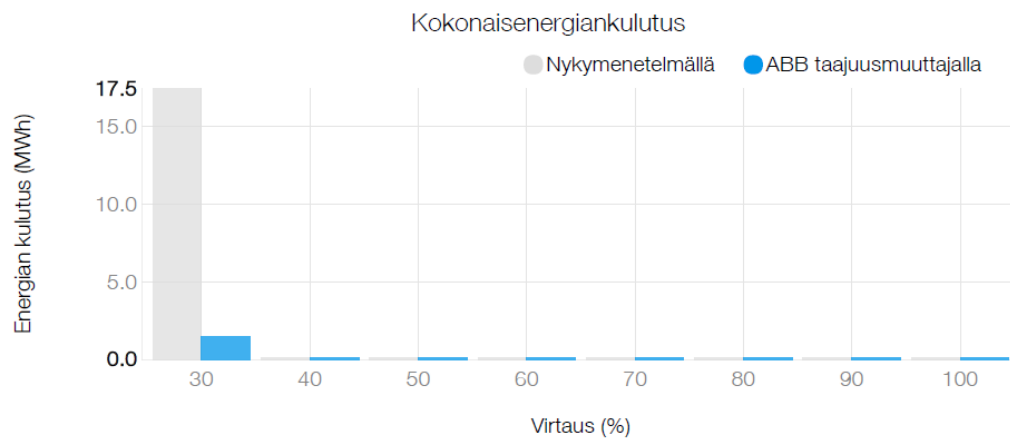
ETB 080-065-200 GGS AV11D201102 BM
 Low-pressure centrifugal pump Etabloc

