






Turvetuotantoalueen kuivatusvesien pumppaus

Pk-yrittäjien turvetuotannon kehittäminen

Kirjoittajat: Esa Kallio, Ari Erkkilä

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi		
Turvetuotantoalueen kuivatusvesien pumppaus		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot	Asiakkaan viite	
Motiva Oy, Osmo Nojonen PL 489, 00101 Helsinki	TE-keskus/EMOTR, hanke 17728, päätös 24331	
Projektin nimi	Projektin numero/lyhytnimi	
Pk-yrittäjien turvetuotannon kehittäminen	3961/Pk-turve	
Raportin laatija(t)	Sivujen/liitesivujen lukumäärä	
Esa Kallio, Ari Erkkilä	51/23	
Avainsanat	Raportin numero	
turve, tuotanto, pk-yrittäjä, vesi, pumppaaminen, peat, production, entrepreneur, water, pumping	VTT-R-10670-07	
Tiivistelmä		
<p>Pk-yrittäjien turvetuotannon kehittämishankkeen kokonaistavoitteena oli pienten ja keskisuurten turvetuotantoa harjoittavien yrittäjien turvetuotannon tehostaminen ja tuotannon ympäristövaikutusten vähentäminen. Hankkeen avulla haluttiin myös helpottaa yritysten keskinäistä yhteistyötä sekä kokemusten ja tiedon vaihtoa, samoin yrittäjien yhteyksiä viranomaisiin, asiakkaisiin ja asiantuntijoihin.</p> <p>Hankkeen yhtenä osatehtävänä oli turvetuotantoalueen kuivatusvesien käsittelyn ja turvekentän kuivattamisen tehostaminen pumppausta kehittämällä. Tähän raporttiin on koottu yleistä tietoa pumpuista ja turvetuotantoalueen kuivatusvesien pumppauksesta sekä pumppauksessa käytettävistä energialähteistä. Raportissa on esitelty kuivatusvesien pumppauksessa käytettyjä rakenteita sekä pumppauksen suunnitteluun ja energialähteen valintaan vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi raportissa on esitelty ohjeet pumpun mitoittamiseen. Raportti on laadittu osin pumppausohjeen muotoon, minkä tarkoituksena on auttaa pieniä ja keskisuuria turveyrittäjiä tuotantoalueensa kuivatusvesien pumppauksen suunnittelussa ja toteutuksessa. Raportin toivotaan palvelevan myös muita suo-vesien pumppaamisesta kiinnostuneita.</p>		
Luottamuksellisuus	Julkinen	
Jyväskylä 5.12.2007		
Allekirjoitukset		
		
Esa Kallio Tutkimusinsinööri	Arvo Leinonen Tiiminvetäjä	Antti Tourunen Teknologiapäällikön sijainen
VTT:n yhteystiedot		
VTT, Koivurannantie 1, PL 1603, 40101 Jyväskylä		
Jakelu (asiakkaat ja VTT)		
Motiva Oy, VTT, projektin ohjausryhmä, Keski-Suomen TE-keskus		
<p><i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i></p>		

Alkusanat

Pk-yrittäjien turvetuotannon kehittämiseksi käynnisti Keski-Suomen työvoima- ja elinkeinokeskus yhdessä alan toimijoiden ja Motivan kanssa turvetuotannon kehittämishankkeen vuoden 2005 lopussa. Hankkeen kokonaistavoitteena oli pienten ja keskisuurten turvetuotantoa harjoittavien yrittäjien turvetuotannon tehostaminen ja tuotannon ympäristövaikutusten vähentäminen. Hankkeen avulla haluttiin myös helpottaa yritysten keskinäistä yhteistyötä sekä kokemusten ja tiedon vaihtoa, samoin yrittäjien yhteyksiä viranomaisiin, asiakkaisiin ja asiantuntijoihin.

Hankkeen yhtenä osatehtävänä oli turvetuotantoalueen kuivatusvesien käsittelyn ja turvekentän kuivattamisen tehostaminen pumppausta kehittämällä. Tähän raporttiin on koottu kyseisen osatehtävän keskeinen sisältö. Raportin toivotaan auttavan turveyrittäjiä ja muita suovesien pumppaamisesta kiinnostuneita.

Hankkeen tärkein rahoittaja on ollut Euroopan maatalouden ohjaus- ja tukirahasto, EMOTR. Yksityisinä rahoittajina hankkeessa ovat olleet mukana Suomen turvetuottajat ry, Koneyrittäjien liitto ry, Oy Alholmens Kraft Ab, Fortum Power and Heat Oy, Turveruukki Oy ja Vaskiluodon Voima Oy. Hanketta on johtanut Motiva Oy, koordinoinnissa ja osatehtävien toteuttamisessa ovat olleet mukana VTT, GTK ja Ecotrac Oy. Hankeen toteutusta ohjanneeseen ohjausryhmään on kuulunut edustajat edellä mainituista organisaatioista, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksesta sekä pk-yrittäjistä Pohjois-Suomen Tavoite 1 – alueelta.

Useat turpeen tuotantoa harjoittavat yrittäjät ovat osallistuneet tehtävien toteutukseen ja antaneet tietotaitoaan yhteiseen käyttöön samoin kuin useat pumppauslaitteiden edustajat.

Kiitokset kaikille hankkeeseen osallistuneille miellyttävästä ja innostuneesta yhteistyöstä!

Jyväskylä, joulukuu 2007

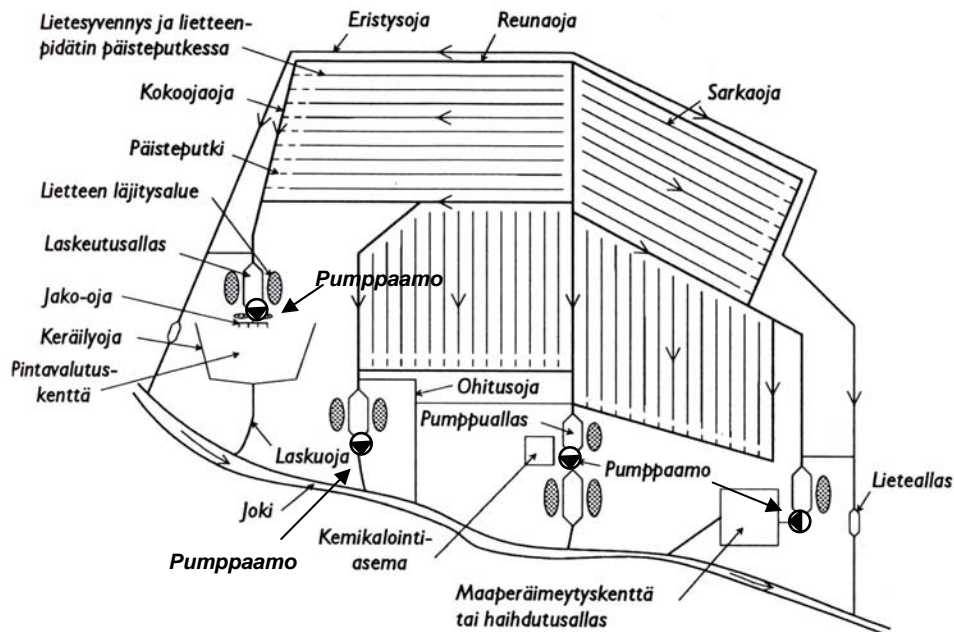
Tekijät

Tiivistelmä pumppaamon suunnittelun vaiheista

Seuraavaan taulukoon on koottu pumppaamon suunnittelun vaiheet järjestyksessä ja tieto miltä sivulta alkaen kyseinen asia raportissa esitetään.

Suunnitteluesimerkit esitetään liitteissä 2 ja 3.

Suunnittelun vaihe	Lisätietoa alkaen raportin sivulta:
Pumppauksen energialähteen valinta	19
Pumppaustekniikan valinta	25
Pumppaamon mitoitus:	
Valuma-alueen koon, mitoitusvaluman ja –virtaaman määrittäminen	26
Nostokorkeuden määrittäminen	27
Pumppausmatkan määrittäminen	28
Pumpun ja putkiston mitoitus:	
Putkiston koon esivalinta	29
Virtausvastusten määrittäminen	29
Paikallisvastusten määrittäminen	30
Putkiston häviölaskelmataulukon täyttäminen	31
Virtaushäviökäyrien piirto pumppukäyrästäöihin ja toimintapisteen arviointi	31
Pumppaamorakenteiden suunnittelu	32



Pumppaamon sijoittuminen turvetuotantoalueen kuivatus- ja vesiensuojelujärjestelyissä. (Modifioitu teoksen Savolainen ym. 1996. Turvetuotannon vesiensuojeluohjeisto kuvasta 6).

Sisällysluettelo

1	Johdanto	6
2	Kuivatusolosuhteet, maanomistusolot ja ympäristöluvut	6
3	Yleistä pumpuista	7
3.1	Pumpputyypit	7
3.2	Pumppukäyrät	10
4	Pumppaamon perustamisessa huomioon otavat tekijät	13
4.1	Pumppauksen tarve	13
4.2	Ympärivuotinen vai tuotannon aikainen pumppaus	14
4.3	Pumppauksen energianlähde	15
4.3.1	Sähköverkko	15
4.3.2	Dieselmoottori	16
4.3.3	Dieselaggregaatti	17
4.4	Mistä pumpataan	17
4.5	Minne pumpataan	18
5	Pumppaamon suunnittelu	19
5.1	Pumppauksen energialähteen valinta	19
5.1.1	Sähköpumppaamo	19
5.1.2	Dieselpumppaamo	21
5.1.3	Dieselaggregaatti pumppaamo	21
5.1.4	Energialähteen valinta	23
5.2	Pumppaustekniikan valinta	25
5.3	Pumppaamon mitoitus	26
5.3.1	Valuma-alueen koko, mitoitusvaluma ja -virtaama	26
5.3.2	Nostokorkeuden määrittäminen	27
5.3.3	Pumppausmatkan määrittäminen	28
5.4	Pumpun ja putkiston mitoitus	29
5.4.1	Putkiston koon esivalinta	29
5.4.2	Virtausvastusten määrittäminen	29
5.4.3	Paikallisvastusten määrittäminen	30
5.4.4	Putkiston häviölaskelmataulukon täyttäminen	31
5.4.5	Virtaushäviökäyrien piirto pumppukäyrästäihin ja toimintapisteen arviointi	31
5.5	Pumppaamorakenteet	32
5.5.1	Pumppauskaivo	32
5.5.2	Pumppauslautta	35
5.5.3	Pumppaussilta	37
5.5.4	Pumppauslaituri	39
5.5.5	Vapaasti sijoitettava pumppu	39
6	Vesiensuojelurakenteet pumppauksen yhteydessä	40
6.1	Vesiensuojelurakenteiden yhteydessä huomioon otavaa	40
6.2	Varastotilavuudet ja pumppauskierto	42

7	Pumppaamon ohjaus	44
7.1	Pinnankorkeus ja sen havainnointi	44
7.2	Sähköpumppaamon ohjaus ja käynnistimet	46
7.3	Dieselpumppaamon ohjaus	47
7.4	Dieselaggregaattipumppaamo	48
8	Pumppaamon hankintakustannukset	48
9	Lähdeluettelo	50

1 Johdanto

Turvetuotantoalueen kuivatusvesien pumppaaminen on tullut monessa tuotantokohteessa tarpeelliseksi tuotantoalueiden pinnan madaltuessa tuotannon edistyessä. Tuotantokentän madaltuessa vesien johtaminen ei enää onnistu luontaisesti laskuojia myöten. Ongelman ratkaisemiseksi joudutaan joko kaivamaan massiivisesti laskuojaa syvemmäksi tai ratkaistaan vesien johtamien pumppaamalla vedet vanhaan laskuojaan.

Turvetuotannon päivitettyt ympäristöluvut ja lupaehdot vaativat tehostettuja kuivatusvesien puhdistusmenetelmiä. Niistä tärkein ja yleisemmin vaadittu puhdistusmenetelmä on pintavalutuskenttä. Pintavalutuskentän tulee olla joko luonnontilaista suota tai muuten vesien puhdistukseen soveltuvaa, kasvillisuuden peittämää, turvemaata. Suurin osa uusien lupaehtojen alaisista tuotantoalueista on yli viisitoista vuotta vanhoja, eikä niiden suunnittelussa ole alun alkaen otettu huomioon pintavalutuskentän tarpeellisuutta. Veden johtaminen luontaista laskua hyväksikäyttäen pintavalutuskentälle on harvoin mahdollista. Mikäli tuotantoalueen reunalla, veden laskusuunnassa on pintavalutukseen kelpaavaa aluetta, jää sen pinta väistämättä tuotantosuon kuivatusojituksen vuoksi laskeutusaltaan veden pintaa korkeammalle eikä sinne voida luontaisesti johtaa kuivatusvesiä. Kuivatusvedet on pumpattava korkeammalle tasolle.

Muita tehostettuja kuivatusvesien puhdistusmenetelmiä ovat mm. kemiallinen puhdistus ja maaperäimeytys. Kemiallista puhdistusta on sovellettu pääsääntöisesti pumppauksen yhteydessä, vaikkakaan se ei välttämättä tarvitse pumppausta. Kuitenkin kemiallisen puhdistuksen annostelu- ja oheislaitteet vaativat sähköä. Kemikaalien sekoittuminen kuivatusvesiin on tehokkaampaa pumppauksen yhteydessä ja siten myös vesien puhdistuminen. Maaperäimeytyksessä vesi pumpataan putkea myöten imeytysalueelle ja levitetään paineen alaisena.

2 Kuivatusolosuhteet, maanomistusolot ja ympäristöluvut

Pumppausta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kuivatusolosuhteet. Useissa tapauksissa turvealueella pohjamaa muodostaa turvekentälle syvänteitä, joissa on myös paksu turvekerros. Tällaisilla alueilla tehokas kuivatussyvyys (veden pinnankorkeus kuivatusojissa) saattaa asettua varsin syvälle. Vesien johtaminen edelleen laskeutus- ja/tai pumppausaltaalla vielä lisää tätä syvyyttä. Tuotannon alkuvaiheessa suunniteltu ja rakennettu laskeutusallas ja pumppausallas saattavat sijaita kaukana näistä syvänteistä ja niiden korkeustaso olla huomattavasti ylempänä. Tällöin voidaan joutua tilanteeseen, jossa altaita ja pumppaamoja on siirrettävä lähemmäksi näitä syvänteitä tai itse syvänteeseen. Toinen vaihtoehto on rakentaa välipumppaamo, jolla pumpataan näistä syvänteistä ylempänä ja edempänä sijaitseviin laskeutus- ja/tai pumppausaltaisiin. Paras ratkaisu tietysti olisi jos pumppaamo ja altaat voitaisiin sijoittaa valmiiksi edullisempaan paikkaan tuotannon loppuvaihetta ajatellen.

Tuotannon loppuvaiheessa kuivatusolosuhteiden huonontuminen pienentää kausisaantoa. Pumppaus sekä tuotantopinta-alan pienentyminen kasvattavat tuotantokustannuksia ja siten heikentävät tuotannon kannattavuutta. Loppuvaiheessa tuottajalle jää harkittavaksi ja laskettavaksi milloin tuotanto kannattaa lopettaa. Paksuimmat turvekerrokset tuotetaan viimeiseksi ja tuotannon lopettaminen riippuu jäljellä olevasta tuotantopinta-alasta, vuosituotannosta ja tuotannon kokonaiskustannuksista.

Tuottajan on huomioitava ympäristöluvan jälkihoidon määräykset, joissa edellytetään yleensä vesiensuojelurakenteiden toimivuuden jatkumista tuotannon loputtuakin kunnes jälkikäyttö on aloitettu tai alue on luontaisesti kasvittunut. Tuotantoalueella olevien syvänteiden kuivaus pumppauksen avulla aiheuttaa tuotannon loputtua alueella väistämättä tämän alueen vesittymisen kun pumppaus lopetetaan. Tämä tulee ottaa huomioon ympäristösuojeluviranomaisille tehtävässä jälkihoitosuunnitelmassa. Mikäli tuotantoalue on vuokrattu, tulee maanomistajan kanssa keskustella jälkikäytöstä ja sopia asiasta ennen ympäristöluvan hakemista ja pumppaamon rakentamista.

3 Yleistä pumppuista

3.1 Pumpputyypit

Pumppu on peruskomponentti kaikkialla, missä nesteitä tai niihin rinnastettavia aineita joudutaan siirtämään tietystä korkeusasemasta ylempään korkeusasemaan. Pumppaus voidaan toteuttaa joko dynaamisilla tai syrjäytyspumppuilla. Dynaamisia pumppuja ovat mm. radiaaliset ja aksiaaliset pumput. Radiaalisilla pumppuilla käsitetään ns. keskipakopumppuja ja niiden eri muunnelmia. Aksiaalisia pumppuja ovat ns. potkuripumput ja niiden eri muunnelmat. Syrjäytyspumppuja ovat muuan muassa mäntä-, siipi-, roottori- ja hammaspyöräpumput.

Nesteiden pumppaamiseen käytetään useimmiten dynaamisia pumppuja. Dynaamisista pumppuista löytyy variaatioita jäteveden, lietteiden, kemikaalien ja erilaisten suspensioiden pumppaamiseen (metsä- ja kemianteollisuus). Jätevesi- ja lietepumppuissa käytetään puoliavointa, avointa, yksisolaista tai monisolaista juoksupyörää sekä pyörrevirtajuoksupyörää (vortex), joka sallii nesteen mukana olevia kappalemaisia sekä kuitumaisia kiintoaineita. Puhtaan veden pumppaamiseen tarkoitettu suljettu juoksupyörä ei sovellu tällaisille nesteille. Kuvassa 1 on esitetty muutamia keskipakopumpun juoksupyöriä .

Turvetuotannon kuivatusvedet ovat pumppauksen kannalta puhtaan veden ja jäteveden välimaastossa. Turvetuotantoalueen kuivatusvedet saattavat sisältää tuotantoalueen ojista kulkeutuneita kuivia turvekokkareita, pieniä kantoja ja turpeesta lähtöisin olevia kuitukimppuja. Pumpun tulee sietää pieniä määriä kiintoaineita.

Closed Impeller

is used for pumping clean liquids or liquids containing some impurities.

APP
EPP



Special Open Impeller

is suitable for liquids containing big or long solid particles and long fibers, abrasive liquids or stock up to 8 % consistency.

APP
ARP
ASP



Non-clogging Closed Impeller

is used for sludges or slurries containing big solid particles.

NPP
NRP
NSP



Vortex Impeller

is suitable for liquids containing big or long solid particles or abrasive liquids.

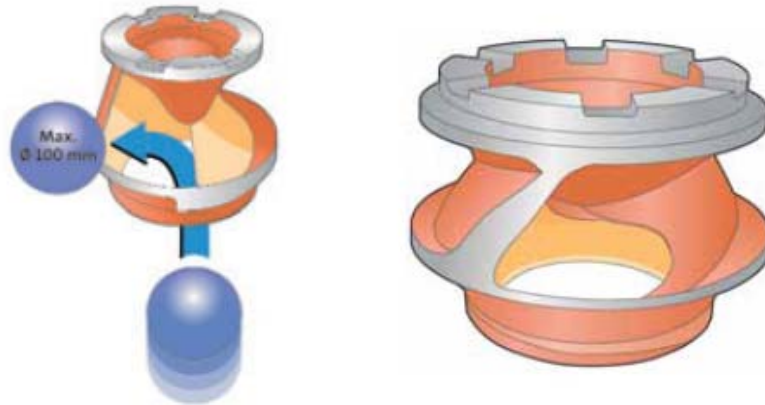
NPP
NRP
NSP
WPP
WRP
WSP



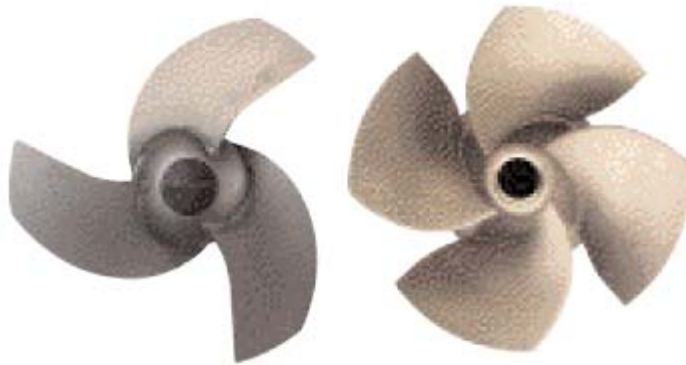
Kuva 1. Keskipakopumpun juoksupyöriä erilaisille nesteille (Sultzzer pumps).

Kuvassa 1 olevista juoksupyöristä ylhäällä vasemmalla on tarkoitettu puhtaalle vedelle. Ylhäällä oikealla on puoliavoin juoksupyörä hieman epäpuhtauksia sisältävälle vedelle. Alhaalla vasemmalla on tukkeutumaton monisolainen (3-solainen) suljettu juoksupyörä ja oikealla pyörrevirta juoksupyörä. Alarivin juoksupyörät sietävät isoja kiintoaine-partikkeleita ja jopa lietettä (Sultzzer pumps 2007). Kuvassa 2 on esitetty 1-solainen ja 2-solainen tukkeutumaton juoksupyörä. Näistä juoksupyöristä (kuvat 1 ja 2) parhaiten turvevesien pumppaamiseen soveltuvat puoliavoin juoksupyörä sekä tukkeutumaton yksisola tai useampi solainen juoksupyörä.

Kuvassa 3 on esitetty potkuripumpun juoksupyöriä (Flygt) jotka soveltuvat matalille nostokorkeuksille ja suurille tilavuusvirtauksille. Juoksupyörän siipikulmat voidaan valita halutun toimintapisteen mukaan ja ne hitsataan haluttuun kulmaan (Flygt 2007) tai ne ovat säädettävissä ja mahdollisesti myöhemmin muutettavissa (Grundfos).



Kuva 2. Kiintoainetta hyvin sietävät ”tukkeutumattomat” 1-sola ja 2-sola juoksupyörät keskipakopumppuun (Grundfos).



Kuva 3. Potkuripumpun juoksupyöriä (Flygt).

Puhtaan veden pumppaaminen on perustapaus ja puhtaille nesteille suunnitelluilla pumppuilla saavutetaan parhaimmat hyötysuhteet. Puhtaan veden pumppauksessa suljetulla juoksupyörällä varustetuilla keskipakopumppuilla saavutetaan yli 80 % mekaaninen hyötysuhde. Käytettäessä puoliavoimia, avoimia tai pyörrevirta (vortex) juoksupyöriä hyötysuhde laskee aina noin 30 %:een. Vaikka hyvä hyötysuhde on tavoiteltavaa, on kuivatusvesien pumppaamisessa huomattavasti oleellisempaa pumpun varmatoimisuus.

Syrjäytyspumppuista turvetuotannon vesien pumppauksessa kyseeseen tulevat lähinnä lohkoroottoripumput. Roottoripumput ovat itse imeviä ja ne voidaan sijoittaa altaan penkalle. Takaiskuventtiili ei ole välttämätön. Kuvassa 4 on esitetty eräs roottoripumppu (*Vogelsang*). Kuvasta selviää kyseisen pumpputyypin toimintaperiaate. Roottoripumput sietävät kohtuullisen hyvin turvetuotantoalueen kuivatusvesissä esiintyviä epäpuhtauksia. Roottorit kuluvat ja niitä on kulumisen takia vaihdettava 1-3 vuoden välein riippuen kohteesta (suullinen tiedonanto Arto Lehtosaari, 2007, Turveruukki).



Kuva 4. Lohkoroottoripumppu päätykappale ja putkiyhteet poistettuna (Vogelsang).

Dynaamiset pumput eivät yleensä kykene imemään vettä, mikäli imuputki ja pumppukammio ovat tyhjä. Pumput varustetaan tarvittaessa takaiskuventtiileillä ja pumppu sekä imuputki ”juotetaan” vedellä ennen pumppaamista. Suovesien pumppaamisessa pumppupesä sijoitetaan kuitenkin yleensä pumpattavan nesteen pinnan alapuolelle jolloin ei esiinny näitä ongelmia.

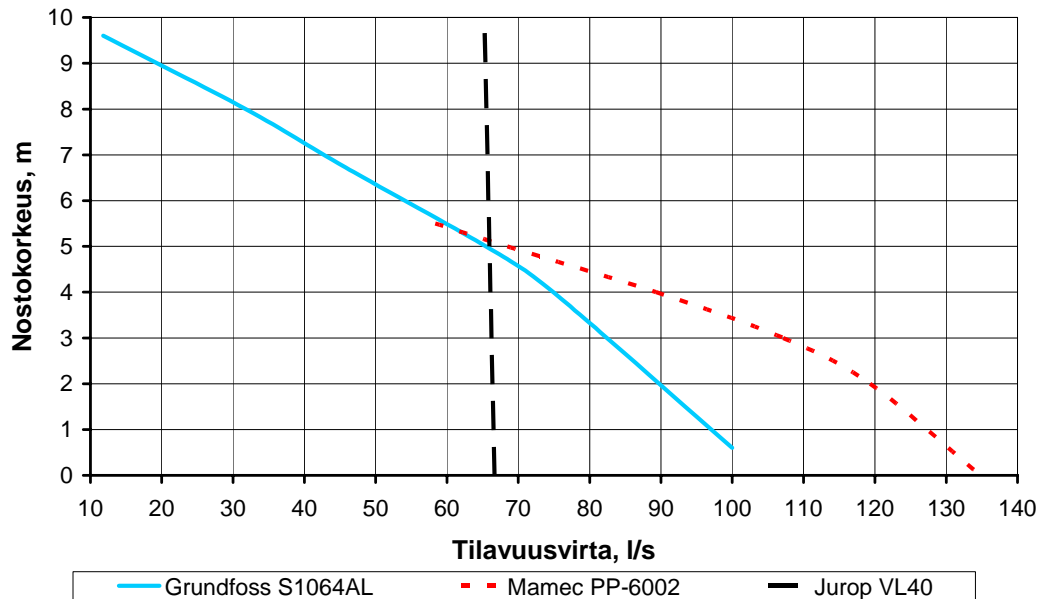
Keskipakopumpuista löytyy myös itseimeviä pumppuja. Näissä pumpuissa tulee aina olla ”siemenvesi” ja toiminnan turvaamiseksi imukammiossa läppätakaiskuventtiili (Bentrex 2007a). Takaiskuventtiilin kautta putkistoon liitetyssä paineyhteessä tarvitaan erillinen ilmauspiiri, eli ohut putki, jonka pää on hieman altaan alavesipinnan alapuolella. Pumppua käynnistettäessä (sikäli kun imuletku on tyhjä) saattaa mennä muutamasta sekunnista muutama minuuttiin ennen kuin pumppu alkaa pumpata vettä riippuen imuletkun pituudesta ja sen koosta. Takaiskuventtiilit (läppäventtiilit) ovat suovesien pumppaamisessa epävarma ratkaisu, sillä paineputkistossa ei yleensä pumppausjakson jälkeen ole riittävästi painetta (nostokorkeutta) pitämään läppäventtiileitä tiukasti kiinni. Lisäksi turvetuotantoalueiden kuivatusvedet sisältävät yleensä epäpuhtauksia, jotka estävät jossain vaiheessa venttiilien tiiviin sulkeutumisen.

Karjatalouden tarpeisiin valmistetaan lietepumppuja, jotka ovat käyttökelpoisia, mutta niistä ei ole kaikilta valmistajilta saatavilla pumppukäyriä. Pumppukäyrien puuttuminen vaikeuttaa pumppaamon mitoitusta ja suunnittelua. Yleensä lietepumpuista ilmoitetaan vain nostokorkeus ja tilavuusvirta. Tilavuusvirta on mahdollisesti suurin mitattu tilavuusvirta pienimmällä nostokorkeudella ja ilmoitetun nostokorkeuden määritelmä vaihtelee.

3.2 Pumppukäyrät

Pumppujen valinnassa ja pumppaamon mitoituksessa hyödynnetään pumppukäyriä. Pumppukäyrät voivat olla hyvinkin erilaisia riippuen dynaamisten

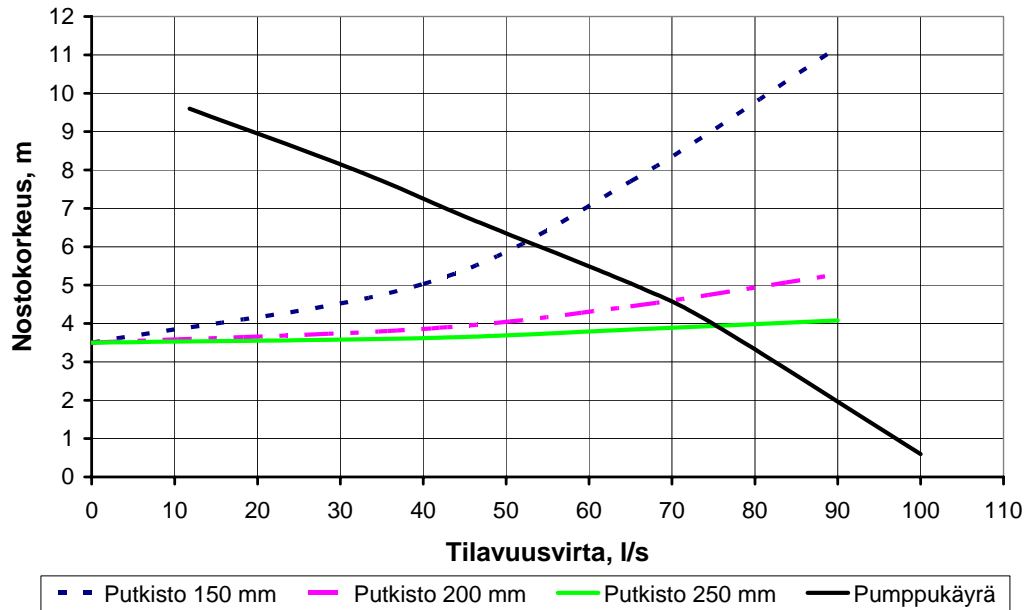
pumppujen juoksupyörästä tai pumpputyypistä. Kuvassa 5 on esitetty erilaisia pumppukäyriä. Kuvasta nähdään, että lohkoroottoripumppu (Jurop 2007) on varsin tunnoton nostokorkeudelle. Lohkoroottoripumppu tuottaa lähes saman tilavuusvirran riippumatta nostokorkeudesta. Dynaamisilla pumpuilla tuotto laskee selvästi kun nostokorkeus kasvaa, potkuripumpuilla enemmän kuin keskipakopumpuilla. Dynaamisilla pumpuilla tehontarve pysyy samassa luokassa riippumatta nostokorkeudesta, sen sijaa syrjäytyspumppuihin kuuluvalla lohkoroottoripumppulla tehontarve kasvaa suorassa suhteessa nostokorkeuteen.



Kuva 5. Grundfosin yksisolaisella juoksupyörällä varustetun keskipakopumpun, Mamecin potkuripumpun ja Jurop:n lohkoroottoripumpun pumppukäyrät. Juropin pumpulla on nostokorkeutta yli 4 bar, eli yli 40 metriä.

Pumppukäyrät annetaan yleensä nimellisellä kierrosnopeudella. Joskus polttomoottorikäyttöön suunnitelluille pumpuille on annettu pumppukäyriä useille kierrosnopeuksille. Eri kierrosluvuille annetut pumppukäyrät antavat mahdollisuuden soveltaa tai käyttää samaa pumpua erilaisissa kohteissa muuttamalla kierroslukua halutun tilavuusvirran saamiseksi. Mikäli keskipakopumpuille ei löydy muille kierrosnopeuksille käyriä, voidaan riittävällä tarkkuudella laskea uudet pumppukäyrät uudelle kierrosluvulle, mikäli uusi kierrosluku ei poikkea liiaksi nimellisestä kierrosluvusta (Wirzenius 1978). Kierrosluvun säätö voidaan toteuttaa sähköpumpuilla esimerkiksi taajuusmuuttajalla, dieselpumpuilla moottorin kierrosluvun säädöllä ja mahdollisesti välityksiä muuttamalla.

Pumppu ja putkisto valitaan aina yhtä aikaa. Pumppukäyrää ei tule tulkita siten, että siitä katsotaan geodeettisen (=staattinen) nostokorkeuden kohdalta pumpun antama tilavuusvirta. Se saattaa johtaa väärän kokoisen pumpun valintaan. Putkisto aiheuttaa virtausvastuksen, joka on sitä suurempi, mitä pienempi putki ja/tai pidempi putkisto on kyseessä. Kuvassa 6 on esitetty pumpun pumppukäyrälle erikokoisten putkistojen (pituus 35 m) putkistohäviökäyrät. Kuvassa geodeettinen nostokorkeus on 3,5 metriä.



Kuva 6. Erään pumpun pumppukäyrä ja 35 metriä pitkän putkijohdon putkistohäviökäyrät kolmella erilaisella sisähalkaisijalla. Putkistokäyriin sisältyy myös paikallishäviöitä. Geodeettinen nostokorkeus on 3,5 metriä.

Kuvassa 6 pumppaamon tuotto, toteutuva tilavuusvirta, luetaan kunkin putkistohäviökäyrän ja pumppukäyrän risteyskohdasta, toimintapisteestä. Sisähalkaisijaltaan 150 mm putkistolla pumpattu tilavuusvirta on noin 52 l/s, 200 mm:n putkistolla noin 70 l/s ja 250 mm:n putkistolla vastaavasti noin 75 l/s. Toimintapisteessä vallitseva nostokorkeus kuvaa sitä painetta, mikä vallitsee putkistossa heti pumpun jälkeen.

Kyseinen pumpu toimitetaan 150 mm:n letkuliittimellä, millä putkikoolla tulisi ensimmäiseksi mieleen toteuttaa putkisto. Sen sijaan varustamalla pumppaamo 250 mm:n putkistolla saadaan noin 43 % suurempi tilavuusvirta. On tavallista varustaa putkisto kartiolaajenuksella (supistaja väärinpäin) aika pian pumpun jälkeen, jolloin voidaan suuremmalla putkistolla pienentää putkistohäviöitä ja saada pumpusta suurempi tuotto.

Markkinoilla olevat jätevesipumput on varustettu varsin pienillä lähdoilla, koska jätevesipumppaamoihin sisältyy yleensä ”sisäinen putkisto”, joka toteutetaan pienemmällä putkilla kuin varsinainen runkolinja. Sisäinen putkisto varustetaan sulkuventtiileillä ja takaiskuventtiilillä sekä muilla mahdollisesti tarvittavilla varusteilla. Venttiilien ja muiden putkistovarusteiden hinnat kasvavat progressiivisesti putkikoon kasvaessa. Venttiilivarusteet eivät ole yleensä tarpeen turvetuotantoalueen kuivatusvesien pumppaamisessa tuotantoaikana lukuun ottamatta tilannetta, jossa purkupuoti päättyy yläpuolisen vesitilan vedenpinnan alle, jolloin tarvitaan takaiskuventtiili.

4 Pumppaamon perustamisessa huomioitavat tekijät

Pumppaamon tarvitsemat rakenteet, varustelu ja niiden mitoitus riippuvat siitä miksi pumpataan, miten pumpataan, mistä pumpataan ja minne pumpataan?:

Miksi pumpataan?:

- pumppauksen tarve:
 - kuivatusta,
 - vesiensuojelua varten
- pumppausteho:
 - pieni vai suuri nostokorkeus,
 - lyhyt- vai pitkä pumppausmatka,
 - pieni vai suuri tilavuusvirta

Miten pumpataan?:

- käyttöaika:
 - ympärivuotinen käyttö vai,
 - tuotannon aikainen käyttö (kesäaikainen),
- voimanlähde:
 - suorasähkö (sähköverkko),
 - dieselmoottori tai
 - dieselgeneraattori (dieselaggregaatti)

Mistä pumpataan?:

- laskeutusaltaasta,
- laskeutusaltaan alapuolella olevasta pumppausaltaasta vai
- erillisestä pumppausaltaasta

Minne pumpataan?:

- suoraan alapuoliseen vesistöön,
- laskeutusaltaaseen,
- pintavalutuskentälle,
- imeytyskentälle vai
- kemialliseen puhdistukseen

4.1 Pumppauksen tarve

Pumppauksen tarkoitus vaikuttaa valittavan pumpun (pumppujen) tyyppiin ja sen ominaisuuksiin. Nostokorkeus ja pumppausmatka (putkiston pituus) sekä tuotantoalueen pinta-ala ja mitoitusvaluma vaikuttavat oleellisesti pumpun sekä putkiston mitoitukseen. Vesiensuojelurakenteet asettavat lisävaateita pumppauksen toteutukselle sekä tavalle pumpata. Tarvitaan sopivat tilavuusvirrat, paineet sekä pumppauskierto, varastotilavuudet ja tuotantoalueen virtaamansäätö.

Riippumatta siitä, tarvitaanko pumppausta turvetuotantoalueen kuivatusvesien siirtämiseksi laskuojaan tai vesiensuojelun tarpeisiin, on kysymys aina myös tuotantoalueen kuivatuksesta.

Toimiva kuivatus on tuotannon perusedellytys ja pumppaamoinvestoinnilla tulee tuotantotoiminta kyetä turvaamaan kohtuullisen pitkälle ajalle, eli 7 – 10 vuotta

eteenpäin. Pumppaamon mitoituksessa tulee ottaa huomioon tuotantokentän kuivatussyvyys, jossa tuolloin tuotantoa harjoitetaan. Tehokas kuivatussyvyys saattaa laskea 1 – 2 metriä tuona aikana. Kuivatussyvyyttä ei kuitenkaan kannata aina, eikä välttämättä ole mahdollista, laskea heti pumppaamon perustamisen yhteydessä tuohon syvyyteen.

Pelkästään kuivatusta varten järjestetty pumppaus voidaan useimmiten toteuttaa yksinkertaisesti pengerpumpulla, tyypillisesti potkuripumpulla. Edellyttäen, että nostokorkeus on matala ja pumppausmatkat ovat lyhyitä.

Turvetuotantoalueen kuivatusvesiä pumpattaessa vesiensuojelua ja puhdistusta varten tulee huomioon otettavaksi vesiensuojelurakenteiden erityisvaatimukset ja niiden sijainnin vaatimukset veden johtamisesta. Geodeettinen nostokorkeus ja pumppausmatka vaikuttavat pumpun ja putkiston mitoitukseen.

Erityisvaatimuksena voidaan eri vesiensuojelurakenteille luetella mm:

- pintavalutuskenttä;
 - hydraulista suosituskuormitusta $340 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{vrk}$ ei saa tarpeettomasti ylittää,
 - pintavalutuskentälle tulevan virtaaman tulee olla tasaista,
- imeytyskenttä;
 - pumppaus aina paineellista (nostokorkeus suuri),
- kemiallinen puhdistus;
 - pumppaus toteutetaan verkkosähköllä, koska kemiallisen käsittelyn laitteet tarvitsevat sähköä,
 - pumppaus mahdollisuuksien mukaan säädettävä,
 - kemiallinen puhdistus onnistuu ainoastaan kesällä (pumppaus mahdollista myös talvella).

4.2 Ympärivuotinen vai tuotannon aikainen pumppaus

Tuotannaikainen pumppaus on perustapaus, jota on harjoitettu varsin pitkään. Tähän verrattuna ympärivuotinen pumppaus asettaa lisävaatimuksia pumppaamiselle ja pumppaamorakenteille.

Tuotannaikaista pumppausta harjoitetaan sulanmaan aikana, eli huhtikuusta lokakuuhun, joskus marraskuuhun asti. Tuotannaikainen pumppaus kannattaa aloittaa heti keväällä, kun se on mahdollista. Pumppauksen aloittaminen aikaisin aikaistaa myös tuotannon käynnistymistä. Tuotantokauden loputtua kannattaa pumppausta jatkaa mahdollisimman pitkälle syksyyn sillä kenttien kuivatus syksyllä mahdollistaa vesiensuojelurakenteiden häiriöttömät huoltotoimenpiteet ja aikaistaa myös tuotannon aloitusta seuraavana keväänä. Luonnollisesti pumppaamon mahdollisimman pitkä käyttöaika parantaa vesiensuojelun tasoa.

Ympärivuotinen käyttö edellyttää kaikin puolin pakkasen, routimisen, jäätymisen ja lumipeitteen ottamista huomioon. Pumput ja putkistot tulee sijoittaa jäätymiseltä suojaan tai pumppaamon toiminta on muuten sellainen, ettei pakkasesta aiheudu haittaa. Pumppausaltaassa tulee olla riittävästi syvyyttä

samoin kuin pintavalutuskentän jako-ojassa (tai laskuojassa), että pumpulle saadaan jäätymiseltä suojassa johdettua vettä ja vesi kulkeutuu sujuvasti pitkin jako-ojaa. Jako-ojasta veden syöttö pintavalutuskentälle tulee olla myös sujuvaa ja jäätymiset eivät saa estää veden kulkeutumista kentälle.

Talvikäytössä (ympärivuotinen pumppaus) dieselpumppaamoja ja dieselgeneraattoreita varten tulee valmistaa eristetty koppi ja dieselmoottorit tulee varustaa kylmäkäynnistyslaittein (Savolainen ym. 1996). Polttoaine tulee vaihtaa talviolosuhteet kestävään laatuun. Pumppaamo voidaan varustaa ulkolämpötilaa mittaavalla rajakytkimellä, joka estää pumpun käynnistymisen kovimpina pakkaskausina.

Ympärivuotisella pumppauksella on rajoituksensa. Kemiallinen puhdistus ei onnistu talviaikaan, vaikkakin vesi voidaan pumpata ilman käsittelyä saostusaltaisiin. Veden pumppaaminen talvella imeytyskentälle aiheuttaa putkiston jäätyksiä ja kentän routiessa imeytyminen estyy. Ympärivuotista pumppausta on toistaiseksi sovellettu ainoastaan pintavalutuskentälle ja peruskuivatukseen (pumppaus laskuojaan tai laskeutusaltaaseen).

Ympäristöviranomaiset ovat enenevässä määrin vaatineet ympärivuotista pumppausta pintavalutuskentälle vaikka jäätymisongelmat ovat ilmeisiä eikä tutkittua tietoa ympärivuotisesta pumppauksesta tai sen hyödyistä vesien puhdistuksessa ole juuri saatavilla. Ongelma ei ole ainoastaan talviaikaisessa vesien puhdistuksessa, vaan myös talviaikaisen käytön vaikutuksista kesäaikaiseen puhdistustehoon.

4.3 Pumppauksen energianlähde

4.3.1 Sähköverkko

Pumppauksen energian lähteenä sähkö on luotettava ja helppo ratkaisu. Sähköenergian (sähköverkko) saamiseksi pumppaamon tarpeisiin tulee pumppaamolle rakentaa sähkölinja. Sähköt joko joudutaan vetämään etäältä tai pumppaamon sähköliittymän koko on yli 3*35 A (joillakin jakeluyhtiöillä yli 3*25 A), jolloin pumppaamolle joudutaan vetämään 10 tai 20 kV sähkölinja. Tällainen suurjännitelinja tarvitsee linjan päässä muuntajan. Lisäksi tarvitaan sähköistämiseen kuuluvia varusteita kuten sähkömittari, sulaketaulu, pääkytkin, sähkökaappi yms. Pumppaamolle tulee olla kaikissa olosuhteissa kulkuyhteys.

Sähkökäyttöinen pumppu voi olla minkä tyyppinen tahansa. Sähköpumpun käyttöä varten tarvitaan pintavahti, automatiikka/releohjaus, käynnistin sekä suojareleitä ja muita suojavarusteita sekä häiriön ilmaiseva vilkkuvalo. Tarvittavat varusteet löytyvät yleensä kaupan tai pumpun toimittajan hyllyltä.

Hyvinkin erilaiset asennustavat, erityisesti uppopumppuilla, antavat mahdollisuuksia ja vaihtoehtoja pumppaamon sekä pumpun asentamiseksi ja asennustelineeksi. Akselipumpussa pumppaamo tarvitsee asennustelineen vedenpinnan yläpuolelle. Uppopumppu voidaan asentaa uppoliittimellä ja johdeputkilla suoraan putkenpäähän, josta se voidaan nostaa yksinkertaisesti nostosilmukasta huolto varten. Uppopumppu voidaan laskea vapaasti seisomaan betonilaatan tai teräslevyn päälle tai uppopumppu asennetaan nostokuiluun sille

sopivaan istukkaan. Nämä ratkaisut vaativat kuitenkin lisäksi muitakin telineitä ja rakenteita, jotka riippuvat mistä ja missä pumpataan.

Tarvittavan sähköliittymän kokoon ja mitoitukseen vaikuttavat käytettävän pumpun sähköteho sekä varsinkin sen ottama käynnistysvirta. Käynnistysvirtaan vaikuttaa myös pumppujen lukumäärä. Yksi iso pumppu ottaa suuremman käynnistysvirtapiikin kuin kaksi puolet pienempää, hieman eri aikaan käynnistyvää pumppua. Suorassa käynnistyksessä esiintyy suurimmat käynnistysvirrat ja käynnistysvirrat pienenevät käytettäessä tähti/kolmio-käynnistintä, pehmokäynnistintä tai pehmokäynnistintä virtarajoittimella. Taajuusmuuttajalla käynnistettäessä ei välttämättä muodostu käynnistysvirtapiikkiä lainkaan.

4.3.2 Dieselmoottori

Dieselmoottori on itsenäinen ja periaatteessa yksinkertainen ratkaisu. Moottori käyttää akselipumppua tai itseimeviä pumppuja kuten roottoripumppua tai keskipakopumppua.

Dieselmoottori pumppaamokäytössä tulee olla varustettu sähköstartilla, automaattisella hehkutuksella, öljynpaineellolla (öljynpainevalo), latauksen varoitusilmalampulla (latauksen varoitusvalo), lämpötilan varoitusilmalampulla (lämpötilan varoitusvalo) ja mahdollisesti myös öljynmäärän varoitusilmalampulla.

Dieselpumppaamon käyttöä varten tarvitaan pintavahti, automatiikka/releohjaus, käynnistysautomatiikka, suojareleet (sammuttavat moottorin) ja häiriöstä kertovan hälytysvalon (vilkkuvalo). Lisäksi dieselpumppaamo tulee olla varustettu ympäristönsuojeluvaatimukset täyttävällä polttoainesäiliöllä mikä käytännössä tarkoittaa kaksoisvaipalla varustettua polttoainesäiliötä. Pumppaamolle tulee olla kaikissa olosuhteissa kulkuyhteys polttoaine- ja moottorihuoltoon varten.

Pumppaamo rakennetaan tukevasti muototeräksestä hitsatulle moottoripetille, joka toimii kiinnitysalustana moottorin lisäksi jäähdyttäjälle, akulle, säasuojalle. Moottoripeti toimii myös kiinnitysalustana ja tukirakenteena, joko suoraan pumpulle, tai kulmavaihteelle sekä pumppuakselille.

Moottorin käyttöautomatiikkaa varten tarvitaan lukollinen vesitiivis kaappi (sähkökaappi), jonne sijoitetaan moottorin käyttölaitteet sekä käyttöautomatiikka. Käyttöautomatiikka ja sähkölaitteet toteutetaan 12 V tai 24 V tasavirralla riippuen kummalla sähköjärjestelmällä dieselmoottori on varustettu. Dieselpumppaamoista saatujen kokemusten mukaan tulee käyttöyksikkö sijaita erillään itse dieselpumppaamosta. Tärinä ei ole hyväksi sähkölaitteille.

Akselipumpulla varustettu dieselpumppaamo tarvitsee telineen, jonka päälle pumppaamon peti pulteilla kiinnitetään. Telineen tulee kestää pumppaamon varsin suuri paino. Telineen muoto, malli ja koko riippuvat mistä ja missä pumpataan. Akselipumpulla varustettu dieselpumppaamossa tulee kiinnittää huomiota mahdollisuuteen irrottaa akselipumppu pumppaamosta ja sen rakenteista huoltoon ja talvisäilytystä varten.

Itseimevät pumput sijoitetaan yleensä altaan reunalle. Niiden alle tulee tehdä puutavarasta ”lautta” tai teli, jonka päällä pumppaamo makaa. Telineen tarkoituksena

on jakaa pumppaamon paino pehmeällä maalla ja estää siten pumppaamon painumista maaperään ja/tai sortamasta altaan reunoja.

Dieselmoottorin mitoitukseen pumppukäytössä vaikuttavat pumpun ottaman tehon lisäksi kulmavaihteen ja/tai erillisen alennusvaihteen hyötysuhde sekä tarvittava varmuuskerroin. Moottorin valinnassa kannattaa suosia matalakierroksisia koneita, joiden käyttöikä on pidempi, tai käytetään moottoria alhaisemmillä kierroksilla ja valitaan kulmavaihteeseen/alennusvaihteeseen sopiva välityssuhde pumpun haluttua toimintapistettä ajatellen.

4.3.3 Dieselaggregaatti

Dieselaggregaatti (=dieselgeneraattori) tuottaa 400 V kolmivaiheista vaihtosähköä. Dieselaggregaatti pumppaamo on itsenäinen, mutta ei niin yksinkertainen ratkaisu kuin dieselpumppaamo. Sähköpumppu voidaan sijoittaa ja asentaa suhteellisen vapaasti 10 – 20 m etäisyydelle aggregaatista.

Dieselaggregaatti pumppaamoa varten tarvitaan pintavahti ja automatiikat pumppaamon käynnistämiseksi. Dieselaggregaatti pumppaamo tarvitsee erikseen ohjauksen dieselmoottorin käynnistämiseksi ja sähköpumpun käynnistämiseksi. Dieselmoottorin käynnistysautomaattikka toimii 12 tai 24 V tasavirralla ja kun dieselmoottori on käynnistynyt ja aggregaatti tuottaa sähköä, käytetään sähköpumpun ohjaus ja käynnistysautomaattikkassa aggregaatin tuottamaa voimavirtaa. Dieselaggregaatteja valmistetaan varavoimakäyttöön joten toimittajalta löytyy valmiiksi käynnistysautomaattikka dieselmoottorin käynnistämiseksi ja sähköpumpun toimittajalta sähköpumpun käynnistämiseksi. Aggregaatin tulee olla tahtigeneraattori, joka kestää sähkömoottorin suuret käynnistysvirrat.