Version no.: 1



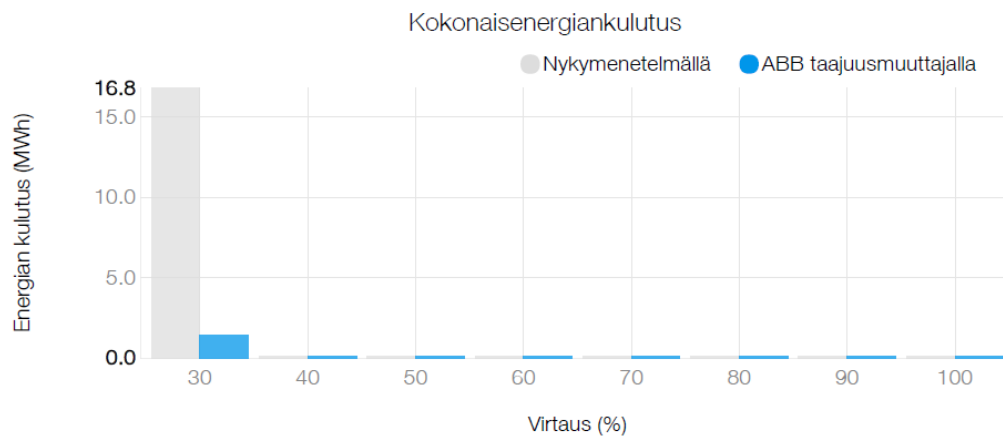






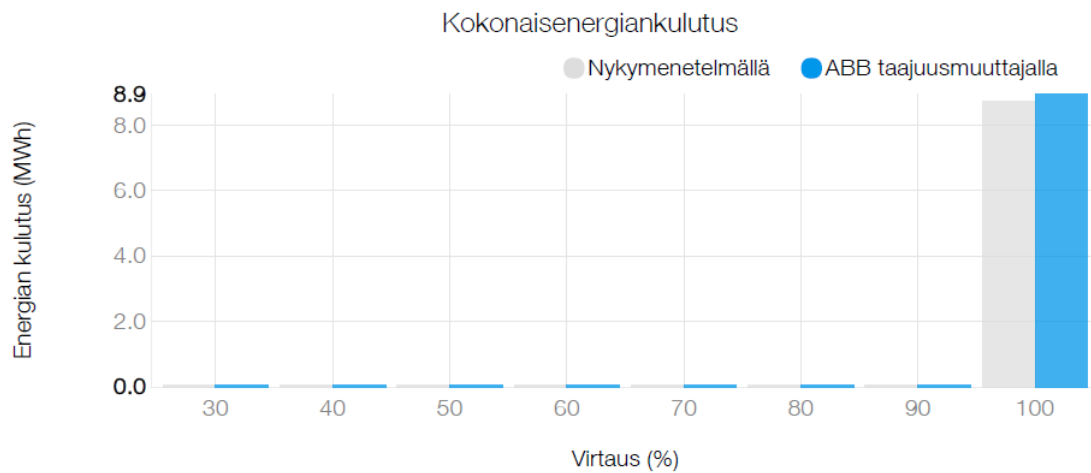
Tulokset

ABB:n tuoteperheet	ACS880-01-09A4-3
Vuotuiset energiansäästöt	16.0 MWh
Vuotuinen energiankulutus nykyisellä ohjausmenetelmällä	17.5 MWh
Vuotuinen energiankulutus ABB-taajuusmuuttajaohjauksella	1.5 MWh
Vuotuinen energiansäästöprosentti	91 %
Vuotuiset sähköenergiansäästöt	798 €



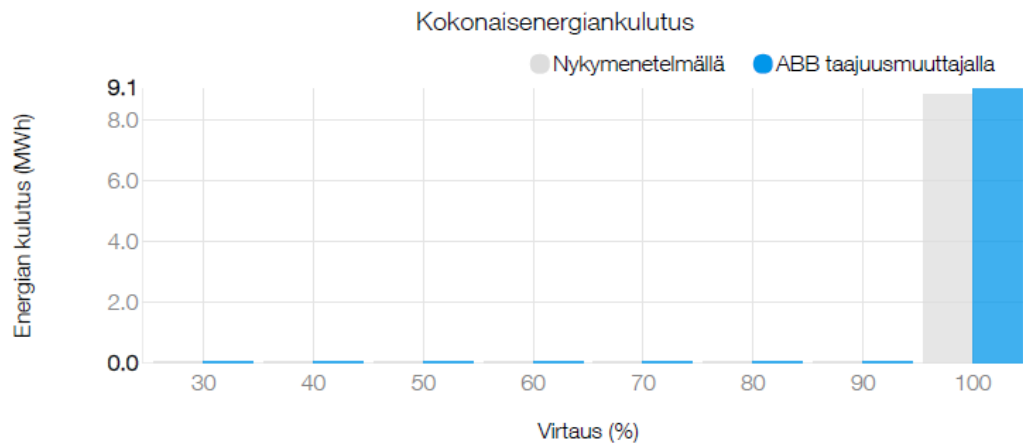
Tulokset

ABB:n tuoteperheet	ACS880-01-09A4-3
Vuotuiset energiansäästöt	15.3 MWh
Vuotuinen energiankulutus nykyisellä ohjausmenetelmällä	16.8 MWh
Vuotuinen energiankulutus ABB-taajuusmuuttajaohjauksella	1.4 MWh
Vuotuinen energiansäästöprosentti	91 %
Vuotuiset sähköenergiansäästöt	767 €