Pumppaamon automatiikka voidaan sijoittaa dieselaggregaatin sähkökaappiin, eikä erillistä sähkökaappia tarvita. Pumppaamo tulee olla varustettu ympäristönsuojelu-vaatimukset täyttävällä polttoainesäiliöllä, mikä käytännössä tarkoittaa kaksoisvaipalla varustettua polttoainesäiliötä. Pumppaamolle tulee olla kaikissa olosuhteissa kulkuyhteys huoltoa varten.

Aggregaatti voidaan sijoittaa etäälle altaan reunoista, mutta raskaana yksikkönä tarvitsee telin, jonka päälle dieselaggregaatti sijoitetaan. Telin tarkoituksena on jakaa paino pehmeällä maalla ja estää siten aggregaatin painumista maaperään.

Sähköpumpun sijoittamisesta pätee sama mitä edellä sähköverkon yhteydessä on kerrottu.

Itse aggregaatti joudutaan ylimitoittamaan 2,5 – 5 kertaa suuremmaksi kuin sähköpumpun nimellisteho (Wihuri Oy Autola 2007). Mitoitus riippuu sähköpumpun käynnistimestä. Tähti/kolmio-käynnistimellä riittää 2,5 – 3,5 kertainen ylimitoitus.

4.4 Mistä pumpataan

Vesi pumpataan joko laskeutusaltaasta tai erillisestä pumppausaltaasta. Mikäli vesi pumpataan laskeutusaltaasta, tulee pumppu tai pumppaamon imuaukko

sijoittaa laskeutusaltaan loppupäähän. Näin estetään laskeutusaltaaseen laskeutuneen lietteen joutuminen pumppuun. Pumpun suojelemiseksi laskeutuneelta turvelietteeltä voidaan altaan pohjalle ennen pumppaamon tuloaukkoa tai pumpun imuaukkoa sijoittaa matala pohjapato, kynnyks. Kynnyksellä estetään mahdollisesti valuvan lietteen kulkeutuminen pumpun imuaukkoon. Kynnyks ei saa kuitenkaan estää veden virtaamista pumpulle. Pintapuomilla estetään kelluvan ja aikaa myöten pohjaan vajoavan turpeen joutuminen pumppuun. Lisäksi pumppu on hyvä suojata välillä riittävän etäällä itse pumpusta. Välppi estää isompien kiintoainepartikkelien joutumisen itse pumppuun. Välppi on muistettava kuitenkin aika ajoin puhdistaa siihen kertyneistä roskista.

Pumppausallas voidaan tehdä laskeutusaltaan jatkeeksi, jonka erottaa laskeutusaltaasta ainoastaan rumpuputki tai lyhyt kanava. Oja, jonka pohja on samalla tasolla tai hieman ylempänä kuin laskeutusaltaan (katso edellinen kappale) liettilän yläraja. Pumppausallas ja siihen johtava kanava suunnitellaan sen verran väljäksi leveys- ja syvyysuunnassa, että pumpattaessa laskeutus- ja pumppausaltaassa vallitsee sama veden korkeus. Näin saavutetaan suuri yhtenäinen varastotilavuus eikä pumppausallasta tarvitse tehdä tarpeettoman suureksi. Suuri varastotilavuus vähentää käynnistyskertoja ja antaa pidemmät käyntijaksot pumppaamolle (diesel- ja dieselaggregaatti).

Vesi voidaan myös pumpata pumppausaltaasta laskeutusaltaaseen. Pumppausaltaalla tulee silloin olla riittävästi pinta-alaa tai pumppausaltaalle johtavia kokoojajoa tulee leventää ja mahdollisesti syventää siltä osin kun pumppaamon käyntirajat pystyvät niitä hyödyntämään. Tavoitteena on saavuttaa riittävän pitkät pumppausjaksot diesel- ja dieselaggregaattipumppaamoille ja vähentää pumpun käynnistyskertoja. Sähköpumppaamalla (sähköverkko) pumppausjaksojen ei tarvitse olla läheskään niin pitkiä. Pumppu tai pumppaamon imuaukko tulee sijoittaa altaan loppupäähän. Pumppausallas tulee tyhjentää sinne kertyneestä lietteestä aivan samoin kuin laskeutusallaskin. Lietteiden tyhjennystä varten tulee olla kaivumailla pengerrytetty lietteen läjitysallas.

Laskeutus- tai pumppausaltaan, mikäli laskeutusaltaan yhteydessä on erillinen pumppausallas, poistopäässä tulee olla pumppaamon ohitus; ylivuotopato. Pumppaamon ohituksesta tulee olla ympäristölupaviraston lupa (ympäristölupa). Ohituslupaa on syytä hakea myös ympärivuotisen pumppauksen yhteyteen. Ohitus voidaan toteuttaa esimerkiksi setti- tai mittapadolla. Pumppaamon ohitus on yleensä tarpeellinen pumppaamon häiriö- ja/tai tulvatilanteissa. Sen korkeustaso tulisi määrittää siten, että se toimii automaattisesti vedenkorkeuden kohottua tietylle tasolle pumppaamon käyntirajojen yläpuolelle. Se ei saa mahdollistaa kuivatusta normaaliin tuotannonaikaiseen kuivatussyvytyteen.

4.5 Minne pumpataan

Nykyisin lähes kaikki turvetuottajat ovat hakeneet uuden ympäristöluvan ja suurimmassa osassa vanhojakin turvetuotantoalueita on vesiensuojeluratkaisuja ja rakenteita parannettu. Harva tuotantoalue hyväksytään enää pelkällä entisellä perusvesiensuojelutasolla ja harvoin turvetuotantoalueen kuivatusvedet voidaan johtaa laskeutusaltaan jälkeen alapuoliseen vesistöön. Tapauksissa, joissa joudutaan pumppaamaan kuivatuksen takia alapuoliseen ojaan tai laskuojaan, tulee kiinnittää huomiota alapuolisen laskuojan maalajiin ja sen suurimpiin

sallittuihin virtaamiin. Itse putkenpäässä, tai minne pumppausputki purkaa vetensä, esiintyy suuria virtausnopeuksia, jotka aiheuttavat eroosiota. Purkauspaikkaa on syytä vahvistaa vuoraamalla se geo- tai suodatinkankaalla, jonka päälle on ladottu karkeita kiviä.

Pumpattaessa pumppausaltaasta laskeutusaltaaseen voidaan ympäristölupaviraston luvalla (ympäristölupa) laskeutusallas mitoittaa sen maksimivirtaaman mukaan, mikä pumpulta altaaseen tulee. Esimerkiksi, kun valuma-alueen pinta-ala on 50 ha ja pumppaamon mitoitusvalumana käytetään 120 l/s/km^2 , hankitaan pumppaamo jonka tilavuusvirta on 60 l/s. Tätä tilavuusvirtaa ja mitoitusvalumaa käytetään laskeutusaltaan mitoitusperusteena. Laskeutusaltaan mitoitusvalumalla (normi) 300 l/s/km^2 laskettuna laskeutusaltaan mitoitusperusteena olisi sen sijaan käytettävä tilavuusvirtaa 150 l/s.

Pintavalutuskentälle pumpattaessa tulee varmistaa, ettei kentän hydraulisen kuormituksen suositusarvo tarpeettomasti ylitä. Pintavalutuskentän hydraulisen kuormituksen suositusarvo on $340 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuorokaudessa. Pumppauskierto tulee saada lyhyeksi allasjärjestelyillä sekä pumppaamon käynnistys ja pysäytysrajojen mahdollisimman pienellä välillä.

Imeytyskentälle pumpattaessa putkiston pituus ja nostokorkeus muodostuvat suureksi. Vesi levitetään paineellisesti joko sadettamalla tai käyttämällä rei'itettyjä putkia. Pumppaus tulee vaatimaan selvästi enemmän tehoa kuin pengerpumppaus. Pumpun ja putkiston valintaan tulee kiinnittää huomiota ja mitoituslaskelmat tulee suorittaa huolellisesti.

Kemiallisessa puhdistuksessa pumppaus tapahtuu pumppausaltaasta kemialliseen käsittelyyn jossa puhdistuskemikaalien lisäyksen jälkeen vettä sekoitetaan voimakkaasti. Sekoituksen jälkeen vesi yleensä johdetaan painovoimaisesti avouomia pitkin selkeytysaltaisiin. Muuttuvia valuntatilanteita varten kannattaa pumppaamolle asentaa kaksi eri tehoista pumppua, joiden yhteenlaskettu tuotto vastaa valittua mitoitusvirtaamaa. Kahdella pumpulla saadaan joustavuutta ja varmuutta kuivatukseen ja kemialliseen puhdistukseen. Kemialliselle puhdistukselle on eduksi, jos virtaama on jatkuvaa ja mahdollisimman tasaista. Selkeytysaltaat tarvitsevat suuret lietteen läjitysaltaat, sillä kemiallisessa puhdistuksessa muodostuu paljon vesipitoista lietettä. Pumppaus voidaan tehdä ympärivuotiseksi vaikka kemiallinen puhdistus ei onnistu kuin kesäaikana.

5 Pumppaamon suunnittelu

5.1 Pumppauksen energialähteen valinta

5.1.1 Sähköpumppaamo

Sähköverkko on luotettavin energialähde, tarvitsee vähiten huoltoa ja on taloudellisin vaihtoehto, mikäli tuottajan ei tarvitse kustantaa omakustannusperiaatteella sähkölinjan rakentamista. Sähköverkko antaa lähes häiriöttömän käytön pumppaamolle ja sen automatiikalle. Automatiikka löytyy hyllystä, useimmiten suoraan pumpun toimittajalta. Sähköverkkokäyttö sallii

myös taajuusmuuttajan käytön, jolla voidaan pumpun tuottoa säätää joustavasti esimerkiksi tulovirtaaman suhteessa. Valmiita sähköpumppuja, akseli-, uppo-, potkuri- yms. pumppuja, on saatavissa eri toimittajilta. Turvetuotantoalueen kuivatusvesien pumppaamiseen löytyy sähköpumppuja mm. Mamec Oy:ltä, Grundfos:lta, Flygt:ltä, ABS:lta, yms. Mamec:n pengerryspumput ja lietepumput ovat akselipumppuja, joita käyttää vesipinnan yläpuolella oleva sähkömoottori (tai dieselmoottori). Grundfosin, Flygtin ja ABS:in (Pumpex) pumput ovat uppopumpputyyppejä.

Sähköpumppaamon (verkkosähkö) suurimmaksi menoeräksi ei muodostu sähköpumppu vaan sähköliittymä. Sähköliittymän hinta saadaan pyydettyä kunkin alueen omasta jakeluyhtiöstä. Hinnat ovat useimmiten esitetty jakeluyhtiön omilla verkkosivuilla tiettyyn vedettävään sähkölinjan metrimäärään asti, useimmiten 800 metriä olemassa olevasta jakelumuuntamosta. Vedettävä linja on tuolloin ns. 400 Voltin (0,4 kV) pienjännitelinja ja pääsulakekoko on rajoitettu joko 3*25 A tai 3*35 A. Pääsulakekoko samoin kuin suurin etäisyys soveltuvasta pienjännitejakelumuuntajasta, riippuu sähkölinjan jakeluyhtiöstä.

Useimmiten tuotantoalue on hinnastoissa esitettyjen kiinteiden hintojen pohjana olevien etäisyyksien ulkopuolella, jolloin joudutaan vetämään 10 tai 20 kV sähkölinja. Liittymän hinta muodostuu linjan rakentamiskustannuksista sekä pienjännitemuuntajasta. Hinta on tapauskohtainen ja se riippuu maastosta, mahdollisista vesistöjen ja teiden ylityksistä yms. Yleensä pyritään linja vetämään tienviertä toimitusvarmuuden takia. Vattenfallin mukaan (suullinen tiedonanto 20.9.2007) liittymät ovat olleet keskimäärin luokkaa 25 000 – 30 000 € /km. Hintaa laskee, jos linjaa ei toteuteta koko matkaa 20 kV linjana vaan optimoiden muuntajan sijainti. Linja toteutetaan, sekä 20 kV, että pienjännitelinjana. Hintaa laskee myös, jos linjan varrelle tulee muita liittymiä.

Sähkön hinta riippuu tehdystä sähkön toimitussopimuksesta ja verkkopalvelusopimuksesta. Sähkön toimitussopimus tehdään halutun (mahdollisesti kilpailutettu) sähkön toimittajan kanssa ja verkkopalvelusopimus verkon haltijan kanssa.

Verkkopalvelumaksut sisältävät:

- perusmaksun ja mittalaitemaksun
 - riippuu pääsulakekoosta
 - mittalaitemaksu on yleensä kiinteä 3 vaihevirralla
- sähkön siirtomaksun sekä sähköveron
 - kiinteä hinta /kWh

Pääsulakekoko riippuu sähköpumpun (sähkömoottorin) koosta sekä sen ottamasta käynnistysvirrasta. Käynnistysvirta on suurimmillaan suorassa käynnistyksessä. Sulakekoko on siten mahdollista pienentää käyttämällä tähti/kolmio- tai pehmökäynnistintä. Pienin käynnistysvirta on taajuusmuuttajalla.

Sähkövero on jaettu kahteen luokkaa. Sähköveroluokkaan 1 kuuluu suurin osa sähkökäyttäjistä (kuluttajat) ja sähköveroluokkaan 2 kuuluvat valmistavaa teollisuutta harjoittavat teollisuusyritykset ja kasvihuoneviljelijät. Turvetuotanto kuuluu sähköveroluokkaan 2.

Ottaen huomioon pumppauksen luonteen, jossa kesäaikaan pumpataan ympäri vuorokauden, tulee halvimmaksi vuodenaikasiirto-sopimus, jossa sähkön hinta on halvempi kesäaikaan 1.4. – 31.10. (tuotantokausi) kuin talviaikaan. Ympärivuotinen pumppaus tulee sekin halvemmaksi vuodenaikasiirto-sopimuksella sillä sydäntalven aikana ei ole paljonkaan pumpattavaa.

5.1.2 Dieselpumppaamo

Dieselpumppaamo on periaatteessa yksinkertainen ratkaisu. Dieselmoottori käyttää mekaanisen voimansiirron kautta suoraan pumppua. Dieselpumppaamoita valmistavat yritykset ja konepajat komponenteista asiakkaan tarpeen mukaan eikä tämän tyyillisillä pumppaamoilla ole välttämättä joukkovalmistuksen etuja hinnan, laadun eikä huollon osalta.

Dieselmoottorin mitoituksessa tulee ottaa huomioon pumpun ottama akseliteho, kulmavaihteen hyötysuhde sekä mahdollisesti erillisen alennusvaihteen hyötysuhde. Dieselmoottori valitaan siten, että etsitään moottorin momenttikäyrältä suurin arvo, joka saadaan yleensä alhaisemmalla kierrosluvulla kuin missä moottorin nimellisteho on ilmoitettu. Valitaan kyseinen kierrosluku tai siitä 100 – 200 kierrosta suurempi kierrosluku käytettäväksi kierrosluvuksi pumpatessa. Lasketaan tai katsotaan tehokäyrästä moottorin antama teho kyseisellä kierrosluvulla, jonka tulee olla noin 130 - 140 % suurempi kuin pumpun ja mekaanisen voimansiirron ottama teho. Moottorin kierrosluvun ja pumpun toimintapisteessä tarvitseman kierrosluvun avulla saadaan tarvittava välityssuhde. Yleensä pienillä dieselpumppaamoilla tulee väistämättä ylimitoitusta, sillä moottoriksi valitaan kolme- tai neljäsylinterinen pieni dieselmoottori, joissa on pumppaamiseen tarvittavaan tehoon nähden runsaasti tehoreserviiä. Dieselpumppaamoissa on huomioitava, että kaikki paino on yhdessä paketissa, mikä asettaa asennukselle ja rakenteille mitoitusvaatimuksia.

Tehdasvalmisteisia dieselpumppuja markkinoi mm. Esleyhtiö Oy (Jurop lohkoroottoripumppu) ja Sisu-Diesel. Halutuilla ja saatavilla olevilla komponenteilla pumppuja rakentavat ja toimittavat mm. KIICAD (Jurop sekä Diesel- Mamec), Ins.tsto Reijo Mäki-Kyyny (pumppauslautta) ja Pudasjärven turvetyö Oy (pumppauslautta). Lisäksi löytynee muitakin dieselpumppaamojen valmistajia ja toimittajia. Osa turvetuottajista rakentaa itse pumppaamonsa.

5.1.3 Dieselaggregaatti pumppaamo

Dieselaggregaatin (dieselgeneraattorin) ja sähköpumpun yhdistelmä samoin kuin dieselpumppu ovat käyttökelpoisia ratkaisuja siellä missä verkkosähkön käyttö on kustannussyistä kannattamatonta. Dieselaggregaatin käyttö sähköpumpun energianlähteenä on joustavampi ratkaisu dieselpumppaamoon verrattuna. Sähköpumppu ja dieselaggregaatti voidaan sijoittaa suhteellisen vapaasti n. 10 – 30 metrin etäisyydelle toisistaan. Dieselaggregaatti voidaan sijoittaa siten, ettei se rasita tarpeettomasti altaan reunoja aiheuttaen sortumia eikä estä huoltotoimenpiteitä.

Dieselaggregaatteja löytyy markkinoilta useilta valmistajilta ja ne ovat usein sarjavalmisteisia. Dieselaggregaatin valinnassa tulee huomioida seuraavaa: generaattorin tulee olla tahtigeneraattori (synkronigeneraattori), eikä epätahtigeneraattori (asynkronigeneraattori). Tahtigeneraattori kykenee antamaan

hetkellisesti nimellisvirtaa noin 3 - 4 kertaa suuremman virran (sähkömoottorin käynnistysvirtapiikki) (Hollolan sähköautomaatiikka Oy, 2007). Dieselaggregaatti epätahtigeneraattorilla joudutaan mitoittamaan täysimääräisesti käynnistysvirtapiikin mukaan.

Generaattorin magnetointi tulisi tapahtua harjattomasti. Generaattorin staattori magnetoidaan erillisellä magnetointi piirillä joka välittää magnetointivirran staattorille joko hiiliharjojen avulla tai harjattomasti induktiokämeillä ja tasasuuntausdiodeilla. Harjattomassa generaattorissa on puuttuvien hiiliharjojen ansiosta yksi huoltokohde vähemmän ja toimii turvetuotanto-olosuhteissa luetettavammin.

Generaattori tulee olla varustettu hyvälaatuisella, elektronisella jännitteensäätimellä. Hyvälaatuinen jännitteensäädin reagoi nopeasti sähkömoottorin käynnistykseen yhteydessä moottorille tulevan syöttöjännitteen putoamiseen ja mahdollistaa esimerkiksi pehmokäynnistimen käytön.

Generaattorin tulisi olla ns. ”nelinapainen”, eli pyöriessään 1500 1/min antaa 50 Hz vaihtosähkön. Dieselmoottori on yleensä kytketty suoralla välityksellä generaattoriin, jolloin myös dieselmoottori pyörii samalla nopeudella. Vaihtoehtona on yleensä 3000 1/min pyörivä dieselaggregaatti ”kaksinapaisella” generaattorilla, joka antaa myös 50 Hz vaihtosähkön. Pienempi kierroksista dieselaggregaattia kannattaa suosia, sillä ”kierrosluvun puolittuessa dieselmoottorin käyttöikä jopa nelinkertaistuu”. Karkeasti ottaen 3000 1/min pyörivällä dieselaggregaatilla on 3 000 – 10 000 tunnin elinikä ja 1500 1/min 10 000 – 40 000 tunnin elinikä (Hollolan sähköautomaatiikka Oy, 2007).

Markkinoilla olevien dieselaggregaattien nimellistehon ilmoittamisessa esiintyy runsaasti vaihtelua. Useimmiten esitteissä ei ilmoiteta nimellistehon määrittelytapaa ja ne voivat viedä harhaan.

Dieselaggregaatille voidaan nimellis-teho ilmoittaa ainakin seuraavilla tavoilla (Hollolan sähköautomaatiikka Oy, 2007) (Jantunen, M., 2004):

- **suurin teho**
 - tarkoittaa suurinta hetkellisesti generaattorista saatavaa tehoa sen rikkoutumatta, hetkellinen on liukuva käsite, sekunnista – tuntiin? Pienille aggregaateille ilmoitetaan nimellisteho tähän tyyliin.
- **suurin varavoimateho (LTP, limited-time running power)**
 - tarkoittaa suurinta tehoa, jolla dieselgeneraattoria voidaan käyttää enintään 500 tunnin ajan vuodessa määritellyissä olosuhteissa valmistajan ilmoittaman huoltovälin aikana. Yhtäjaksoinen käyttö on rajoitettu 300 tuntiin
- **varavoimateho (PRP, prime power)**
 - tarkoittaa suurinta tehoa, jolla dieselgeneraattoria voidaan käyttää vaihtelevalla teholla rajoittamaton aika määritellyissä olosuhteissa valmistajan ilmoittaman huoltovälin aikana, ottaen huomioon kuitenkin se, ettei 24 tunnin jaksolla standardin ISO-8528 tavalla laskettu keskiteho saa ylittää tiettyä prosenttimäärää ilmoitetusta varavoimatehosta (PRP).
- **jatkuva teho (COP, continuous power)**

- o tarkoittaa tehoa, jolla dieselgeneraattoria voidaan käyttää rajoittamaton aika määritellyissä olosuhteissa valmistajan ilmoittaman huoltovälin aikana

Samalle aggregaatille ilmoitettuna nimellistehot pienenevät edellisten määritelmien mukaan ylhäältä alaspäin. Aggregaattia mitoitettaessa pumppausta varten tulisi käyttää PRP tai COP määritelmän mukaan ilmoitettuja nimellistehoja. LTP määritelmän mukaisesti ilmoitettu nimellisteho saattaa myös riittää, sillä käynnistysvirta/teho vaikuttaa aggregaatin mitoitukseen niin voimakkaasti, ettei normaali käynnissä pumppu kuormita sanottavasti aggregaattia, muuten kuin käynnistyksessä. Mikäli aggregaatti mitoitetaan suurimman hetkellisen tehon mukaan, ei moottori käynnisty kunnolla, tai ollenkaan.

Laitetoimittajalta voi varmistaa nimellistehojen määritelmät ja saada apua myös aggregaatin mitoituksessa.

Dieselaggregaatilta tarvittava antoteho riippuu käynnistysvirran suuruudesta ja aggregaatti mitoitetaan sähköpumpun nimellistehosta, joka kerrotaan kertoimella 2,0 – 4,0. Tämän lisäksi on hyvä käyttää varmuuskerrointa 1,1 – 1,5, ettei aggregaattia kuormiteta aina maksimiteholla (Wihuri Oy Autola 2007).

Suorassa käynnistyksessä pumpun nimellisteho kerrotaan 4:llä ja edellisten tulo varmuuskertoimella 1,2 – 1,5 riippuen moottorille ominaisesta käynnistysvirrasta. Näin mitoitettaessa sähköpumpun ottaessa 7 kW (nimellisteho) tulisi aggregaatin antotehon olla 34 – 42 kW. Tähti/kolmio-käynnistintä tai pehmokäynnistintä käytettäessä sähköpumpun nimellisteho kerrotaan 2,0:lla – 3,0:lla. Varmuuskertoimeksi tarvitsee ottaa vain 1,2 jolloin aggregaatin antotehon tulisi olla 17 – 25 kW.

Dieselaggregaatteja tuovat maahan tai valmistavat esimerkiksi Wihuri Oy (SDMO ja CAT), Hollolan sähköautomaatiikka Oy (Poweri, Pramac, Green Power, Forestcity), Sisu Diesel Oy, Ekström (FG Wilson) jne.

Dieselpumppu ja dieselaggregaatti tarvitsevat polttoainesäiliön, jonka tulee täyttää ympäristösuojelun vaatimukset. Tämä tarkoittaa käytännössä kaksoisvaipalla varustettuja öljysäiliöitä.

5.1.4 Energialähteen valinta

Perustavalaatuisin valinta joudutaan tekemään pumppaamon energialähteen suhteen. Keskeisin valinta tehdään käytännössä sähköverkon ja muiden vaihtoehtojen välillä (dieselmoottori ja dieselaggregaatti). Valinta on hyvin pitkälle taloudellinen, mutta myös tekniset toteutusmahdollisuudet vaikuttavat valintaan. Valintaan vaikuttaa lähinnä sähköliittymän kustannus.

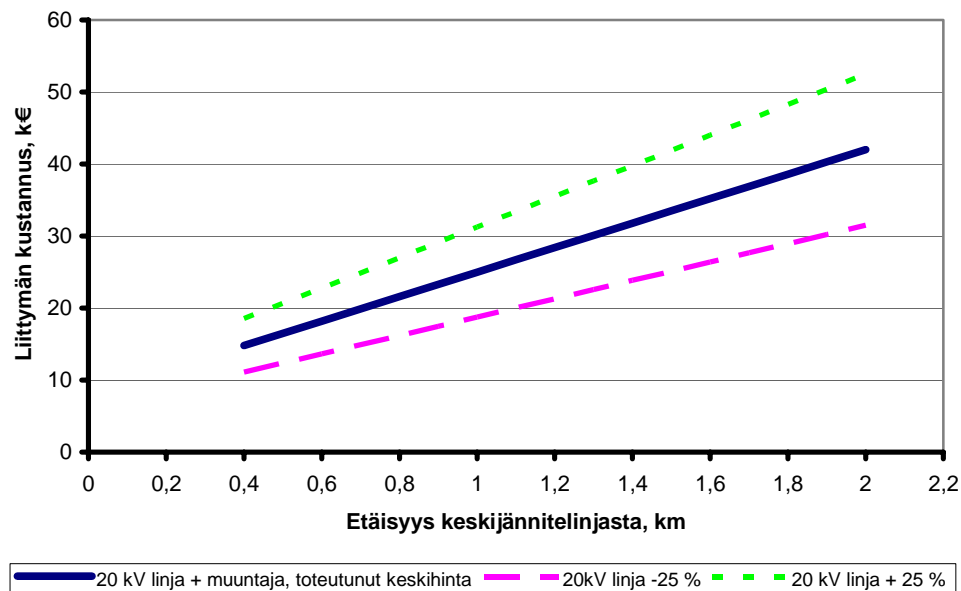
Sähköyhtiöt antavat kiinteän hinnan 0,4 kV pienjännitesähköliittymille (400 voltia), kun pienjännitelinjaa vedetään korkeintaan 600 - 800 metrin etäisyydelle lähimmästä jakelumuuntajasta. Taulukossa 1 on esitetty Vattenfallin liittymishinnastosta (1.3.2007) pienjännitesähköliittymän hinta (Vattenfall 2007). Vyöhyke 1 on asemakaava-alue. Vyöhyke 2 on muu kuin asemakaava-alue enintään 400 m:n etäisyydellä lähimmästä jakelumuuntajasta. Vyöhyke 3 on kyseessä, kun sähkön käyttöpaikan suoraan mitattu etäisyys olemassa olevasta

jakelumuuntajasta on 400 - 600 m ja vyöhyke 4, kun etäisyys jakelumuuntajasta on 600 - 800 m. Vattenfall sallii pienjännitelinjassa 800 metrin etäisyydellä enää korkeintaan 3 *35 A liittymän (Vattenfall).

Taulukko 1. Vattenfallin sulakepohjaiset 0,4kV sähköliittymien hinnat (1.3.07)

Sulakepohjaiset 0,4 kV:n sähköliittymät				(alv 0%)
Pääsulake/A	Vyöhyke 1	Vyöhyke 2	Vyöhyke 3	Vyöhyke 4
3 x 25	1960 €	2 550 €	3 800 €	5 900 €
3 x 35	2 600 €	3 350 €	5 400 €	8 400 €
3 x 50	3 600 €	4 600 €	7 800 €*	*
3 x 63	4 450 €	5 600 €	*	*
3 x 80	6 000 €	6 800 €*	*	*
3 x 100	7 500 €	8 500 €*	*	*

Mikäli etäisyys lähimmästä jakelumuuntajasta on pidempi kuin edellä mainittu tai tarvittava pääsulakekoko on suurempi kuin jakeluyhtiön hyväksymä, rakennetaan 20 kV tai 10 kV sähkölinja käyttöpisteeseen liittymän tilaajan kustannuksella. Lisäksi liittymän tilaajan kustannettavaksi tulee sähkön käyttöpisteeseen jakelumuuntaja ja sen asennus, johtoerottimet, ylijännitesuojat ja pääkytkin ja pääsulakekaappi. Kuvassa 7 on esitetty Vattenfallin toteutuneiden 20 kV linjojen (+muuntaja) keskihinta vuonna 2006 sekä arvio linjan vedolle epäsuotuisten kustannustekijöiden (+25 %) ja suotuisten kustannustekijöiden vaikutuksesta (-25 %).



Kuva 7. Arvio sähköliittymän hinnasta. Kuva perustuu Vattenfallin pienjänniteliittymän liittymishinnastoon sekä suulliseen tiedonantoon toteutuneiden 20 kV linjojen (+ pienjännitemuuntaja ja liittymä) keskihinnasta.

Kuvan 7 hintatiedot ovat suuntaa-antavia arvioita eikä niitä tule käyttää tarkemmassa kustannustarkastelussa, sillä sähköliittymän hinta voi poiketa huomattavasti kuvan arvioista sekä ylös- että alaspäin. Tarkemman tarkastelun pohjaksi kannattaa kysyä sähköliittymästä tarjous kyseeseen tulevalta

jakeluyhtiöltä. Sähköliittymän hinnan lisäksi pumppaamon hinta muodostuu sähköpumppusta ja sen varusteista. Lisäksi pumppaamorakenne muodostaa merkittävän kustannustekijän. Pumppaamorakenne voi lisäksi olla erilainen sekä siten erihintainen riippuen toteutetaanko pumppaamo sähköenergialla, suoralla dieselvoimalla tai dieselaggregaatilla.

Jos sähköliittymän sekä pumppaamon hinta sulkee pois suoran sähköpumppaamon, jää vaihtoehtoiksi diesel- ja dieselaggregaattipumppaamo. Näiden vaihtoehtojen välillä valinta tehdään hinnan ja vaihtoehtojen soveltuvuuden sekä toteutettavuuden mukaan. Hinta diesel- ja dieselaggregaattipumppaamon välillä on hieman dieselaggregaattipumppaamon eduksi. Soveltuvuuden ja toteutettavuuden tulee tuottajan itsensä arvioida.

Tekniset toteutusmahdollisuudet ympärivuotisessa pumppauksessa parantavat sähköpumppaamon kilpailukykyä. Diesel ja dieselaggregaattipumppaamoiden varustaminen ympärivuotista pumppausta varten vaatii huomattavasti enemmän lisävarustamista kuin sähköpumppaamo ja samalla niiden hankintakustannus nousee. Dieselmoottori tarvitsee luetettavan toiminnan turvaamiseksi lämpöeristetyin suojan sekä mahdollisesti Webasto/Wallas tyyppisen lämmitysjärjestelmän, joka lämmittää kovilla pakkasilla moottorin, moottorisuojan ja imuilman ennen pumpun käynnistämistä. Lisäksi suoja tarvitsee tuuletusjärjestelmän, joka huolehtii suojan ja moottorin jäähtymisestä, mutta samalla estää sen jäähtymisen pumpun sammuttua. Nämä järjestelmät vaativat sähköä, mikä vaatii akuilta ja lataukselta lisäkapasiteettia.

5.2 Pumppaustekniikan valinta

Pumppaustekniikan valinta kohdistuu keskipakopumppujen, potkuripumppujen ja syrjäytyspumppujen välille. Syrjäytyspumppuista kyseeseen tulevat lähinnä lohkoroottoripumput. Lisäksi keskipakopumppuissa ja potkuripumppuissa valitaan turvetuotantovesien pumppaukselle vaadittavien ominaisuuksien mukaan kyseeseen tuleva juoksupyörä malli.

Taulukossa 2 on esitetty turvetuotantoympäristössä eri pumppaustekniikoille parhaiten sopivat toiminta-alueet. Taulukossa pengerpumppu tarkoittaa potkuripumppua, joka pumppaa suoraan putkeen paineellisenä. Taulukko on ohjeellinen ja varsin karkea. Esimerkiksi roottoripumppu soveltuu hyvin myös matalille nostokorkeuksille, mutta sen käyttö matalille nostokorkeuksille ei hyödynnä sen ominaisuuksia, eli korkeaa nostokorkeutta ja muuttumatonta tilavuusvirtaa (Jurop). Keskipakopumppuja löytyy kaikille toiminta-alueille, myös matalille nostokorkeuksille ja keskisuurille ja suurille tilavuusvirtauksille. Potkuripumppuissa, jotka on tarkoitettu nostokuiluasennuksiin, löytyy myös suuren nostokorkeuden omaavia, mutta niitä ei pysty hyödyntämään täysimääräisesti, sillä suuri kokonaisnostokorkeus muodostuu turvetuotantoympäristössä putkistoon pumpattaessa ja sen vastuksesta. Nostokuiluasennettavat potkuripumput eivät ole tarkoitettu pumppaaman paineelliseen putkistoon. Keskipakopumppuista löytyy myös nostokuiluasennettavia, jotka soveltuvat pienille tilavuusviroille.

Juoksupyörän valintaa liittyvät oleellisesti kuivatusveden ominaisuudet. Yleisesti ottaen kuivatusvedet ovat pumppauksen kannalta varsin puhtaita, mutta veden joukossa on turvetta eri muodossa, kannonpalasia ja jonkin verran kuituja. Vesien

mukana saattaa tulla satunnaisesti aumamuovin riekaleita ja ojien penkoilta sorteineita isohkoja turvepaloja. Sikäli kun oja tai altaita on jouduttu kaivamaan kivennäismaahan, kulkeutuu pumpulle myös hienojakeista kivennäismaata.

Taulukko 2. Erilaisille pumppaustekniikoille parhaiten soveltuvat toiminta-alueet turvetuotannon kuivatusvesien pumppausympäristössä.

Tilavuusvirta	Kokonaisnostokorkeus*		
	matala	keskikorkea	korkea
pieni	pengerpumppu, keskipakopumppu,	pengerpumppu keskipakopumppu,	keskipakopumppu roottoripumppu
keskisuuri	pengerpumppu, potkuripumppu (nostokuiluasennus)	pengerpumppu, keskipakopumppu	keskipakopumppu roottoripumppu
suuri	potkuripumppu (nostokuiluasennus),	keskipakopumppu	keskipakopumppu

* Kokonaisnostokorkeus sisältää geodeettisen nostokorkeuden sekä pumppausmatkasta, eli putkistovastuksesta muodostuvan nostokorkeuden

Vaikka isompien partikkeleiden esiintyminen on satunnaista, saattavat ne tukkia pumpun imuaukon tai solapyörien kanavia. Kuidut voivat takertua ja kerrostua siipien (tai solasiipien) etureunoihin. Edellä mainitut huonontavat pumpun toimintaa ja lisäävät energian kulutusta tai laukaisevat sähköpumpuilla ylikuormitus/lämpöreleen pysäyttäen pumpun. Juoksupyörän tai pumppumallin valinnalla voidaan häiriötä tai pumppauskatkoksia vähentää. Toisaalta, mitä avonaisemmaksi juoksupyörä valitaan, sitä huonommaksi käy pumppauksen hyötysuhde. Valinnassa kannattaa käyttää tervettä järkeä ja muistaa että pumpattava vesi on lähes puhdasta eikä ole siten syytä liioitella pumpun kiintoaineen tai lietteen käsittelykyvyn tarvetta. Jos pumpattavassa vedessä on huomattavasti kiintoaineita, on syytä parantaa vesiensuojelutoimenpiteitä ennen pumppaamaa.

5.3 Pumppaamon mitoitus

5.3.1 Valuma-alueen koko, mitoitusvaluma ja -virtaama

Valuma-alueen koko määritetään tuotantoalueen reunaojien ja eristysojien välisen keskiviivan mukaan. Mikäli tuotantoalueelle tulee ulkopuolisia vesiä, tulee määrittää pinta-ala mistä ulkopuoliset vedet tulevat ja lisätä se valuma-alueen pinta-alaan. Pääsääntöisesti ulkopuoliset vedet tulee johtaa eristysojituksen tuotantoalueen vesienkäsittelyn ulkopuolelle.

Valitaan mitoitusvaluma

- Mitoitusvaluma valitaan väliltä 100 –150 l/s/km² (Savolainen ym. 1996)
- Jos alueelle purkautuu paljon pohjavesiä, valitaan ylempään rajan mukaan tai sen yli oleva valuma.
- Jos valuma-alueella imeytyy vettä pohjaveteen, valitaan alarajalla oleva valuma tai sen alla oleva sopiva valuma.

- Epävarmassa tapauksessa tai riskien minimoimiseksi voidaan valita $1,0 \text{ m}^3/\text{min}/10 \text{ ha} \Rightarrow 167 \text{ l/s/km}^2$.
- Jos alueella harjoitetaan tehokasta virtaamansäätöä, tai varastoallastilavuus (allas, ojat ja muut uomat) minne varastoituu vettä, on huomattavan suuri, voidaan mitoitusvaluma valita väliltä $50 - 100 \text{ l/s/km}^2$.
- Mitataan useamman tuotantokauden aikana valumia mittapadon avulla, jolloin saadaan ensikäden tietoa tuotantoalueen valumista. Mittapadolta virtaaman mittaaminen on esitetty liitteessä 1.

Mitoitusvirtaama lasketaan valuma-alueen ja valitun mitoitusvaluman perusteella. Esimerkiksi kun valuma-alue on 38 ha ja mitoitusvalumaksi valitaan 120 l/s/km^2 , saadaan:

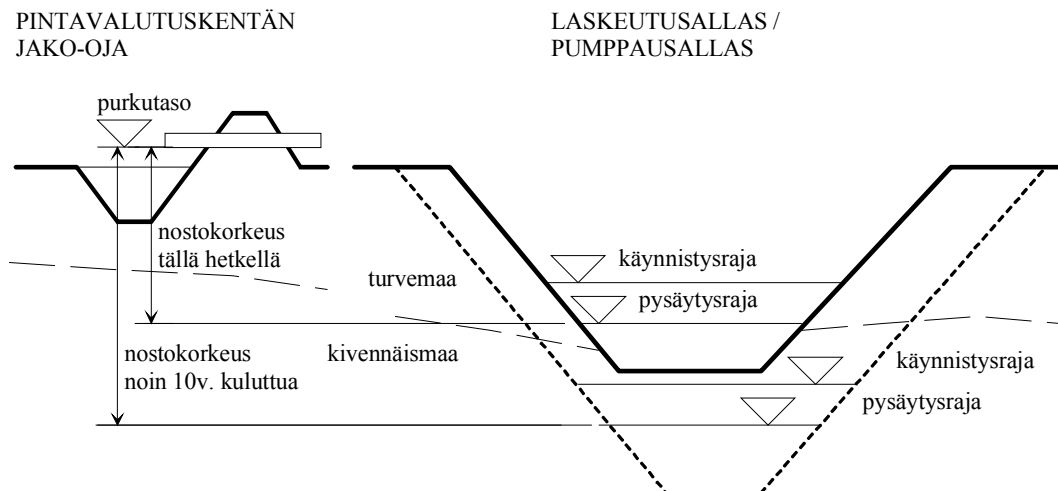
$$0,38 \text{ km}^2 (38 \text{ ha}) * 120 (\text{l/s/km}^2) = 45,6 (\text{l/s}),$$

valitaan mitoitusvirtaama 45 l/s.

Jos pumpattavalta alueelta on mitattu useampana vuonna virtaamia, valitaan virtaamatietojen pohjalta sopiva virtaama harkintaa käyttäen.

Valittu mitoitusvirtaama on pumppaamolta toivottu tilavuusvirta sen käydessä. Toisin sanoen, kun valuma-alueelta tulee mitoitusvirtaaman verran vettä, tai sitä enemmän jonkinlaisen tulvatilanteen johdosta, käy pumppaamo tauotta kunnes tulvatilanne on ohi.

5.3.2 Nostokorkeuden määrittäminen



Kuva 8. Nostokorkeuden määrittäminen. Nostokorkeus tällä hetkellä kuvaa tarvittavaa nostokorkeutta nykyisessä kuivatustilanteessa ja nostokorkeus noin 10v. kuluttua kuvaa tarvittavaa nostokorkeutta kymmenen vuoden aktiivisen tuotannon jälkeen.

Nostokorkeuden (geodeettinen = staattinen nostokorkeus) määrittäminen (kuva 8)

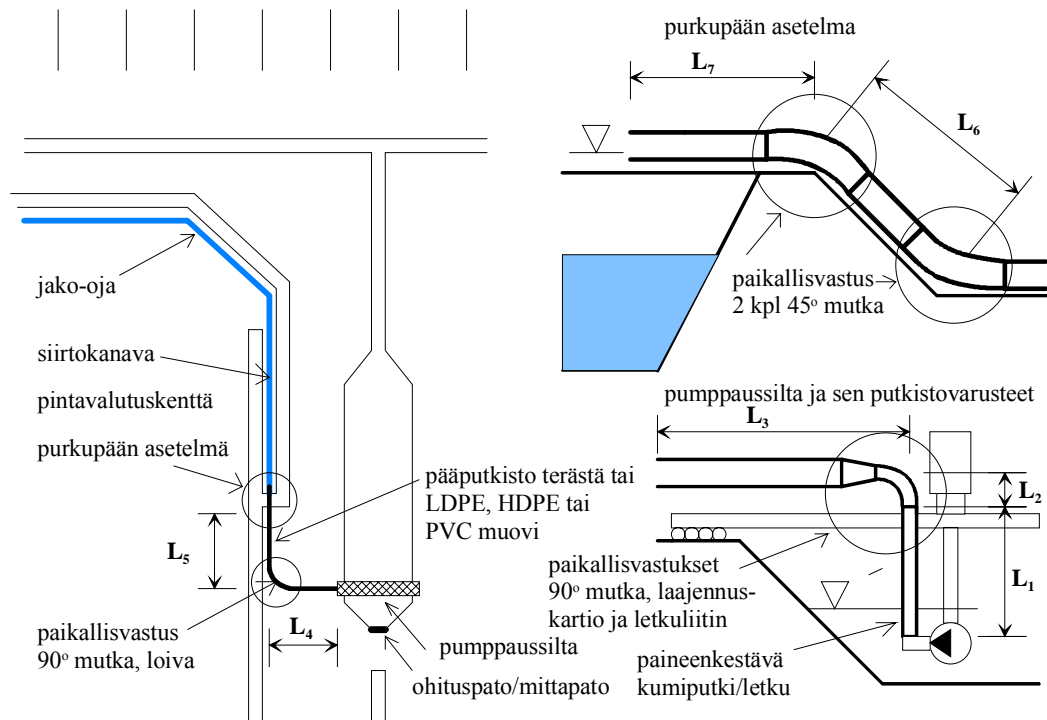
- määritetään geodeettinen (staattinen) nostokorkeus, mitataan käytännössä maastossa ja käytetään apuna vaaituslaitetta
 - määritetään **purkutaso**

- määritetään taso jossa purkuputki purkaa vetensä (vapaaseen ilmatilaan),
- jos purkuputki johdetaan yläpuoliseen vesitilaan, altaaseen, valitaan yläpuolisen vesitilan ylin kyseeseen tuleva vedenpinnan taso.
- määritetään pumpun **pysäytystaso** pumppausaltaassa (laskeutusaltaassa). Valitaan sellainen pumppausaltaassa vallitseva vedenpinnan korkeustaso jossa pumpun käynti pysäytetään. Varmistetaan, että valittua pysäytystasoa voidaan käyttää 5 - 10 vuoden kuluttuakin (ettei tarvitse uusia pumpua) tai mielellään loppukäyttöön saakka.
- Geodeettinen nostokorkeus on purkutason ja pysäytystason välinen korkeusero.

5.3.3 Pumppausmatkan määrittäminen

Määritetään pumppausmatka

- Pumpun sijainnista purkuputken päähän
 - mitattava käytännössä maastossa, putken sijoitusta myötäillen,
 - putken sijoitus valitaan siten, että se ei haittaa kulkuyhteyksiä,
 - mitataan ja määritetään erikseen pääputkisto ja mahdollinen pumppaamon ”sisäinen putkisto” (mahdollisesti eri halkaisija ja materiaali)



Kuva 9. Pumppausmatkan ja paikallisvastusten määrittämiseksi tehty kuva. Putkiston pituuden määrittämiseksi tulee maastossa mitata todelliset etäisyydet.

Kuvassa 9 on esitetty pumppausmatkan ja paikallisvastusten määrittämiseksi tehty kuva, josta selviää suunnitellun pumppaamon sijoittuminen tuotanto-alueelle ja

pumppausmatkan määrittämiseksi tarvittavat etäisyydet ($L_1 - L_7$) ja mitat, jotka suurimmaksi osaksi tulee mitata paikan päällä.

5.4 Pumpun ja putkiston mitoitus

Pumppu ja putkisto sekä varusteet mitoitetaan ja valitaan aina yhtä aikaa. Pieni vai suuri nostokorkeus ja lyhyt vai pitkä pumppausmatka vaikuttavat yhdessä halutun mitoitusvirtaaman (tilavuusvirran) kanssa pumpun sekä putkiston mitoitukseen.

Mitoituksen vaiheet ovat seuraavat:

1. Putkiston koon esivalinta
2. Virtausvastusten määrittäminen
3. Paikallisvastusten määrittäminen
4. Putkiston häviölaskelmataulukon täyttäminen
5. Virtaushäviökäyrien piirto pumppukäyrästäihin ja toimintapisteen arviointi

5.4.1 Putkiston koon esivalinta

Putkiston koon esivalinta tehdään niillä virtausnopeusarvoilla, joita jätevesi/harmaavesi käytössä yleensä käytetään, eli 0,7 – 2,5 m/s. Tavoitevirtausnopeus on välillä 0,8 – 1,5 m/s, joka yleensä vastaa taloudellisinta virtausnopeutta. Sarlinin paikallisvastusnomogrammista (liite 6) saadaan valitun tilavuusvirran (mitoitusvirtaama) avulla katsottua virtausnopeudet erilaisilla putken sisähalkaisijoilla. Paikallisvastusnomogrammissa tilavuusvirtaus nähdään kaavion alareunan akselilta keskeltä oikealle, putkikokoja esittää vinoviivat alhaalta vasemmalta ylös oikealle ja virtausnopeudet kaavion keskellä olevassa pystyakselissa. Valitaan 2 - 3 erilaista, yleistä putkikokoa joissa virtausnopeudet ovat mielellään väliltä 0,8 – 1,5 m/s jatkotarkastelua varten (Sarlin 1987). Esimerkiksi mitoitusvirtaamalla 45 l/s saadaan seuraavasti tarkasteltavat putkikoot:

halkaisija d	virtausnopeus
250 mm	0,9 m/s
200 mm	1,45 m/s
150 mm	2,5 m/s

Putkikoko 150 mm on (tässä esimerkissä) taloudellisen virtausnopeuden ulkopuolella, mutta varsin usein pumpun lähdöt ovat kyseisen putkikoon suuruisia. Jos pumppaus matka on muutamia metrejä, voidaan kyseistä putkikokoa käyttää, tai jos pumppaamoon sisältyy muutaman metrin sisäinen putkisto, voi sen putkikoko olla kyseinen. Muuten isommat putkikoot ovat parempia joissa virtausnopeudet ovat tavoitevirtausnopeusalueen sisällä.

5.4.2 Virtausvastusten määrittäminen

Putkisto ja pumppu valitaan samaan aikaan. Tätä varten tehdään putkiston häviölaskelmataulukko, jossa haarukoidaan eri putken halkaisijoilla muodostuvia häviöitä. Jokaiselle putkikoolle tehdään oma taulukko. Putkiston häviölaskelmataulukko on liitteenä 5. Laskentaesimerkit löytyvät liitteistä 2 ja 3.

Saadaksemme virtausvastuskäyrät valituille putkien sisähalkaisijoille valitsemme sopivin välein 3 – 4 tilavuusvirtaamaa halutun mitoitusvirtaaman molemmin puolin. Esimerkiksi: haluttu mitoitusvirtaama on 45 l/s, valitsemme laskettaviksi 30, 45, 60 ja 90 l/s. Putkistohäviökäyrän ensimmäinen piste on geodeettinen nostokorkeus ja tilavuusvirta =0.

Poistoputken pituus on määritetty ja sille on saatu pituus, esimerkiksi 35 m. Sarlinin virtausvastusnomogrammista liitteessä 7 katsotaan sopiva putken materiaali, esimerkiksi muoviputki. Nomogrammin oikeasta yläreunasta saadaan pinnankarheusarvot uudelle tai vanhalle putkelle. Valitaan pinnankarheuden arvoksi $k= 0,25$ mm (kahden vuoden jälkeen putki on jo vanha). Virtausvastusnomogrammissa (liite 7) on esimerkin avulla esitetty miten nomogrammista luetaan virtausvastukset. Huomaa! Virtausvastuksen yksikkönä on metriä nostokorkeutta 100 metriä pitkässä putkessa (m/100m). Häviölaskelmataulukossa ja laskennassa otetaan yksikkö huomioon ”Poistoputken pituuskertoimessa” jossa putkiston pituus jaetaan 100 metrillä, esimerkiksi: putkiston pituus on 35 metriä, ”poistoputken pituuskerroin” = $35 \text{ m}/100\text{m} = 0,35$.

5.4.3 Paikallisvastusten määrittäminen

Määritetään paikallisvastukset

- putkiston tarvitsemat mutkat, putkipolvet,
- putken laajennukset (supistaja nurinpäin)
- sulkuventtiilit,
- takaiskuventtiilit,
- letkuliittimet, letkukytkimet
- yms.

Paikallisvastuksien määrittämistä varten olemme piirtäneet käsin alustavan kuvan putkiston sijainnista pumppaamoaltaalta vastaanottavaan altaaseen saakka (esimerkiksi kuva 9). Kuvasta ilmenee mitä paikallisvastuksia aiheuttavia varusteita putkisto pitää sisällään, kuten liittimet, putkimutkat ja kartiolaajennukset.