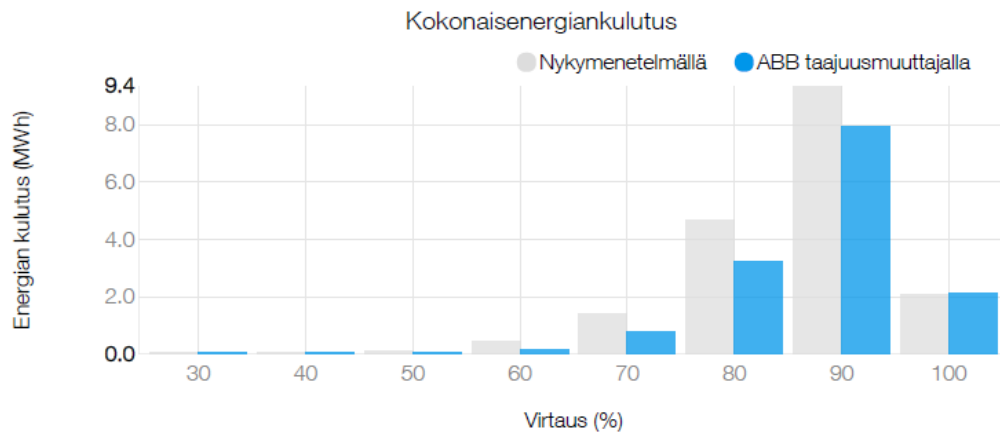
Tulokset

ABB:n tuoteperheet	ACS880-01-017A-3
Vuotuiset energiansäästöt	-0.2 MWh
Vuotuinen energiankulutus nykyisellä ohjausmenetelmällä	8.7 MWh
Vuotuinen energiankulutus ABB-taajuusmuuttajaohjauksella	8.9 MWh
Vuotuinen energiansäästöprosentti	-3 %
Vuotuiset sähköenergiansäästöt	-22 €



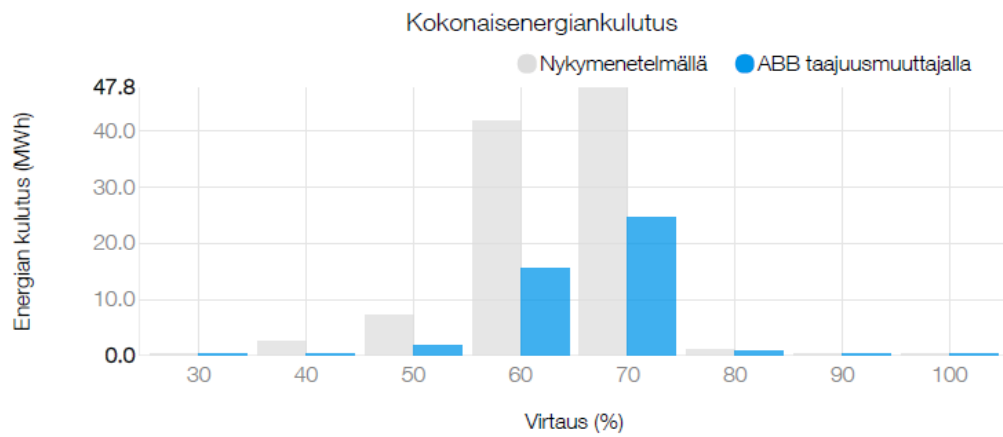
Tulokset

ABB:n tuoteperheet	ACS880-01-12A6-3
Vuotuiset energiansäästöt	-0.2 MWh
Vuotuinen energiankulutus nykyisellä ohjausmenetelmällä	8.8 MWh
Vuotuinen energiankulutus ABB-taajuusmuuttajaohjauksella	9.1 MWh
Vuotuinen energiansäästöprosentti	-3 %
Vuotuiset sähköenergiansäästöt	-23 €