Paikallisvastuksien määrittämiseksi katsotaan liitteen 6 paikallisvastusnomogrammin yläreunasta tai liitteestä 4 paikallisvastuskertoimet (ζ = ”zeta”) eri varusteille. Käytettäville putkistovarusteille saadut paikallisvastuskertoimet kirjataan ylös ja ne lasketaan yhteen. Esimerkiksi seuraavasti:

	paikallisvastuskerroin ζ
putkimutka (90° , $R/D=1,5$)	0,3
putkimutka (45° , $R/D= 2$)	0,07
letkukytkin 1 kpl	<u>2,00</u>
Yhteensä $\Sigma \zeta$	<u>2,37</u>

eli ζ on yhteensä noin **2,4**.

Paikallisvastusnomogrammissa (liite 6) on esimerkin avulla esitetty miten nomogrammista luetaan paikallisvastus. Huomaa! paikallisvastuksen yksikkönä on suoraan metriä (m) nostokorkeutta.

Paikallisvastusnomogrammista luettaessa voi olla vaikeuksia hahmottaa ”zeta”(ζ) viivaa, joka kuvaa lukuarvoa 1 suurempia desimaaliarvoja. Tällöin voidaan luku jakaa desimaalisosaan ja kokonaislukuosaan, joille löytyy molemmille oma selkeä viivansa. Esimerkiksi: $\zeta = 2,4$, jaetaan kokonaislukuun 2 ja desimaaliosaan 0,4. Katsotaan molemmilla ζ:n arvoilla paikallisvastus (m) ja summataan paikallisvastukset yhteen (m).

5.4.4 Putkiston häviölaskelmataulukon täyttäminen

Pumppaus on kuvassa 9 ajateltu toteutettavan pumppaussillalta ja kuvassa nähdään myös ”sisäinen putkisto”, joka koostuu pääputkistoon nähden pienemmästä paineenkestävästä kumiputkesta ja laajennuskartiosta. Laajennuskartiolla kasvatetaan putkiston halkaisijaa joka pienentää veden virtausnopeutta ja siten putkiston virtausvastusta (vastuskorkeutta). Sisäisen putkiston koko on usein sama kuin pumpun lähtöyhteen koko. Sisäisen putkiston paikallisvastukset sekä virtausvastukset katsotaan ja lasketaan samoilla tilavuusvirtauksilla kuin poistoputkiston vastukset omaan taulukkoonsa. Saadut virtausvastukset vain lisätään varsinaiseen ”Putkiston häviölaskelma-taulukkoon” kohtaan ”sisäisen putkiston häviö”.

Tulokset täydennetään taulukkoon. Lasketaan yhteen poistoputken (kitka) häviö, (poistoputken) paikallisvastusten häviö sekä sisäisen putkiston häviö (jos sellainen on) ja sijoitetaan se taulukossa kohtaan ”putkiston kokonaishäviöt (m)”. Lisätään omaan kohtaansa geodeettinen nostokorkeus. Taulukon viimeiselle riville ”kokonaisnostokorkeus ko. tilavuusvirralla” lasketaan yhteen ”putkiston kokonaishäviöt (m)” ja ”geodeettinen nostokorkeus”.

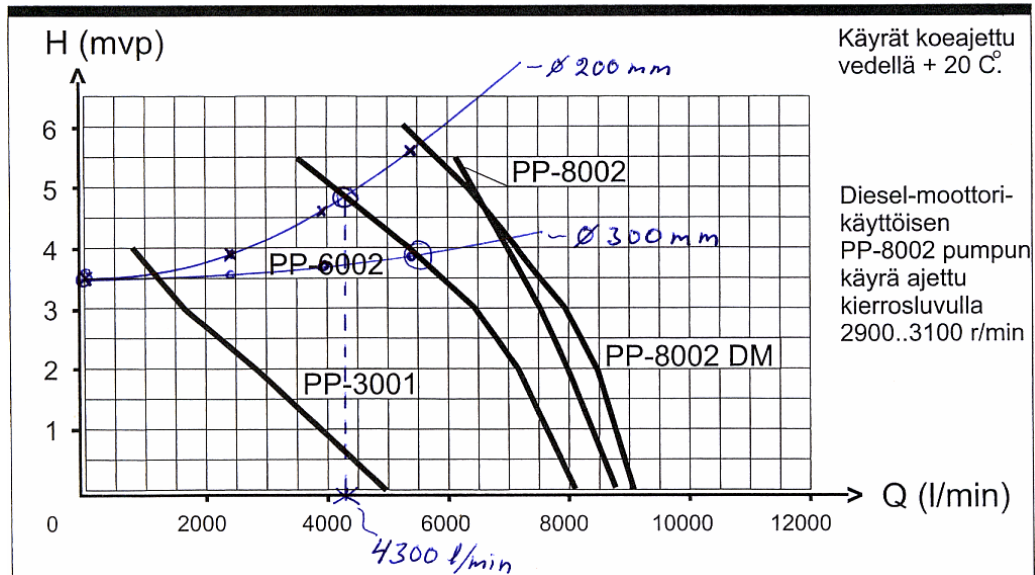
5.4.5 Virtaushäviökäyrien piirto pumppukäyrästäihin ja toimintapisteen arviointi

Näin saatiin arvot putkistohäviökäyrille. Tässä vaiheessa etsitään alustavasti mielenkiintoiset pumput sekä niiden tuottokäyrät ja piirretään käsin (tai taulukko-laskentaohjelmalla) putkistohäviökäyrät pumppujen tuottokäyrille. Putkiston häviölaskelmataulukossa ”Tilavuusvirta l/s” ja sen kohdalla taulukossa alimmaisena oleva ”kokonaisnostokorkeus” on lukupari joka täytyy sijoittaa pumpun tuottokäyrä koordinaatistoon. Kun kaikki kolme tai neljä lukuparia sekä geodeettisen nostokorkeuden ja tilavuusvirta = 0 muodostama lukupari, on sijoitettu koordinaatistoon, piirretään niiden kautta sujuva käyrä. Tässä yhteydessä on muistettava mahdollisesti tarvittavat laatumuunnokset. Useimmiten pumppukäyrissä tilavuusvirran laatuna käytetään l/s ja paineen yksikkönä metriä (m). Joidenkin valmistajien tuottokäyrissä käytetään paineen yksikkönä baaria (bar) tai kilopascalia (kPa) ja tilavuusvirran yksikkönä saatetaan käyttää l/min, m³/min tai m³/h.

Muunnokset voidaan tehdä kohtuullisella tarkkuudella seuraavasti:

1 bar	= 10 m	⇔	1 m	= 0,1 bar
1 kPa	= 0,1 m	⇔	1 m	= 10 kPa
1 m ³ /h	= 0,2778 l/s	⇔	1 l/s	= 3,6 m ³ /h
1 l/min	= 0,01667 l/s	⇔	1 l/s	= 60 l/min
1 m ³ /min	= 16,67 l/s	⇔	1 l/s	= 0,06m ³ /min

Kuvassa 10 on sijoitettu sisähalkaisijaltaan 200 mm ja 300 mm putkien virtaushäviökäyrät Mamec:in pengerruspumppujen tuottokäyrälle. Kuvasta voidaan nähdä esimerkiksi halkaisijaltaan 200 mm putkistolla toimintapisteen olevan pumpun PP-6002 tuottokäyrällä noin 4300 l/min, mikä on noin 70 l/s. Toimintapisteesä pumpun kokonaisnostokorkeus on lähes viisi metriä. Lisäksi kuvasta nähdään geodeettisen (staattisen) nostokorkeuden olevan 3,5 metriä mistä virtaushäviökäyrät lähtevät.



Kuva 10. Putkistojen virtausvastuskäyriä piirretty Mamec:in pengerpumppujen tuottokäyrästään.

Tarkastelu tulee tehdä useamman pumpun valmistajan tuottokäyrien kanssa ja etsiä omaan käyttötarkoitukseen soveltuva pumppu. Pumppu on ainoastaan osa pumppaamo. Voimalaite/energiälähde ja siihen liittyvät tekijät tulee ottaa huomioon. Useamman teknisesti mahdollisen ratkaisun kokonaistaloudellinen vertailu lopulta ratkaisee pumppaamon ja siihen liittyvien oheislaitteiden valinnan.

5.5 Pumppaamorakenteet

5.5.1 Pumppauskaivo

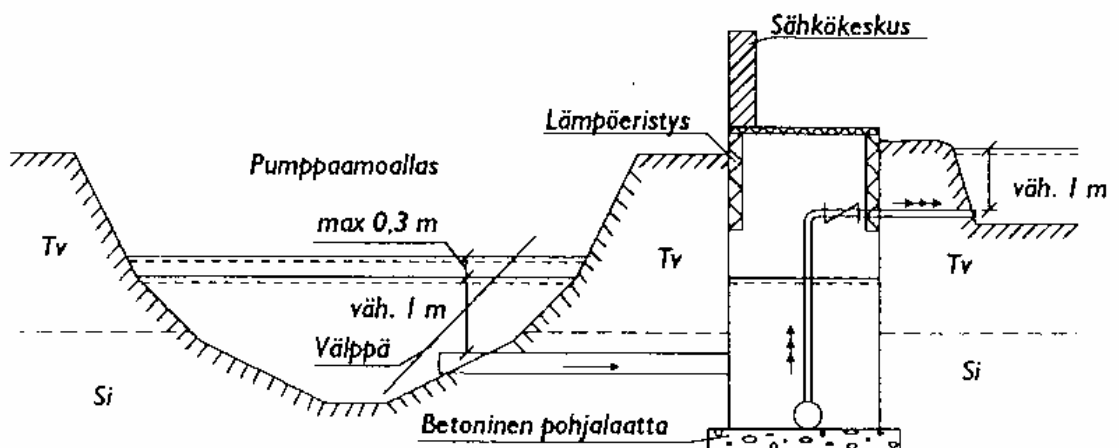
Pumppauskaivo kannattaa rakentaa, mikäli mahdollista, siihen syvyyteen missä alin suunniteltu kuivatussyvyys on tuotannon loppuvaiheessa. Kaivon asentaminen vaatii, riippuen maaston korkeudesta ja tulevasta kuivatussyvyydestä, massiivisen kaivutyön. Pehmeässä maaperässä tai herkästi juoksevassa tai sortuvassa maaperässä kaivettavien massojen määrä kasvaa kaivussyvyyden kolmannessa potenssissa tai enemmän.

Kaivon asentaminen ei ole välttämättä mahdollista, jos maaperä on hienojakeista ja herkästi liikkuvaa. Tällaisessa maaperässä on myös mahdollista, että kaivo nousee jonkin ajan kuluttua ylös johtuen maaperässä vallitsevasta vedenpaineesta. Alueella kannattaa tehdä maaperätutkimus, jossa selviää maaperän laatu sekä voidaanko pumppukaivo asentaa ja pysykö se paikallaan. Kaivon sijainnin tulee

olla riittävän etäällä altaasta, että altaaseen päin oleva luiska pysyy paikallaan eikä valu altaaseen.

Pumppaamon ja pumppaamoaltaiden rakentaminen suunnitellaan siten, että rakentamis- ja käyttöaikana ei tule routa- ja eroosio-ongelmia. Pumppauskaivona käytetään tukevaa halkaisijaltaan 1 – 1,5 m korroosiosuojattu teräsputkea, joka upotetaan pystyyn ja ankkuroidaan putken pohjaksi tulevaan betonilaattaan tai teräslevyyn. Vesi johdetaan altaasta kaivoon vaakasuoralla putkella. Putken korkeusaseman tulee olla 0,5 – 1,0 metriä vedenpinnan alapuolella. Tuloputki suunnitellaan niin suureksi (noin 0,5 m) ettei pumppaus aiheuta veden pinnan vajoamista kaivossa suhteessa altaan vedenpintaan. Vaarana on, että pumppu(t) tyhjä kaivon, jolloin pumppu imee ilmaa ja pumppu vaurioituu kuivakäynnin takia. Pumppaamo lämpöeristetään ja varustetaan vähintään talviaikaan eristetyllä kannella siten, että routa ei riko rakenteita, eikä kaivo jäädy talven aikana. Näin pumppaamo on käyttövalmis aikaisin keväällä. Kaivo on suojattava aina siten, ettei sinne vahingossa putoa eläimet tai ihmiset. Kuvassa 11 on esitetty pumppauskaivo, joka on suunniteltu ympärivuotiseen pumppaukseen (Savolainen ym. 1996).

Käytännössä ympärivuotinen pumppaus onnistuu parhaiten käyttämällä pumppua suoralla sähköllä ja pumppu sijoitetaan pumppauskaivoon. Pumppauskaivo eristetään yläosastaan hyvin ja maanpinnasta aina n.1 – 1,5 metrin syvyyteen asti. Eristeeksi käy esimerkiksi 15 cm polyuretaani kerros. Kansi tulee eristää vastaavasti hyvin.



Kuva 11. Sähkökäyttöinen, ympärivuotiseen pumppaukseen suunniteltu pumppuallas ja pumppaamo. Rakenteena on käytetty pumppukaivoa joka on lämpöeristetty. Tässä ratkaisussa tarvitaan takaiskuventtiiliä, koska pumppaus tapahtuu vesipinnan alle. Jäähaitat eivät ole todennäköisiä (Savolainen ym. 1996)

Ympärivuotisessa pumppauksessa kaivon tuloputken yläreuna tulee olla yli metrin syvyydellä altaassa ja pumpun poistoputki johdetaan noin metrin syvyydessä maan alla vastaanottavan altaan vesitilaan, vähintään metrin syvyyteen. Putkisto varustetaan takaiskuventtiilillä, ettei putki tyhjennä yläpuolista varastoallasta / uomaa pumppausaltaaseen.



Kuva 12. Dieselaggregaattipumppaamon akselipumppu on sijoitettu pumppauskaivon päälle. Huomaa teline ja pumpun erilliset nostolaitteet (nostoliinat). Pumppu Mamec:in pengerpumppu ja CAT- dieselaggregaatti.

Pumppauskaivo tulee varustaa kiinteillä tikkailla ja, pumpputyypin (akseli-, kiinteä tai vapaa uppopumppu) tarvitsemilla kiinnikkeillä, putkituksilla, venttiileillä, liittimillä sekä hoitotasoilla. Pumppujen kiinnityksistä, varusteista ja ankkuroinnista on pumppujen valmistajilta saatavissa tarkempia ohjeita.

Vesi voidaan pumpata kaivosta akseli- tai uppopumpulla. Akselipumppu tarvitsee kaivon päälle tai sisälle (sähköpumppu) telineen, jossa pumpun käyttömoottori on asennettuna. Kuvassa 12 on esitetty akselipumppu (pengerpumppu) pumppauskaivossa. Dieselpumppaamo asennetaan aina pumppukaivon päälle. Pumpun imuaukkoa ei aseteta aivan kaivon pohjalle vaan pumpun alapuolella tulee olla vähintään 0,5 metriä tilaa. Pumppupesän tulee olla vedenpinnan alapuolella. Uppopumppuilla asennustapa määrittää tarkemmin kaivon tarvitsemat varusteet. Pumppauskaivoon uppopumppu voidaan asentaa lähinnä kahdella tapaa. Kaivoon asennetaan kiinteästi paineputkisto, uppoliitin ja johdeputket. Uppopumppu asennetaan laskemalla se johdeputkia pitkin uppoliittimeen, johon se lukittuu painovoiman vaikutuksesta. Huoltoa varten pumppu voidaan nostaa pumpun nostolenkissä olevasta ketjusta taljalla tai muulla nostolaitteella. Uppopumppuja toimitetaan erillisellä jäähdytysvaipalla tai ilman. Mikäli uppopumppu on kokoajan veden peitossa, ei uppopumppu tarvitse erillistä jäähdytysvaippaa vaan moottori jäähtyy ulkokuoren kautta veteen. Jos uppopumppu on pumpattaessa kokonaan tai osittain vedenpinna yläpuolella, varustetaan pumppu jäähdytysvaipalla, jonka sisällä pumpattava vesi jäähdyttää pumpun moottoria.



Kuva 13. Nostokuilupumpun asennuskaivo asennettuna pumppausaltaan pohjalla olevaan betoniseen ontelolaattaan (ylh. vas.), nostokuilupumppu asennettuna kaivon välikannelle (ylh. oik.), pumppu nostanut kaivon (nostokuilun) täyteen vettä, joka virtaa alareunassa näkyvästä vedenjohtoputkesta (vas.), pintaviipat ohjaavat pumpun käynnistystä ja sammutusta (oik.). Pumppu Flygt:in keskipakopumppu.

Nostokuiluasennuksena asennettu uppopumppu (potkuripumppu tai keskipakopumppu) käyttää pumppukaivoa kokonaisuudessaan vedennostokanavana (kuva 13). Pumppukaivon yläreunassa tulee olla putki, jota pitkin vesi johdetaan alaviistoon eteenpäin. Pumppukaivon alareunaan pumppauksen sammutusrajan alapuolelle tulee olla asennettuna tiivis välikansi jonka alapuolelle altaasta tuleva putki johtaa pumpattavan veden. Asennuksessa pumppu lasketaan välikannessa olevaan aukkoon tiiviisti.

5.5.2 Pumppauslautta

Pumppauslautan tulee olla vakaa, kevytrakenteinen ja kantaa sille säilytetty kuorma sekä huoltohenkilöstön paino. Sen lisäksi sillä tulee olla ”varalaitaa”, eli kelluvuutta mahdollisen ponttonin rikkoutumisen varalta. Lautta ankkuroidaan altaan penkalle siten, että se pääsee vapaasti kellumaan veden pinnankorkeuden mukaan, mutta ei pääse liikkumaan sivusuunnassa. Pumpulle tulee jäädä veden pinnankorkeuden alhaisimmalla (pumppun pysäytysraja) tasolla yli 0,5 metriä vapaata vesitilaa. Lisäksi pumppausaltaalla tulee olla syvyyttä myös kellukkeiden alla, etteivät kellukkeet ala kannattamaan pohjasta. Pumppauslautta on varustettu yleensä dieselpumpulla. Pumppauslautta on mahdollista varustaa myös sähköpumpulla, akselipumpulla tai uppopumpulla. Kirjoittajan tiedossa ei ole, että pumppauslauttaa olisi toistaiseksi varustettu sähköpumpulla.

Lautalle tulee olla tukeva kävelysilta. Lautta on hyvä ympäröidä kaiteella, ettei huoltohenkilöstä putoa lautalta. Kun pumppauslautta on varustettu dieselpumpulla, tulee polttoainesäiliö olla penkalla. Polttoainesäiliö tulee olla kaksoisvaipalla varustettu vuotoriskin vähentämiseksi. Lautan liikkumisen takia poistoputki toteutetaan aina joustavalla putkella. Lautta ei soveltune talviaikaiseen pumppaukseen ja se tulee nostaa altaasta talvikauden alettua. Lautta varustetaan nostolenkeillä joista lautta voidaan esim. kaivinkoneella nostaa pienellä vaivalla ylös altaasta. Dieselpumpun yhteydessä tulee kiinnittää erityistä huomiota polttoaineletkujen kuntoon, vuotamattomuuteen ja öljynvaihdon suorittamiseen öljyvahinkoja välttämällä. Kuvassa 14 on esitetty Ins.tsto Reijo Mäki-Kyynyn valmistama pumppauslautta.



Kuva 14. Reijo Mäki-Kyynyn valmistama pumppauslautta varustettuna dieselpumpulla. Pumppu on omaa valmistetta, moottori Kubotan nelisynterinen dieselmoottori. Huomaa tukeva kävelysilta sekä turvakaiteet.

Pumppaamon käyttö- ja ohjauslaitteille (kaappi) on varmempaa olla altaan reunalla. Ohjauslaitekaapin sijaitessa samassa rungossa moottorin kanssa, altistuvat sähkölaitteet joskus voimakkaalle värinälle jota komponentit eivät välttämättä kestä. Kuvassa 15 on esitetty Pudasjärven Turvetyö Oy:n valmistama pumppauslautta. Kuvassa nähdään ohjauslaitekaapin sijoitus irrallaan pumppauslautasta sekä pumppaamon hälytysvalo joka ilmaisee kaukanakin olevalle henkilöstölle häiriöstä pumppaamossa. Pumppauslautta on varustettu kuudella erillisellä ponttonilla, joista yhden mennessä rikki, ei ole vielä vaaraa lautan kaatumisesta tai uppoamisesta.



Kuva 15. Pudasjärven Turvetyö Oy:n valmistama pumppauslautta. Lautta on varustettu Kubotan dieselmootorilla ja Mamec:n pengerpumpulla. Huomaa hälytysvalo sekä ohjauslaitekaapin sijoitus (kuva: Pudasjärven Turvetyö Oy).

5.5.3 Pumppausilta

Kevytrakenteinen pumppausilta kulkee joko laskeutus- tai pumppausaltaan ylitse. Pumppu käyttömootoreineen sijaitsee sillan keskivaiheilla ja riippuen pumpun akselin pituudesta tulee siltaa nostaa tai laskea päistään siten, että pumpun imuaukko jää riittävän ylhäälle pohjasta. vaihtoehtoisesti voidaan pumpun petiä nostaa sillalla. Liian alhaalle laskettu pumppu alkaa imuroida pohjamaata pumppuun ja tuhoaa sen aika pian. Pumpun ja pohjan välillä tulee olla vähintään 0,5 metrin vesitila. Pumpun kohdalle, altaan pohjalle voidaan laskea esimerkiksi betonilaatta tai teräslevy joka estää eroosiota muodostumasta ja pohjamaan kulkeutumista pumppuun. Joka tapauksessa tulee pumpun imuaukon ja pohjan väliin jäädä riittävä tila, jonka tiedon voi antaa esimerkiksi pumpun valmistaja. Kuvassa 16 on esitetty Turveruukki Oy:n käyttämä pumppausilta varustettuna dieselmootorilla ja akselipumpulla. Tuotantokauden aikaisessa pumppauksessa tulee huomioida jokavuotinen pumpun asennus ja alaslasku sekä pumpun irrotus ja ylösnosto. Pumppua ei voida jättää veteen talven ajaksi. Pumpun jäätyminen saattaa rikkoa pumpun (ja putkistot). Pumppausiltaan asennetaan jo valmistuksen yhteydessä tarvittavat varusteet pumpun nostamiseksi tai laskemiseksi. Samalla helpottuu pumpulle mahdollisesti tehtävät huoltotyöt.

Kuvassa 17 on esitetty pumppausilta varustettuna uppopumpulla. Pumppausilta on kuvassa varustettu pumpun nostotelineellä ja taljalla. Pumppaukseline, missä pumppu on varsinaisesti kiinni, on myös varustettu nostomekanismilla ja nostotaljalla. Pumppaukselinettä käytetään pumpun saattamiseksi sopivaan syvyyteen.



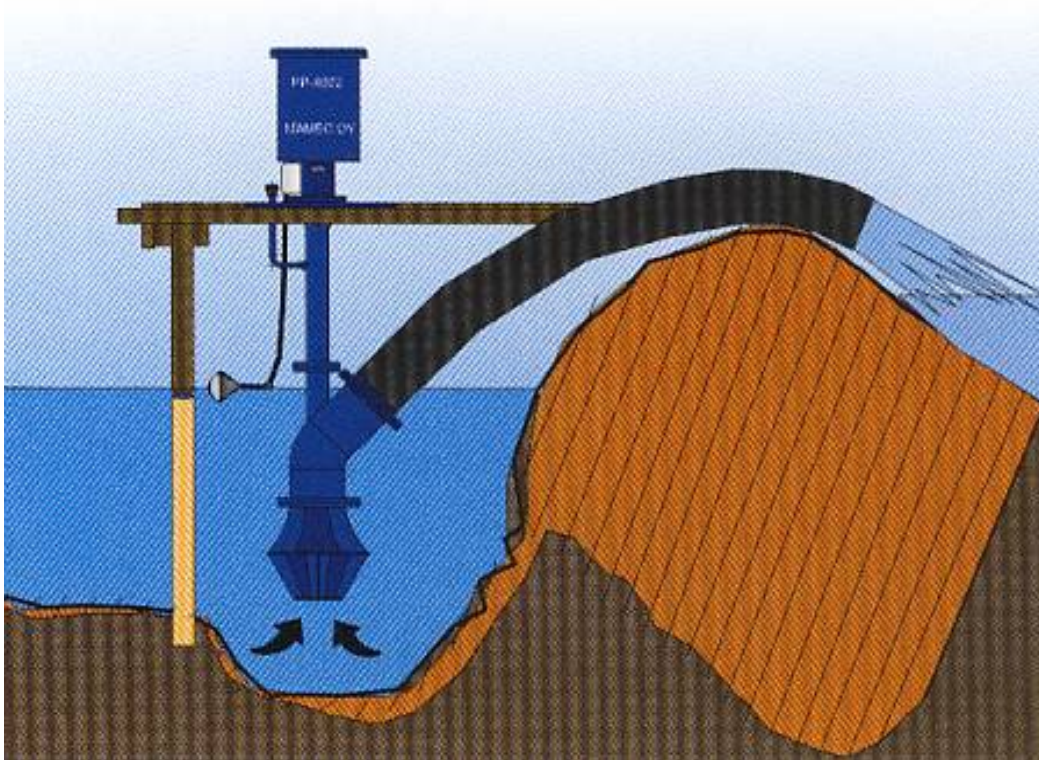
Kuva 16. Pumppausilta, dieselmoottori ja akselipumppu Turveruukki Oy:n tuotantoalueella.



Kuva 17. Turveruukki Oy:n käyttämä pumppausilta ja uppopumppu.

5.5.4 Pumppauslaituri

Pumppauslaituri tuetaan altaan reunalle ja altaan pohjaan. Pohjaan tuenta tapahtuu joko pohjan maaperään juntatuilla paaluilla tai laiturin pää lepää tassujen varassa altaan pohjalle lasketun betonilaatan (ontelolaatta) päällä. Pumppaamo sijaitsee lähes laiturin päässä. Pohjaan juntatut tukipaalut haittaavat altaan puhdistusta, mutta altaan pohjalle asetetun betonilaatan päällä lepäävä laituri voidaan poistaa kokonaan. Pumpun imuaukon sijainnista pohjaan pätee mitä edellä on mainittu. Tässä ratkaisussa imuaukon kohdalla olisi valmiiksi eroosiota estävä betonilaatta. Kuvassa 18 on esitetty periaatekuva pumppauslaiturista. Pumppauslaituri soveltuu kohteisiin joissa altaan leveys on niin suuri, että tarvittavasta pumppaussillasta tulee liian massiivinen. Suuren jännevälin omaava pumppaussilta ei voi enää olla liikuteltava ja tarvitsee kiinteät rakenteet.



Kuva 18. Periaatekuva pumppauslaiturista (Kuva Mamec Oy).

5.5.5 Vapaasti sijoitettava pumppu

Altaan reunalla tapahtuva pumppaus onnistuu itseimevillä keskipakopumpuilla tai lohkoroottoripumpuilla. Roottoripumpuilla pumppaus onnistuu vaivatta, mutta itseimevillä keskipakopumpuilla saattaa kestää useita minutteja ennen kuin vettä alkaa tulla. Näin siinä tapauksessa, että putket pääsevät tyhjentymään.

Pumppaamo tulee sijoittaa riittävän etäälle altaan reunasta ja kohtuullisen tukevalle maaperälle vaakatasoon. Etäisyyden sanelee monesti pumpun valmistajan vaatimukset suurimmasta sallitusta imukorkeudesta ja imuletkun pituudesta. Pumppaamon sijaitessa pehmeällä maaperällä rakennetaan puutavarasta tai muusta saatavilla olevasta materiaalista kantava alusta. Imuletkun pää on syytä varustaa imusihdillä estämään suurempien kappaleiden pääsy

pumppuun. Jos imuletku lasketaan suoraan altaan pohjalle, tulee imupään alle asentaa alustalevy (esim. teräslevy), joka estää eroosion muodostumista altaan pohjalle imuputken päähän. Imuletku voidaan jättää roikkumaan sitä varten tehtyyn telineeseen. Imuletkun ja pohjan väliin tulee silloin jäädä vähintään 0,5 metrin vesitila. Tällöinkin olisi hyvä olla pohjalla levy, joka estää eroosion muodostumista. Kuvassa 19 on esitetty altaan reunalle sijoitettu pumppaamo (Turveruukki).



Kuva 19. Altaan reunalle on sijoitettu itseimevä roottoripumppaamo (kuva: Turveruukki Oy).

Pumppaamolle järjestetään aina kulkuyhteys mm. huoltotöiden ja valvonnan vuoksi. Pumppaamot vaativat huoltoa ja varsinkin dieselpumppaamot ja dieselgeneraattorit, joiden polttoainetäydennyksistä tulee huolehtia ja öljy vaihtaa määrätyin käyntituntien välein.

6 Vesiensuojelurakenteet pumppauksen yhteydessä

6.1 Vesiensuojelurakenteiden yhteydessä huomioitavaa

Vesiensuojelurakenteiden mitoituksessa tulee noudattaa jo aikaisemminkin huomioitua tekijät, mutta sen lisäksi pumppaus saattaa aiheuttaa näille rakenteille lisäkuormitusta, mikä tulisi ottaa huomioon ja mahdollisesti vahvistaa rakenteita tai tehdä muita suojatoimenpiteitä.

Vesiensuojelurakenteiden kaivussa tulee huomioida oja-, uoma- ja allasluiskien kaltevuudet. Suositeltavat luiskien kaltevuudet on esitetty taulukossa 3. Riittävän loivilla luiskakaltevuuksilla ehkäistään sortumien muodostumista, mikä vähentää huoltotarvetta.

Taulukko 3. Suositeltavat ojan luiskan kaltevuudet (Vesi- ja ympäristöhallitus 1992)

Maalaji	Luiskan kaltevuus kaivussyvyyden ollessa			
	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
Maatumaton turve	1: 0,75	1: 1,00	1: 1,25	1: 1,50
Maatunut turve	1: 1,00	1: 1,25	1: 1,50	1: 1,75
Savi	1: 1,50	1: 1,75	1: 2,00	1: 2,00
Siltti tai hiekka	1: 1,75	1: 2,00	1: 2,25	1: 2,25

Ojien pituuskaltevuudet valitaan siten, että vesi ei virratessaan aiheuta ojien syöpymistä. Vesihallituksen julkaisussa Maankuivatuksen suunnittelu (Vesihallitus 1986) on esitetty suurimmat sallitut veden virtausnopeudet ojissa maalajin mukaan (taulukko 4). Eroosion estämiseksi veden keskimääräinen virtausnopeus uomassa ei saa ylittää taulukossa esitettyjä arvoja edes tulva-aikana.

Taulukko 4. Suurimmat sallitut veden virtausnopeudet ojissa maalajin tai verhoilun mukaan.

Maalaji tai verhoustapa	Suurin sallittu virtausnopeus m/s
Siltti, liejusavi	0,30
Hieno hiekkamaa	0,35
Konsolidoitumaton savimaa, maatunut turvemaa	0,40
Karkea hiekkamaa	0,45
Hieno soramaa	0,60
Raaka turvemaa	0,70
Karkea soramaa	0,80
Konsolidoitunut lihava savimaa	1,15
Tiivis moreenimaa	1,20
Kivikko	1,50
Hyvin juurtunut nurmikko	1,80
Betoniverhous	4,00

Pumppaus aiheuttaa paikallisesti varsin voimakkaita virtauksia ja virtausnopeuksia, jotka tulisi huomioida rakenteissa. Suuret virtausnopeudet aiheuttavat eroosiota ojissa ja kaivannoissa.

Laskeutusaltaan päässä sijaitsevan pumppaamon ollessa käynnissä voivat virtausnopeudet kasvaa niin suuriksi, että hienoaines ei ehdi laskeutua tai pahimmassa tapauksessa laskeutunut hienoaines lähtee liikkeelle. Tuotanto-alueen kuivatusvesien kiintoaines laskeutuu virtausnopeuksilla 0,01 m/s tai sitä pienemmillä virtausnopeuksilla. Laskeutunut kiintoaine lähtee liikkeelle virtausnopeutta 0,04 m/s suuremmilla nopeuksilla (Klöve 2000). Pumppaamon toimintarajat tulisikin määrittää siten, ettei ainakaan virtausnopeus 0,04 m/s ylitä.

Veden virtausnopeudet pumppauksen jälkeen putken suulla voivat olla, riippuen putkiston ja pumpun mitoituksesta 0,7 – 2,5 m/s. Siten suoraan putken suulla, samoin kuin imuaukolla, virtausnopeudet voivat olla huomattavasti suurempia kuin mitä sallitut veden virtausnopeudet ovat eri maalajeilla.

Imuaukolla muodostuvaa tilannetta voidaan lieventää asentamalla imuaukon alle betonista tai teräslevystä (vanerista) levy, joka estää muodostuvan pyörteen syövyttämästä pohjaa. Toinen vaihtoehto on verhoilla altaan pohja sekä reunat.

Purkuputken tulee purkaa vetensä joko riittävän suureen vesitilaan, jolloin virtausnopeudet vaimenevat tai vastaanottava allas verhotaan kerroksittain suodatinkankaalla, karkealla soralla sekä karkeilla kivillä tai louheella. Purkuputken suihkun alle ja/tai riittävän etäälle putken päästä asetetaan levy(t), joka ottaa vastaan ja hajottaa suihkun voiman.

6.2 Varastotilavuudet ja pumppauskierto

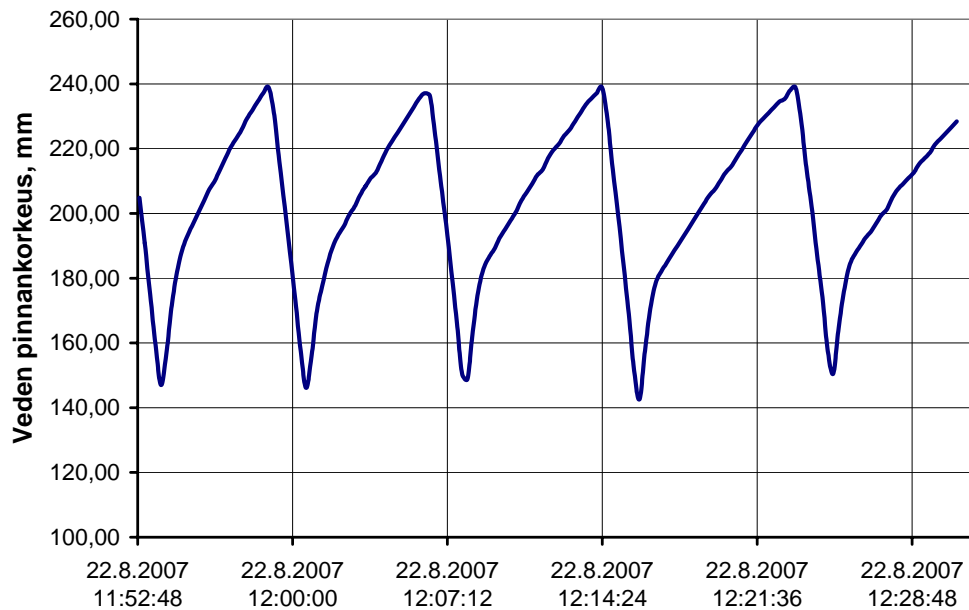
Pumppauskierto riippuu tulovirtaamasta, pumppaamon käytettävissä olevasta puskurivarastotilavuudesta (imupuolella) ja pumpun tuotosta. Näiden avulla pystytään arvioimaan pumppaamon käynti ja lepoajat tulovirtaaman suhteen. Kun tulovirtaama on yhtä suuri kuin pumpun tuotto, pumppu käy keskeytyksettä.

Pumppausaltaan varastotilavuus on oleellinen tekijä pumppaamon toiminnan kannalta. Liian pieni varastotilavuus, pumpun käynnistys- ja pysäytysrajan rajaama vesitilavuus, aiheuttaa tiheitä käynnistyksiä ja lyhyitä pumppausjaksoja. Pitkät pumppauskierrat ovat pumppaamon toiminnan kannalta hyvä tilanne. Tuolloin pumppu ja pumppua mahdollisesti pyörittävä dieselmoottori tai dieselaggregaatti voi käydä pitkään lämpimänä. Moottori rasittuu vähemmän ja sen elinikä on pidempi. Sähköpumppulla (sähköverkko) sähkölasku jää pienemmäksi ja pumppu sekä moottori rasittuvat vähemmän.

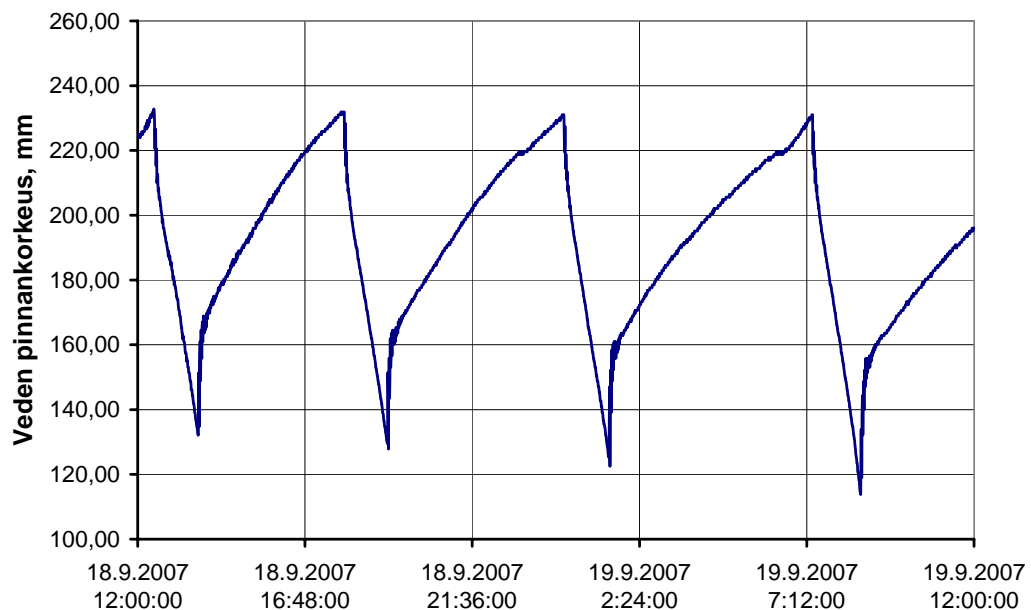
Toisaalta lyhyt pumppauskierto on vesiensuojelun kannalta parempi ratkaisu kuin pitkä pumppauskierto. Veden virtaus pintavalutuskentälle ehtii tasaantua ja virtaamat ovat kauttaaltaan tasaisempia. Veden korkeus pintavalutuskentällä ei ehdi nousta korkeaksi ja viipymä kentällä pysyy tasaisena. Veden puhdistusprosessit ehtivät vaikuttaa antaen paremman puhdistustuloksen.

Pumppaamon mitoitusvirtaama on aina suurempi kuin mitä pintavalutuskentän suurin suosituskuormitus. Jos pumppaamo käy pitkiä pumppausjaksoja ja pitkiä lepotaukoja, on pintavalutuskentälle pumppausjakson aikana tuleva virtaamat ja vesimäärät niin suuria että pintavalutuskentälle muodostuu puhdistusprosessin kannalta pieniä tulvatilanteita.

Kesällä 2007 mitattiin veden pinnankorkeuksia Löytösuolla, jossa on nostokuilupumppu tuotannon aikaisessa käytössä. Kuvassa 20 on esitetty 22.8.2007 tehdyt mittaukset pumppausaltaasta. Koko pumppauskierron aika oli 8 minuuttia. Itse pumppaus kesti 1 minuutti 45 sekuntia. Kun otetaan huomioon pumpun tilavuusvirta 50 l/s olemassa olevalla nostokorkeudella ja nostokuiluun varastoitunut noin 1 m³ vesimäärä, joka palaa takaisin pumppausaltaaseen, saadaan tulovirtaamaksi pumppausaltaaseen 8,85 l/s.



Kuva 20. Veden pinnankorkeuden mittaukset 22.8.2007 Löytösuolla. Pumppauskierto on ollut noin 8 minuuttia, kun tulovirtaama on ollut 8,85 l/s.



Kuva 21. Vedenpinnankorkeuden mittaukset allastilavuuden lisäämisen jälkeen. Pumppauskierto oli noin 6 tuntia 19 minuuttia tulovirtaaman ollessa 10,38 l/s.

Tuolloin tehtyjen mittausten jälkeen tuottaja saneerasi kokoojaojia ja syvensi niitä sekä poisti virtaamakynnyksiä, jolloin pumppaamon käytettävissä oleva varastotilavuus kasvoi. Kuvassa 21 on esitetty mittaustulokset samasta pumppausaltaasta 18. – 19.9.2007. Huomaa kuvien 19 ja 20 erilaiset aikaskaalat. Koko pumppauskierron aika oli nyt 6 tuntia 21 minuuttia 30 sekuntia. Pelkkä pumppausaika kesti 1 tunti 19 minuuttia ja 30 sekuntia. Tulovirtaamaksi tähän laajennettuun pumppausaltaaseen saadaan 10,38 l/s. Syynä pumppauskierron pitenemiseen on varastotilavuuden kasvu entisestä noin 5,32 m³ varastosta uuteen noin 190 m³ varastotilavuuteen. Entisessä varastosysteemissä pumppaamon käytettävissä oli noin 46, m² suuruinen allas (käynnistysraja-sammutusraja), joka

vastasi suurin piirtein $6,5 \times 6,5 \text{ m}^2$ suuruista allasta. Nykyisessä allassysteemissä pinta-alaa on n. 1635 m^2 , joka vastaa $40 \times 40 \text{ m}^2$ allasta. Tuottaja joutunee harkitsemaan virtaamakynnysten uudelleen perustamista pintavalutuskentän toiminnan turvaamiseksi.

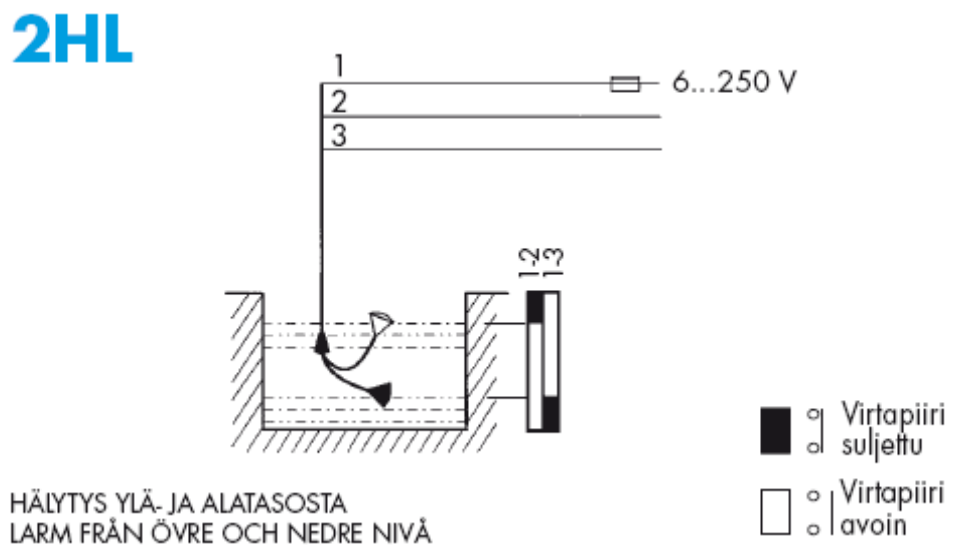
Useat sähköpumppujen valmistajat antavat käynnistystiheydelle ylärajan. Uppopumpuille annetaan, riippuen pumpun valmistajasta ja mallista käynnistysten ylärajoiksi 10 - 25 käynnistystä tunnissa. Varastotilavuudet saavat uppopumpuilla olla todella pienet. Diesel- ja dieselaggregaattipumppaamolle ei ole annettu käynnistystiheys rajoituksia. Dieselmootoreille voidaan kuitenkin käynnistysakun lataukseen perustuen antaa suosituksia, mutta nekin ovat arvioita. Dieselmootorin tulisi käydä kerrallaan vähintään noin 20 min, että akut ehtivät latautua ja moottori lämmetä.

Dieselmootorille esittämäni käyntiajan perusteella voidaan arvioida pumppausaltaan tarvitseman varastotilavuuden. Edellä esitetyn pumpun mitoitus esimerkin mukaan lasketaan varastotilavuuden tarve. Valittiin Mamec PP-6002 pumppu, jolla tuotto oli tässä tapauksessa 71 l/s. Vesitilavuutta tarvitaan 20 minuutin käyntiajalle $71 \text{ l/s} \times 20 \text{ min} \times 60 \text{ s/min} = 85200 \text{ l}$ (85 m³). Käyntirajojen väli on n. 30 cm ja altaan leveyden ollessa 8 m, tulee pituuden olla 35,5 m. Mitat tarkoittavat käytännössä laskeutusallasta.

7 Pumppaamon ohjaus

7.1 Pinnankorkeus ja sen havainnointi

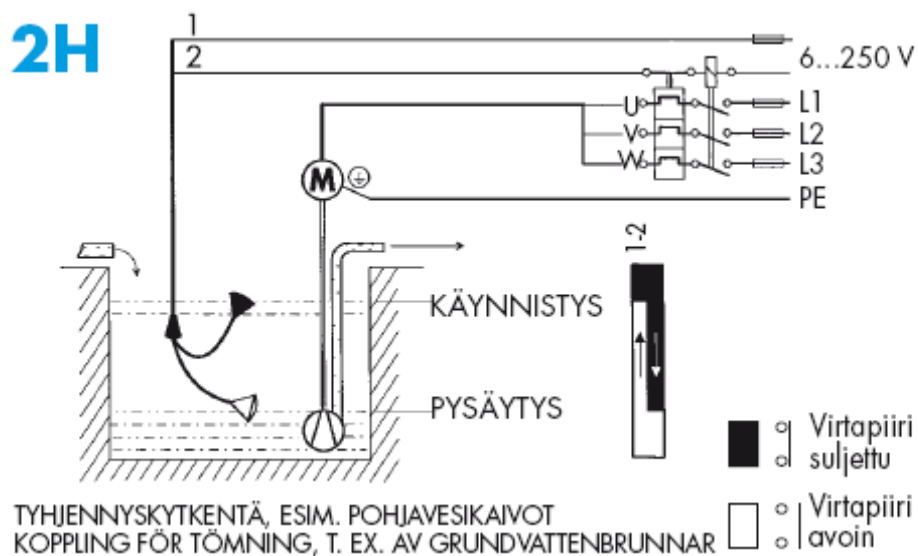
Käyntiautomatiikka tarvitsee tiedon vedenpinnan tasosta. Pääsääntöisesti voidaan käyttää pintakytkintä, niin sanottua pintavippaa.



Kuva 22. Pintakytkin antaa kytkintiedon ylärajasta ja siitä ylöspäin sekä alarajasta ja siitä alaspäin (kuva: Kari-Finn).

Yksinkertaisimmillaan pintakytkin antaa kytkintiedon ylärajasta ja siitä ylöspäin, sekä alarajasta ja siitä alaspäin (kuva 22). Tällöin kytkintieto käsitellään releohjauksella ja pitopiirien avulla jatkuvaksi signaaliksi, joka käynnistää pumpun ja pitää pumpun käynnissä kunnes vedenpinta laskee alarajalle ja pintakytkimeltä tuleva kytkintieto katkaisee pitopiirin ja pumppu pysähtyy.

Pintakytkimen kehittyneemmässä versiossa ei tarvita erillistä pitopiiriä, vaan pintakytkimessä itsessään on pitopiiri. Tällöin vedenpinnan noustessa ylärajalle kytkin sulkeutuu ja pintakytkimessä itsessään oleva pitopiiri pitää kytkintiedon päällä kunnes vedenpinta laskee alarajan alapuolelle, jolloin pintakytkin katkaisee kytkintiedon. Tämän mallinen pintakytkin voi suoraan ohjata pientä sähköpumppua (kuva 23).



Kuva 23. Kehittyneempi pintakytkin jolla voidaan suoraan ohjata pientä sähköpumppua (suorakäynnistys) ja jota voidaan hyödyntää suurempien pumppujen ohjauksessa (kuva: Kari-Finn).

Pintakytkimien (pintavippojen) virrankulutus on vähäistä, eivätkä ne rasita akun kapasiteettia esimerkiksi dieselpumppaamokäytössä. Pintakytkimistä (Kari-Finn) löytyy malleja jotka pumpun ohjauksen lisäksi voivat antaa hälytystiedon esimerkiksi liian alas vajonneesta tai liian korkeasta vedenpinnasta.

Pinnan korkeustieto on mahdollista saada myös painekytkimellä tai paineanturilla. Painekytkin ja – anturi on varsin käyttökelpoinen vaihtoehto ympärivuotisessa pumppauksessa, jossa saattaa olla vaikeuksia sijoittaa pintakytkintä järkevään paikkaan esimerkiksi ympärivuotisessa pumppauksessa. Painekytkin antaa samaan tapaan kuin yksinkertainen pintakytkin, kytkintiedon milloin veden pinta on käynnistysrajalla tai sen yläpuolella ja sammutusrajalla tai sen alapuolella.

Paineanturin käyttö vedenpinnan mittauksessa vaatii jonkin verran elektroniikkaa. Elektroniikka tarkkailee jatkuvasti pinnankorkeutta ja kuluttaa jatkuvasti hieman sähköä toisin kuin pintakytkin. Vastapainoksi, mikäli elektroniikka ja säätötekniikka ovat edistynyttä, saadaan hyvä säädettävyys. Pumpun käynnistys ja sammutusraja voidaan valita lähes mielivaltaisesti ja hyvin lähelle toisiaan. Paineanturin käyttö soveltuu parhaiten sähköpumppaamon yhteyteen. Paineanturi

antaa mahdollisuuden säätää pumppausta esimerkiksi taajuusmuuttajan kanssa tulovirtaaman suhteessa ja on käyttökelpoisempi ympärivuotisessa pumppauksessa kuin pintakytkin.

Pinnankorkeutta voidaan seurata myös vedenpinnan yläpuolelle asetetulla kaikuluotaimella, joka luotaa veden pinnankorkeutta ja ohjaa pintatiedon mukaan pumppaamoja. Kaikuluotainta häiritsee luonnon olosuhteissa kova tuuli.