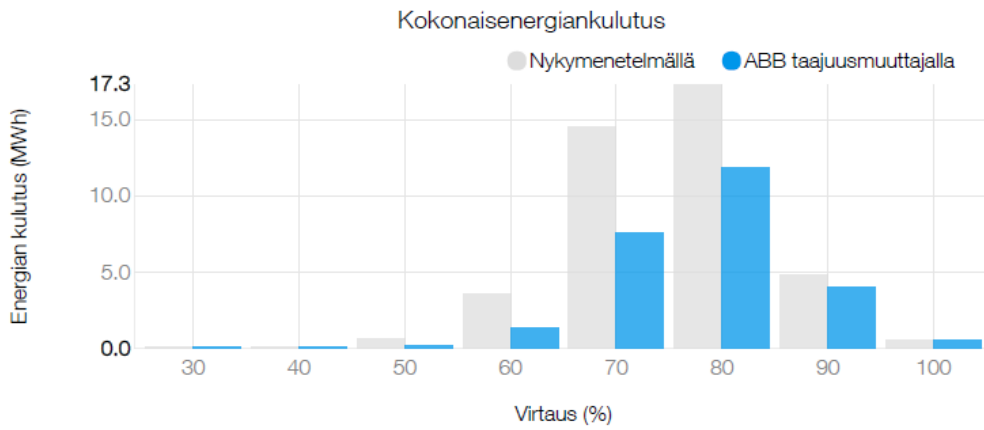
Tulokset

ABB:n tuoteperheet	ACS880-01-017A-3
Vuotuiset energiansäästöt	3.8 MWh
Vuotuinen energiankulutus nykyisellä ohjausmenetelmällä	18.1 MWh
Vuotuinen energiankulutus ABB-taajuusmuuttajaohjauksella	14.3 MWh
Vuotuinen energiansäästöprosentti	21 %
Vuotuiset sähköenergiansäästöt	191 €



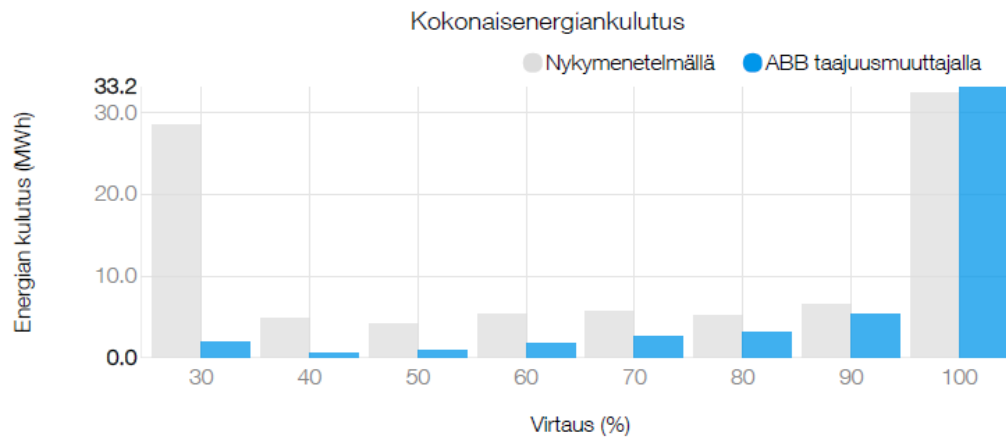
Tulokset

ABB:n tuoteperheet	ACS880-01-38A0-3
Vuotuiset energiansäästöt	57.5 MWh
Vuotuinen energiankulutus nykyisellä ohjausmenetelmällä	100.5 MWh
Vuotuinen energiankulutus ABB-taajuusmuuttajaohjauksella	43.0 MWh
Vuotuinen energiansäästöprosentti	57 %
Vuotuiset sähköenergiansäästöt	2 873 €



Tulokset

ABB:n tuoteperheet	ACS880-01-25A0-3
Vuotuiset energiansäästöt	15.8 MWh
Vuotuinen energiakulutus nykyisellä ohjausmenetelmällä	41.4 MWh
Vuotuinen energiakulutus ABB-taajuusmuuttajaohjauksella	25.6 MWh
Vuotuinen energiansäästöprosentti	38 %
Vuotuiset sähköenergiansäästöt	789 €



Tulokset

ABB:n tuoteperheet	ACS880-01-61A0-3
Vuotuiset energiansäästöt	43.2 MWh
Vuotuinen energiankulutus nykyisellä ohjausmenetelmällä	92.7 MWh
Vuotuinen energiankulutus ABB-taajuusmuuttajaohjauksella	49.5 MWh
Vuotuinen energiansäästöprosentti	47 %
Vuotuiset sähköenergiansäästöt	2 160 €