7.2 Sähköpumppaamon ohjaus ja käynnistimet

Käytännössä sähköpumppaamon ohjauksen suunnittelu annetaan alan asiantuntijoiden tehtäväksi ja asennustyötkin on jätettävä sähköasennusluvut omaavalle taholle.

Sähköpumppaamon ohjaus sekä siihen liittyvä automatiikka löytyy helpoimmin pumpun toimittajan hyllystä. Komponentit ovat yksinkertaisemmillaan tavanomaisia pienjänniteverkossa (230/400 VAC) käytettäviä releitä sekä kontaktoreita ja ne löytyvät alan sähköliikkeistä. Pumppujen toimittajilta löytyy myös edistyneempää ohjausta, joka sisältää mahdollisesti logiikan joka sisältää tavallisesti jonkinlaisen raportoinnin, kuten käyntiajan, käynnistysten lukumäärän tai/ja ilmaisee sähkön (virran) kulutuksen. Komponentit vaativat vesitiiviin sähkökaapin ja niissä voi olla kosteuden poistoa varten lämmitys tai silicageelipussi sitomaan kosteutta. Käytettävät komponentit ovat suunniteltu toimimaan yli 0 asteisessa ympäristössä. Joidenkin komponenttien toiminnalle saattaa pakkanen olla haitallista.

Sähköpumpun ohjaus (sähköverkkokäyttö) vaatii käynnistysreleen/kontaktorin, ja jos pumpun sähköteho on vähänkin suurempi (yli 5 kW), vaatii se tähti/kolmio-käynnistimen, pehmokäynnistimen tai taajuusmuuttajan.

Taulukko 5. Käynnistystapojen vaikutus oikosulkumoottorin käynnistysvirtaan.

Käynnistystapa	Is/In	huomaa
suora käynnistys	6* – 7	Is/In arvo voi olla jopa 9-10 kertainen. Käynnistykseen aivan alussa virtahuippu on 14*In
tähti/kolmio (Y/D)	< 6	**ABB:n mukaan virtahuiput voivat olla pumppauskäytössä suurempia kuin suorassa käynnistyksessä
pehmokäynnistin	n. 4	pienentää paineiskuja sekä käynnistyksessä, että pysäytyksessä
pehmokäynnistin virtarajalla	3,5	saattaa pidentää käynnistysaikaa, pienentää paineiskuja sekä käynnistyksessä, että pysäytyksessä
taajuusmuuttaja	1 (max 1,5)	pienentää paineiskuja sekä käynnistyksessä, että pysäytyksessä.

* Uppopumppujen valmistajat ilmoittavat Is/In suhteen suorakäynnistyksessä jokaiselle pumpulle erikseen ja ne saattavat olla pienempiäkin kuin 6.

** Pehmokäynnistin opas, ABB

Taulukossa 5 on esitetty käynnistystapojen vaikutus esiintyvään käynnistysvirtaan oikosulkumoottoreilla. Käynnistimen tarkoituksena on pehmentää käynnistystä ja

pientää käynnistysvirtapiikkiä, mikä vaikuttaa sähköliittymän sulakekokoon ja sitä kautta sähkön perusmaksuun. Sähköpumppu saattaa suorassa käynnistyksessä ottaa noin seitsemänkertaisen virran nimellisvirtaan verrattuna. Virtapiikin kesto ei ole suorakäynnistyksessä kuin noin 0,1 s.

Suorakäynnistinlaitteisto koostuu pääasiassa pääkontaktorista sekä lämpöreleestä tai elektronisesta ylikuormitusreleestä. Useimmiten kannattaa käyttää myös vikavirtasuojaa. Suorakäynnistystä kannattaa käyttää ainoastaan pienitehoisille (<5 kW) sähköpumpuille.

7.3 Dieselpumppaamon ohjaus

Yleensä kannattaa dieselpumppaamon ohjauksen suunnittelu ja rakentaminen jättää alan asiantuntijoiden tehtäväksi ja asennustyötkin on jätettävä vähintään heikkovirta asennukset omaavalle taholle.

Dieselpumppaamon käyntiautomatiikka (ohjaus) edellyttää dieselmoottorilta sähkökäynnistintä ja automaattista hehikutusta. Lisäksi toiminnan varmistamiseksi ja moottorivaurioiden ehkäisemiseksi tulee moottorinvalvonta toimia käytön aikana:

- öljynpaine, öljynpaineen ollessa normaalikäytön aikana liian alhainen moottori sammutetaan ja hälytysvalo syttyy
- moottorin lämpötila, moottorin ylikuumentuessa moottori sammutetaan ja hälytysvalo syttyy
- latausjännite, mikäli latausjännite ei nouse riittävän korkealle moottori sammutetaan ja hälytysvalo syttyy.

Dieselpumppaamon ohjaus toteutetaan 12V tai 24 V tasavirralla riippuen dieselmoottorin sähköjärjestelmästä. Virta otetaan yleensä suoraan dieselmoottorin käynnistysakusta. Jos akku on pieni tai vanha saattaa sen jännite laskea käynnistyksen yhteydessä niin alas, että releet joita se ohjaa, putoavat pois päältä ja käynnistys keskeytyy. Käynnistyksen yhteydessä akun jännite saattaa laskea noin 13 voltista 9 volttiin riippuen olosuhteista. Pumpun ohjausta varten on joko käytettävä normaalia käynnistysakkua suurempaa käynnistysakkua tai käytettävä rinnan toista akkua, josta pumpun ohjaus saa virtansa. Rinnakkainen akku on eristetty tasasuuntaus diodeilla varsinaisesta käynnistysakusta. Pumppaamon ohjaukseen tarkoitettu akku ei näin purkaudu, eikä jännite laske käynnistyksen yhteydessä. Rinnakkaisella akulla jännite jää hieman pienemmäksi koska diodit laskevat latausjännitettä. Yleensä riittää yksi isompi akku.

Ohjaus rakennetaan ja komponentit sijoitetaan vesitiiviiseen sähkökaappiin, jonne sijoitetaan myös silicageelipussi sitomaan kosteutta. Käynnistys akku (akut) ja varsinainen käynnistysrele kannattaa sijoittaa välittömästi moottorin viereen. Käynnistysvirrat ovat varsin suuria ja pitkät kaapelit aiheuttavat häviöitä. Pumppaamon ohjauskaappi kannattaa sijoittaa riittävän etäälle dieselmoottorin tärinältä suojaan. Vaikka käytettävät komponentit ovat mahdollisesti kulkuneuvoissa käytettäviä, eivät ne kestä pitkään välittömässä yhteydessä moottoriin ja sen tärinään.

7.4 Dieselaggregaattipumppaamo

Dieselaggregaatti ostetaan valmiina pakettina valmistajalta tai maahantuojalta. Dieselaggregaattipumppaamossa on tavallaan oltava ohjaukset sekä moottorin käytölle että pumpun käytölle. Jos dieselaggregaatti on tarkoitettu varavoimakäyttöön, on siihen saatavissa toimittajalta automaattikäynnistin tai kuormastakäynnistysautomaattiikka. Automaattikäynnistin soveltuu pienellä vaivalla pumppaamokäyttöön. Laitetoimittaja voinee räätälöidä kuormastakäynnistysautomaatiikan pumppaamokäyttöön sopivaksi.

Pumpun käynnistämässä voidaan käyttää samoja ohjauksia kuin sähköverkkoon kytketyllä pumpulla. On huomattava, että sähköpumpun on lähdettävä käyntiin hieman viiveellä, sillä aggregaatin on käynnistytävä kunnolla ennen kuin sitä kuormitetaan.

Dieselaggregaatin ohjaukset on yleensä kytkettynä moottoripaketissa olevaan sähkökaappiin jonne voidaan sähköpumpunkin ohjaus asentaa. Dieselaggregaattipumppaamo ja siihen liittyvät ohjaukset kannattaa tilata kokonaispakettina jolloin automaatiikan, aggregaatin ja pumpun yhteensovittaminen on toimittajan vastuulla. Kokonaispaketin voi toimittaa joko pumpun toimittaja tai aggregaatin toimittaja.

8 Pumppaamon hankintakustannukset

Pumppaamon hankintakustannukset riippuvat valitusta energialähteestä, pumppaamon mitoituksesta, käytettävästä pumppaustekniikasta sekä pumppaamorakenteista. Hankintakustannukset tulee tarkastella tapauskohtaisesti, sillä paras käyttökelpoinen ratkaisu riippuu niistä olosuhteista ja reunaehdoista joissa pumppaamon tulisi toimia.

Taulukossa 6 on esitetty esimerkkitapauksessa kolmen erilaisen pumppaamon hankintakulut oletetussa samassa käyttökohteessa. Putkisto ja pumppaamorakenne oletetaan olevan sama, eikä asennuskulujen oleteta poikkeavan toisistaan merkittävästi. Hinnat ovat suuntaa-antavia. Taulukosta 6 nähdään, että Sähköpumppaamossa hankintahintaa kasvattaa huomattavasti 20 kV sähkölinjan rakentaminen. Taulukossa on oletettu linjan pituudeksi 1 km. Itse pumppu (uppopumppu) ja ohjaus maksavat yhteensä noin 6 000 €. Dieselpumppaamo dieselmoottorilla ja akselipumpulla tai roottoripumpulla maksaisi noin 22 000 €, ohjaus 2 000 €. Dieselaggregaattipumppaamon hinta koostuu dieselaggregaatista sekä sähköpumpusta (sama pumppu kuin sähköpumppaamossa) yhteensä 16 000 €. Ohjaus, joka koostuu sekä dieselmoottorin, että sähköpumpun ohjauksesta maksaisi noin 3 000 €. Lisäksi diesel- ja dieselaggregaattipumppaamot tarvitsevat kaksoisvaipalla varustetun polttoainesäiliön ja erillisen polttoainepumpun, noin 1500 €.

Yhteensä sähköpumppaamon hankintahinnaksi tulisi noin 31 000 €, dieselpumppaamon 25 500 € ja dieselaggregaattipumppaamon 20 500 €. Lisäksi kaikkia vaihtoehtoja rasittaa myös putkiston (sisäinen putkisto ja purkuputkisto) hankintakustannus 3 650 € ja pumppaamorakenne, joka tässä tapauksessa voisi olla pumppauskaivo, hinnaltaan noin 3 000 €. Työn osuudeksi on arvioitu noin 1500 €.

Taulukko 6. Pumppaamon arvioidut hankintakulut, kun valuma-alue on noin 50 ha, mitoitusvaluma on 130 l/s/km² ja kokonaisnostokorkeus on 5 metriä.

	Sähkö-pumppaamo	Diesel-pumppaamo	Aggregaattipumppaamo
Valuma-alue, ha	50	50	50
Mitoitusvirtaama, l/s	65	65	65
Kokonaisnostokorkeus, m	5	5	5
Pumppaamon hankintakulut:			
pumppu ja moottori	4 000	22 000	4 000
ohjaus + muut sähkötyöt	2 000	2 000	3 000
sähköliittymä (sis. linja 1 km + muuntamo n. 8 000 €)	25 000		
dieselaggregaatti			12 000
polttoainesäiliö 1 500 litraa + pa.pumppu		1 500	1 500
Yhteensä, euroa	31 000	25 500	20 500
Putkisto:			
sis. putkisto 150 mm (3,5 m) + varusteet	600	600	600
purkuputkisto (32 m) 300 mm (polyeteeni)	3 050	3 050	3 050
Yhteensä, euroa	3650	3650	3650
Pumppaamorakenne:			
pumppauskaivo	3 000	3 000	3 000
Työ	1500	1500	1500
Kokonaisuus yhteensä, euroa	39 150	33 650	28 650

Taulukon laskelmat ovat suuntaa-antavia ja todellinen pumppaamon hinta voi poiketa huomattavastikin taulukossa esitetystä. Esimerkiksi sähkölinjan vetämiseen on muitakin vaihtoehtoja, esimerkiksi maakaapeli 1 kV:n linjana tai linjan veto toteutetaan sekä 20 kV:n että pienjännitelinjana, jolloin kustannus pienenee ja pienjännitelinja voidaan vetää maakaapelina omana työnä. Verkkoyhtiön kanssa kannattaa neuvotella eri mahdollisuuksista eikä tyytyä yhteen tarjoukseen. Dieselaggregaattipumppaamo on taulukossa lasketusta edullisin. Edullisuus juontaa aggregaattien massavalmistuksesta ja kovasta kilpailusta aggregaattimarkkinoilla. Dieselpumppaamoiden kysyntä on kokonaisuudessaan varsin rajoitettua ja Suomessakin ne pääsääntöisesti tehdään konepajoilla tilauksesta.

9 Lähdeluettelo

ABS. 2007. www.absgroup.fi/fi/?iRegionId=40. Luettu 13.11.2007.

Bentrex. 2007. www.bentrex.fi/pdf/RPohje.pdf. Luettu 13.11.2007.

Flygt. 2007. www.flygt.fi/1482243.pdf. Luettu 13.11.2007.

Grundfos. 2007a. www.grundfos.com/web/grfosweb.nsf, valitse **s-range**.
net.grundfos.com/doc/webnet/ssa/int/default.htm. Luettu 13.11.2007

Grundfos. 2007b.

[www.grundfos.com/web/homefi.nsf/ad40134eb90502a6c1256ac400234192/01e22e20f8e05913c1256fea003a0e65/\\$FILE/S-%20pumput.pdf](http://www.grundfos.com/web/homefi.nsf/ad40134eb90502a6c1256ac400234192/01e22e20f8e05913c1256fea003a0e65/$FILE/S-%20pumput.pdf). Luettu 13.3.2007

Hollolan sähköautomaatiikka Oy. 2007.

www.hsaoy.com/aggregaatit/poweri/index.htm. Luettu 13.11.2007.

Jantunen, M. 2004. Sellutehtaan varavoimajärjestelmän mitoitus ja teknistaloudellinen vertailu 400 ja 690 voltin jännitteillä. Lappeenrannan Teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Jurop. 2007. www.jurop.it/ita2/documentitecnici.asp. Luettu 13.3.2007.

Klöve, B. 2000. Turvetuotantoalueen vesistökuormituksen synty: Virtaaman säädön käyttö ja soveltaminen vesiensuojeluun. Norwegian Centre for Soil and Environmental Research, Jordforsk 64/2000.

Mamec Oy. 2007. www.mamec.fi/. Luettu 13.3.2007.

Sarlin. 1987. Pumppaamoiden suunnittelu ja valintaopas. Helsinki.

Savolainen M., Heikkinen K. ja Ihme R. 1996. Turvetuotannon vesiensuojeluohjeisto, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Ympäristöopas 6. Oulu 1996.

Sulzer pumps. 2007.

www.sulzerpumps.com/Portaldata/9/Resources/brochures/ppi/single/Ahlstar_pp_E00545.pdf. Luettu 13.11.2007.

Vattenfall 2007.

www.vattenfall.fi/www/vf_fi/vf_fi/Gemeinsame_Inhalte/DOCUMENT/196002vatt/645362verk/P0273258.pdf. Luettu 13.11.2007.

Vesihallitus. 1986. Maankuivatuksen suunnittelu, Vesihallituksen tiedotus 278.

Vesi- ja ympäristöhallitus. 1992. Vesistökuormituksen vähentäminen peltojen peruskuivatuksessa. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 406.

Vogelsang. 2007. www.vogelsang-gmbh.com/en/Products/Pumps/Product+information-p-13256.html. Luettu 13.11.2007

Wihuri Oy Autola. 2007. autola.wihuri.fi/pdf/07-08_aggregaatit.pdf. Luettu 13.3.2007.

Wirzenius, A. 1978. Keskipakopumput. Tampere 1978.

Virtaaman mittaaminen mittapadolla

Tässä esitetään lainaten ja lyhentäen soveltuvin osin vesihallituksen julkaisua no.47: Hydrologiset havainto- ja mittausmenetelmät, 1984.

Turvetuotantoalueiden valumia ja virtaamia seurataan pääsääntöisesti käyttäen mittapatoa. Mittapato on levy, jossa on kärjellään olevan kolmion muotoinen virtausaukko. Virtaama saadaan veden korkeudesta mittapadon aukolla, joko laskien kaavan avulla, käyrästä tai taulukosta valmiiksi laskettuna.

Mittapadon rakentamisessa tulee noudattaa seuraavia peruseriaatteita:

- Padossa on kaikissa oloissa vallittava vapaa ylisyoisy; käytännössä patoaukon alimman kohdan (kolmion kärjen) tulee olla vähintään 20 - 30 cm alapuolisen uoman pohjaa tai veden pintaa ylempänä silloinkin kun alapuolisen uoman veden pinta on tulvatilanteen takia ylhäällä.
- Virtauksen lähestymisnopeuden ennen patoaukkoa tulee olla pieni, alle 30 cm/s, jolloin patoaltaan poikkileikkaus on oltava riittävän leveä ja korkea.
- Patolevyn seinämien on ulotuttava riittävän syvälle ja leveälle patoluiskien sisään, jotta vesi ei pääse syövyttämään reittiä rakenteiden ulkopuolelta. turvetuotannossa käytetään yleisesti niin sanottua patolaatikkoa joka on tehty rumpuputkesta ja siihen hitsatusta laatikosta jonka etuseinänä on patolevy.
- Veden korkeus mittapadon aukolta mitataan mittapadosta noin 1,5 metrin etäisyydeltä mittapadosta. Veden pinnankorkeus aukossa ja sen välittömässä läheisyydessä on pienempi kuin etäämmällä ja aiheuttaa aukon tuntumasta mitattuna virhettä.

Kolmiopadon virtaama voidaan laskea kaavalla (1):

$$Q = \mu \frac{8}{1500} \sqrt{2g} \tan \alpha \sqrt{H^5} \quad (1)$$

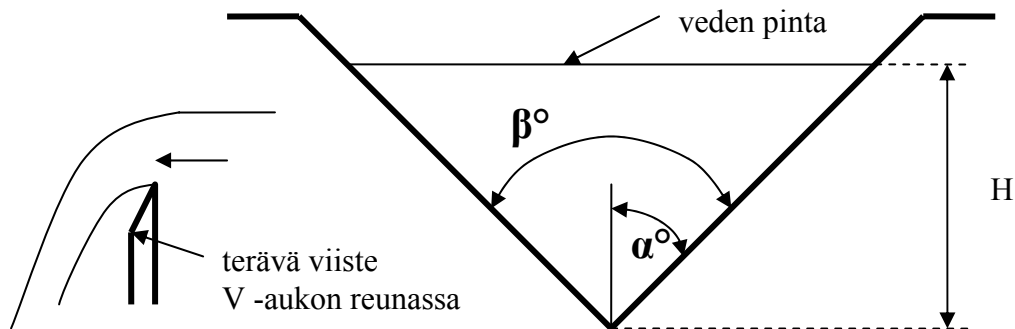
jossa:

Q = virtaama [l/s],

H = veden korkeus mittapadon kärjestä [cm],

α = mittapadon kärkikulma (kuva 1.)

μ = purkautumiskerroin joka riippuu veden korkeudesta H



Kuva 1. Kolmiopadon periaatekuva. Kuvan pato niin sanottu Thomsonin mittapato, jossa kulma β (beeta) = 90° ja laskennassa käytetään kulmaa α (alfa) joka on $\alpha = \beta/2$, eli 45° .

Kaavasta (1) saadaan 90-asteiselle (kärkikulma on suorakulma) mittapadolle, eli Thomsonin padolle seuraava kaava (2).

$$Q = \mu 0,0236 \sqrt{H^5} \quad (2)$$

jossa:

$$\mu = \text{purkautumiskerroin} = 0,585 - 0,62$$

Taulukossa 1 on esitetty suorakulmaisen, eli Thomsonin padon purkautumistaulukko. Taulukossa purkautumiskerroin $\mu = 0,63 \rightarrow 0,60$, kun $H = 1 \rightarrow 7$ cm ja $\mu = 0,60$ kun $H > 7$ cm. Käytännössä vedenpinnan korkeutta seurataan mittapadon yläpuolella olevasta mitta-asteikosta jonka 0-kohta on virtaamakynnyksen korkeudella. Jatkuvassa seurannassa vedenkorkeutta mitataan paineanturilla ja siihen liitettyllä tiedonkeruu laitteella (loggerilla). Markkinoilta löytyy useita tarkoitukseen sopivia laitteita.

Taulukko1. Suorakulmaisen, eli Thomsonin mittapadon purkautumistaulukko.

H cm	Q l/s	H cm	Q l/s	H cm	Q l/s	H cm	Q l/s
1	0,015	21	28,6	41	152	61	412
2	0,084	22	32,1	42	162	62	429
3	0,228	23	35,9	43	172	63	446
4	0,463	24	40,0	44	182	64	464
5	0,803	25	44,3	45	192	65	482
6	1,26	26	48,8	46	203	66	501
7	1,84	27	53,6	47	214	67	520
8	2,56	28	58,7	48	226	68	540
9	3,44	29	64,1	49	238	69	560
10	4,48	30	69,8	50	250	70	581
11	5,68	31	75,8	51	263	71	601
12	7,06	32	82,0	52	276	72	623
13	8,63	33	88,6	53	290	73	645
14	10,4	34	95,4	54	303	74	667
15	12,3	35	103	55	318	75	690
16	14,5	36	110	56	332	76	713
17	16,9	37	118	57	347	77	737
18	19,5	38	126	58	363	78	761
19	22,3	39	135	59	379	79	785
20	25,3	40	143	60	395	80	811

PUMPUN MITOITUS

Laskentaesimerkki A

Valuma-alue.	n. 72 ha
Toiminta:	ympärivuotinen, pumpataan yläpuolella vesitilaan.
Mitoitusvaluma:	167 l/s/km ² (1m ³ /min/10ha)
=>mitoitusvirtaama	167 l/s/km ² * 0.72 km ² = 120 l/s

Geodeettinen nostokorkeus:

Ylävesipinta arvio 98.7 m+0,3 m =99 m
 Alavesipinta: Tuotantokentän alin mitattu taso 97.61 m veden pinta tulee olla siitä vähintään metrin alempana , Kaato kentältä 0,1 % matkaa n. 500 m => ylin taso altaalla 97.6m – 1m - 500*0,001= n. 96.1 m. laskeutusaltaille jaetaan vesi jakolaatikon kautta tai muulla vastaavalla menetelmällä => altailla veden pinta on jakolaatikon etupuolta alempana n. 0,3 m ja pumpun pysäytysraja on tästä 0,3m alempana. Pysäytystaso on 95.5 m

Geodeettinen nostokorkeus on siis 99m -95.5 m = 3,5 m

Pumppaus tapahtuu kahden laskeutusaltaan yhteisestä pumppauskaivosta joka eristetään ja varustetaan talvikäyttöä varten. Pumppauksen energianlähteenä käytetään sähköverkkoa. Vesi pumpataan yläpuoliseen veden siirtokanavaan, joka jatkuu pintavalutuskentällä jako-
 ojana. Putken pää on vedenpinnan alapuolella noin 1 m.

Paikallisvastusnomogrammista kyseeseen tulevat putkikoot:

Virtausnopeudet		putkikoko
Sallittavat	suositeltavat	Sisähalkaisija, mm
- 0,7 m/s	=>	n. 470 mm
	-0,8 m/s =>	n. 440 mm
	Suositeltavat putkikoot näiden väliin	
	-1,5 m/s =>	n. 240 mm
- 2,5 m/s	=>	n. 185 mm

Putkiston materiaali:

- Sisäinen putkisto: Teräsputki, karheuskerroin vanhalla putkella k =1,0, pituus mutkat mukaan luettuna 3,5 m
- Purkuputkisto: paineenkestävää muoviputkea (PEHD, PELD tai PVC) karheuskerroin vanhalla putkella k= 0,25, putken pituus 20 m.

Lasketaan paikallisvastukset **sisäisessä putkistossa:**

Paikallisvastukset	Paikallisvastuskerroin ζ
2*90 asteen mutkaa R=1,5D	= 0,6
takaskuventtiili	= 0,9
Luistiventtiili	= 0,2
laajennuskartio	= 0,18
Yhteensä ζ	= 1,88 , eli noin <u>2,0</u>

Lasketaan paikallisvastukset **purkuputkistossa:**

Paikallisvastukset	Paikallisvastuskerroin ζ
Ulosvirtaus vedenpinnan alapuolelle	= 1,0
Yhteensä ζ	= <u>1,0</u>

Lasketaan virtausvastusnomogrammista ensiksi sisäisenputkiston (250 mm) putkistohäviöt ja sen jälkeen purkuputkiston 300 ja 400 mm putkille. Tutkittavat virtaamat vastaavasti 0, 80, 120, 160 l/s

Taulukko 1. Putkiston häviölaskelmataulukko. Sisäisen putkiston häviöiden laskenta kun putki on teräsputkea ja se on varustettu edellä mainituilla varusteilla.

POISTOPUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm	250 mm		
TILAVUUSVIRTA, l/s	80	120	160
POISTOPUTKEN VIRTAUSVASTUS, m/100m	1,6	4,5	6,5
POISTOPUTKEN PITUUSKERROIN	0,035	0,035	0,035
POISTOPUTKEN VIRTAUSHÄVIÖ, m	0,06	0,16	0,23
POISTOPUTKEN PAIKALLISVASTUS, m	0,325	0,6	1,1
POISTOPUTKEN HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0,39	0,76	1,33
SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0,39	0,76	1,33
PUTKISTON KOKONAISHÄVIÖT, m			
GEODEETTINEN NOSTOKORKEUS, m			
KOKONAISNOSTOKORKEUS, m			

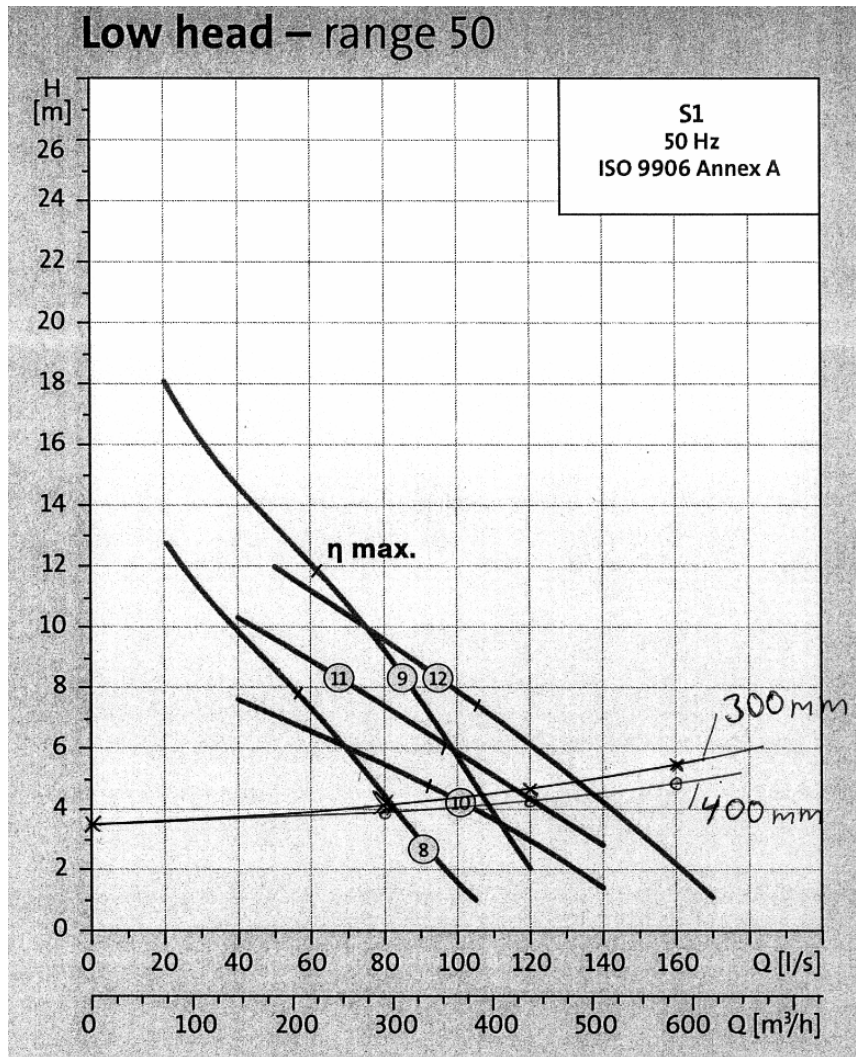
Taulukko 2. Putkiston häviölaskelmataulukko. Putkiston kokonaishäviöt ja kokonaisnostokorkeus kun purkuputkiston sisähalkaisija on n. 300 mm.

POISTOPUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm	300 mm muoviputki			
TILAVUUSVIRTA, l/s	0	80	120	160
POISTOPUTKEN VIRTAAUSVASTUS, m/100m	0	0,43	1,0	1,8
POISTOPUTKEN PITUUSKERROIN	0,2	0,2	0,2	0,2
POISTOPUTKEN VIRTAAUSHÄVIÖ, m	0	0,086	0,2	0,36
POISTOPUTKEN PAIKALLISVASTUS, m	0	0,065	0,15	0,26
POISTOPUTKEN HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0	0,15	0,35	0,62
SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0	0,39	0,76	1,33
PUTKISTON KOKONAISHÄVIÖT, m	0	0,54	1,11	1,95
GEODEETTINEN NOSTOKORKEUS, m	3,5	3,5	3,5	3,5
KOKONAISNOSTOKORKEUS, m	3,5	4,04	4,61	5,45

Taulukko 3. Putkiston häviölaskelmataulukko. Putkiston kokonaishäviöt ja kokonaisnostokorkeus kun purkuputkiston sisähalkaisija on n. 400 mm.

POISTOPUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm	400 mm muoviputki			
TILAVUUSVIRTA, l/s	0	80	120	160
POISTOPUTKEN VIRTAAUSVASTUS, m/100m	0	0,095	0,22	0,43
POISTOPUTKEN PITUUSKERROIN	0,2	0,2	0,2	0,2
POISTOPUTKEN VIRTAAUSHÄVIÖ, m	0	0,02	0,044	0,086
POISTOPUTKEN PAIKALLISVASTUS, m	0	0,02	0,045	0,085
POISTOPUTKEN HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0	0,04	0,09	0,17
SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0	0,39	0,76	1,33
PUTKISTON KOKONAISHÄVIÖT, m	0	0,43	0,85	1,5
GEODEETTINEN NOSTOKORKEUS, m	3,5	3,5	3,5	3,5
KOKONAISNOSTOKORKEUS, m	3,5	3,93	4,35	5


Sijoitetaan käyrät Grundfossin sopivaksi katsottujen pumppujen esivalintakäyrästään (kuva 1). Kuvasta nähdään, että 300 ja 400 mm putkien häviökäyrillä ei ole suurta eroa. Kuvasta nähdään, että pumppu numerolla 11 on lähinnä haluttua pumppaamon tuottoa 120 l/s. Numerolla 11 esitetty pumppukäyrä on Grundfossin pumppu tyypiltään S1-104-AE. Kyseinen pumppu painaa noin 220 kg ja sen nimellisteho on 10 kW. Pumpun ottama nimellisvirta on 22,5 A ja suorassa käynnistyksessä virtapiikki on 6,6 kertainen nimellisvirtaan nähden.

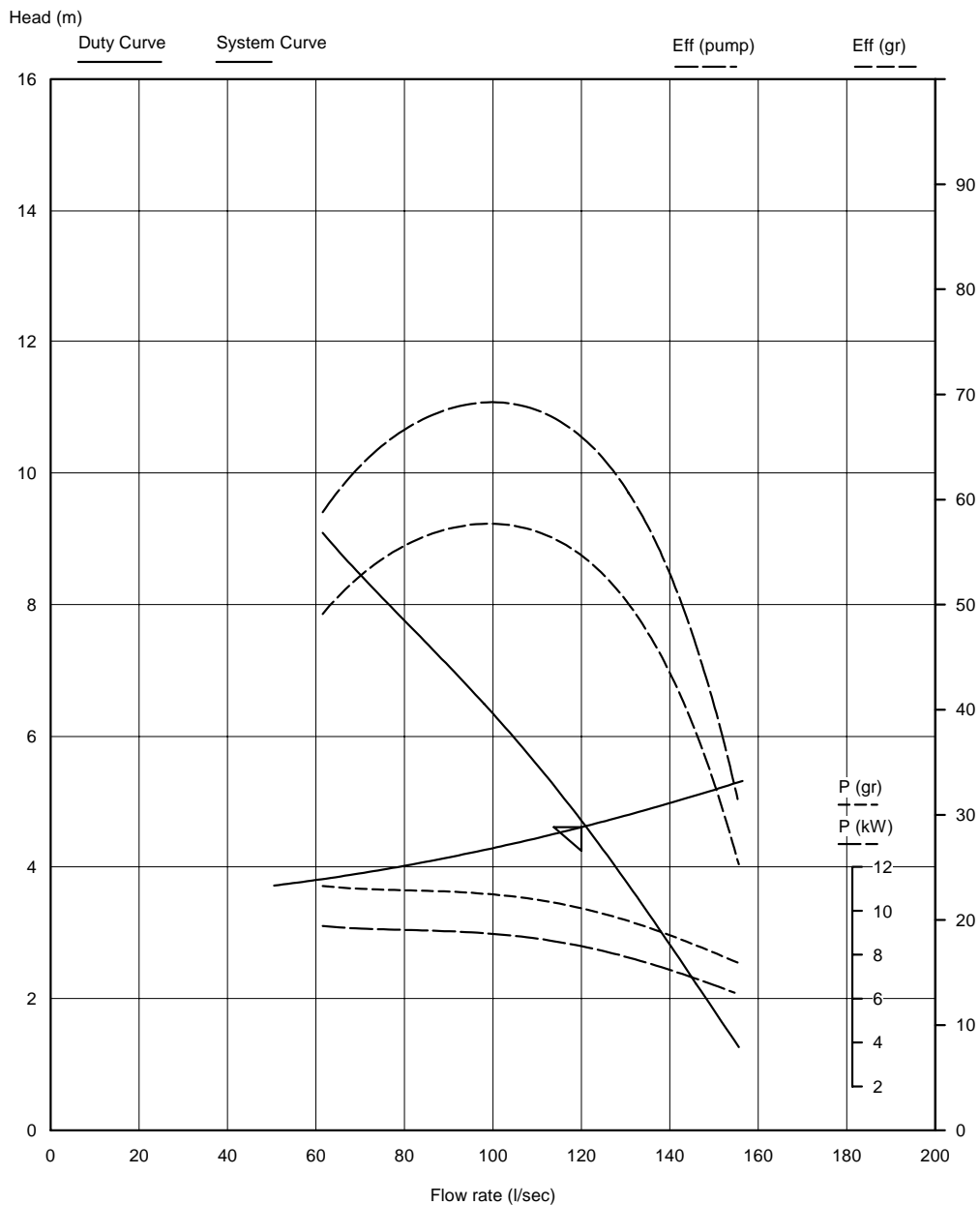


Kuva 1. Sisähalkaisijaltaan 300 ja 400 mm putkistojen häviölaskelmataulukoista saadut putkistokäyrät on piirretty Grundfossin tuoteryhmän 50 esivalintakäyrästään. Kuvassa pumpulla 11 toimintapiste on halutun tuoton kohdalla molemmilla putkistoilla.


Kuvassa 2 on tarkasteltu tarkemmin Grundfossin SmartPump putkiston, pumpun mitoitus- ja valintaohjelmalla pumpun soveltuvuutta tarkoitukseen. Kuvassa on pumpukäyrät sekä muut ominaisuuksikäyrät ja kuvassa on myös sisähalkaisijaltaan 300 mm putkiston (sisältää sisäisenputkiston) putkistohäviökäyrä. Toimintapisteessä tilavuusvirta on 120 l/s (mikä oli haluttu) ja kokonaisnostokorkeus 4,61 m. Toimintapisteessä pumpu toimii kohtuullisen hyvällä kokonaishyötysuhteella 54,7 %. Tehoa pumpu ottaa toimintapisteessä 9,9 kW.

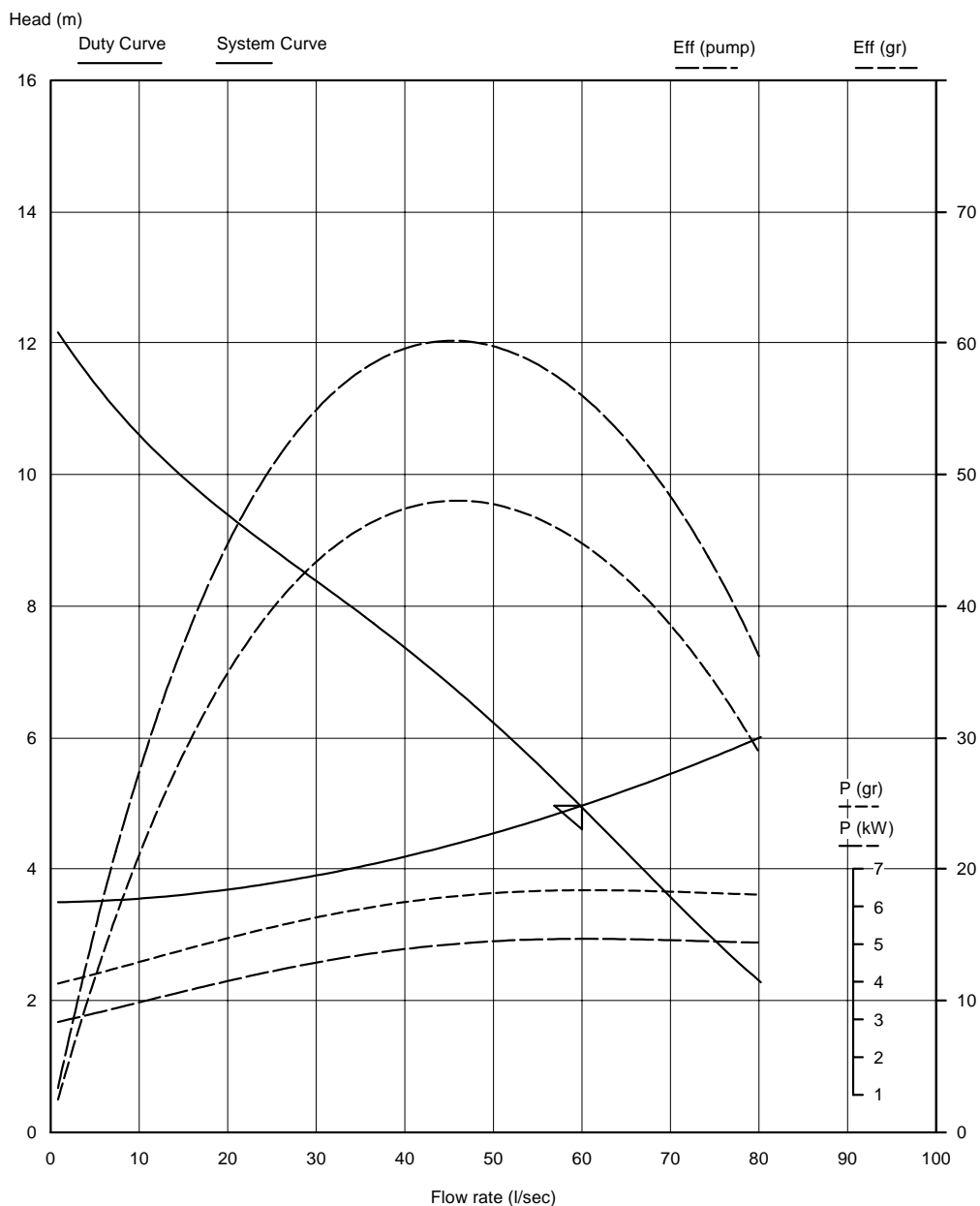
Pumppu ottaa kohtuullisen paljon virtaa ja sen käynnistys, vaikka käytetään tähti/kolmio käynnistystä, ottaa varsin suuren virtapiikin mikä vaatii ison sulakekoon. Turvetuottaja otettuaan yhteyttä Grundfossiin ja neuvoteltuaan edustajan kanssa päätyivät kahden samankokoisen, mutta pienemmän pumpun valintaan. Tässä ratkaisussa pumput voivat käydä pienellä tulovirtaamalla vuorotellen ja suuren tulovirtaaman tilanteessa, kun tarvitaan suurempaa tuottoa, käynnistyvät molemmat pumput mutta hieman eriaikaisesti. Kahden pienemmän pumpun eriaikainen käynnistyminen ei tuota niin suurta käynnistysvirtapiikkiä kuin yhden ison pumpun. Kuvassa 3 on esitetty valitun pumpun pumpukäyrä sekä putkistohäviökäyrä. Huomaa, pumppuja on kaksi ja kummallakin on oma putkistonsa aina pintavalutuskentän jako-ojaan saakka.

	S1-104-AE1		Curve no:	945330
	Project Re [redacted]		Pn	10 kW
			Nn	1456 1/min
REQUIRED DUTY		PUMP DUTY POINT DATA		P (pump) 8.22 kW
Flow	120 l/sec	Flow	120 l/sec	Eff (pump) 66.0 %
Head	4.61 m	Head	4.61 m	P (gr) 9.9 kW
		Energy	23.0 kWh/1000m3	Eff (gr) 54.7 %



Kuva 2. Grundfossin S1-104-AE1 pumppu ja ominaisuuskäyrät sekä 300 mm putkiston häviökäyrä.

	S1-054-CM1		Curve no:	945253	
	Project Re [redacted]		Pn	5.5 kW	
	REQUIRED DUTY POINT DATA		Nn	1463 1/min	
Flow	60 l/sec	Flow	60 l/sec	P (pump)	5.22 kW
Head	4.97 m	Head	4.97 m	Eff (pump)	56.0 %
		Energy	30.2 kWh/1000m3	P (gr)	6.52 kW
				Eff (gr)	44.8 %



Kuva 3. Pumppauskohteeseen valitun pumpun pumppu- ja ominaisuuskäyrä sekä putkistohäviökäyrä. Toimintapisteessä pumpun tuotto on 60 l/s, eli kahdella pumpulla 120 l/s. Kokonaisnostokorkeus on 4,97 m. Pumpun ottama teho toimintapisteessä 6,52 kW ja kokonaishyötysuhde kohtuullisen hyvällä alueella 44,8 %.

PUMPUN MITOITUS

Laskentaesimerkki B

Valuma-alue:	yhteensä 40 ha (=0,40 km ²)
Toiminta:	tuotannonaikainen pumppaus (sulanmaan aikaan)
Mitoitusvaluma:	<u>120 l/s/km²</u> (alueella ei esiinny lähteitä ja pumppaus tapahtuu pintavalutuskentälle jonne tulee saada tasainen kuormitus, pumppaus tapahtuu tuotantokaudella, eli sulan maan aikana.)
Mitoitusvirtaama:	0,40 km ² *120 l/s/km ² = 48 l/s => <u>noin 50 l/s</u>
Nostokorkeus:	3,5 m
Putkiston pituus:	35 m, joko 3,5 m sisäinen putkisto ja 31,5 m purkuputkisto

Pumppaamon energialähteenä sähköverkko ei tule kyseeseen. Etäisyys lähimpään jakelu muuntajaan tai 20 kV sähkölinjaan on ylivoimaisen pitkä. Kyseeseen tulee vain dieselpumppaamo tai dieselaggregaatti pumppaamo.

Pumppaamorakenteena käytetään pumppaussiltaa, -laituria tai -lauttaa. Putkisto 3,5 m paineen kestävä kumiputkea ja loput 31,5 m paineen kestävä muoviputkea.

Paikallisvastusnomogrammista katsotaan kyseeseen tulevat putkikoot

Virtausnopeudet		putkikoko (sisähalkaisija)
sallittavat	suositeltavat	sisähalkaisija mm
- 0,7 m/s	=>	n. 300 mm
	- 0,8 m/s =>	n. 280 mm
	- suositeltavat putkikoot näitten väliin	
	- 1,5 m/s =>	n. 200 mm
- 2,5 m/s	=>	n. 160 mm

Valitaan tarkasteltavat purkuputken putkikoot (sisähalkaisija): 200, 250 ja 280 mm. Purkuputkiston materiaalina käytetään muovia ja sen karheuskertoimen $k = 0,25$ (vanha putkisto). Sisäisen putkiston putkikokona tarkastellaan 150 mm. Sisäinen putkisto on pääasiassa paineen kestävä kumiputkea (letkua) jonka karheuskertoimen $k = 1,0$ (vanha putki).

Arvioidaan paikallisvastukset :

Sisäinen putkisto (kumiputki eri halkaisijalla)	
varusteet	ζ (paikallisvastuskerroin)
1 kpl * letkukytin	2
1 kpl * 90° mutka	0,3
1 kpl * kartiolaajennus	<u>0,18</u>
Yhteensä ζ noin	2,5
Purkuputkisto	
varusteet	ζ (paikallisvastuskerroin)
2 kpl * 45° mutka ($\zeta=0,07$)	<u>0,14</u>
Yhteensä ζ noin	0,2

Tutkitaan virtausvastusnomogrammista virtausvastukset ja paikallisvastusnomogrammista paikallisvastukset. Tulokset on esitetty taulukoissa 1, 2, 3 ja 4.

Taulukko 1. Putkiston häviölaskelmataulukko. Sisäisen putkiston häviöiden laskenta kun putki on paineen kestävä kumiputki ja se on varustettu 90 asteen mutkalla sekä laajennuskartiolla.

POISTOPUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm	150 mm, kumiputki			
TILAVUUSVIRTA, l/s		34	50	65
POISTOPUTKEN VIRTAUSVASTUS, m/100m		4,25	9	16
POISTOPUTKEN PITUUSKERROIN		0,035	0,035	0,035
POISTOPUTKEN VIRTAUSHÄVIÖ, m		0,15	0,32	0,56
POISTOPUTKEN PAIKALLISVASTUS, m		0,45	1,0	1,6
POISTOPUTKEN HÄVIÖT YHTEENSÄ, m		0,6	1.32	2,16
SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m		0,6	1.32	2,16
PUTKISTON KOKONAISHÄVIÖT, m				
GEODEETTINEN NOSTOKORKEUS, m				
KOKONAISNOSTOKORKEUS, m				

Taulukko 2. Putkiston häviölaskelmataulukko. Putkiston kokonaishäviöt ja kokonaisnostokorkeus kun purkuputkiston sisähalkaisija on n. 200 mm.

POISTOPUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm	200 mm			
TILAVUUSVIRTA, l/s	0	34	50	65
POISTOPUTKEN VIRTAUSVASTUS, m/100m	0	0,7	1,35	2,4
POISTOPUTKEN PITUUSKERROIN	0,315	0,315	0,315	0,315
POISTOPUTKEN VIRTAUSHÄVIÖ, m	0	0,22	0,43	0,76
POISTOPUTKEN PAIKALLISVASTUS, m	0	~0	0,02	0,035
POISTOPUTKEN HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0	0,23	0,45	0,8
SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0	0,6	1,32	2,16
PUTKISTON KOKONAISHÄVIÖT, m	0	0,83	1,77	2,96
GEODEETTINEN NOSTOKORKEUS, m	3,5	3,5	3,5	3,5
KOKONAISNOSTOKORKEUS, m	3,5	4,33	5,27	6,46

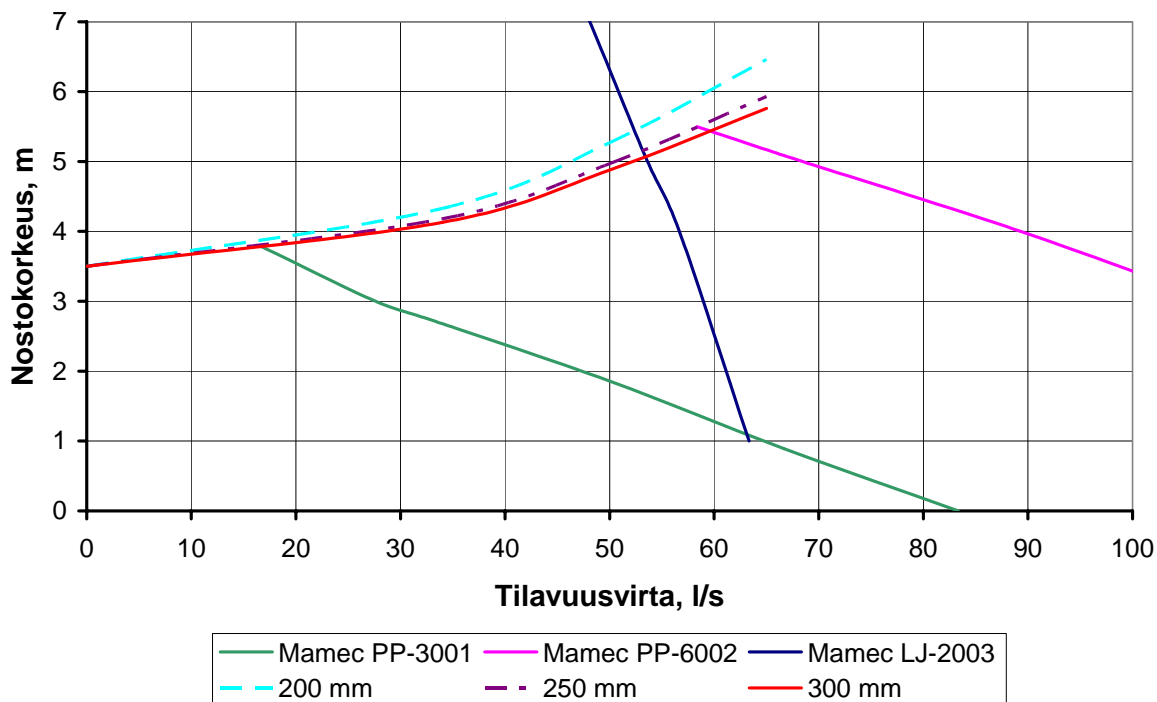
Taulukko 3. Putkiston häviölaskelmataulukko. Putkiston kokonaishäviöt ja kokonaisnostokorkeus kun purkuputkiston sisähalkaisija on n. 250 mm.

POISTOPUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm	250 mm			
TILAVUUSVIRTA, l/s	0	34	50	65
POISTOPUTKEN VIRTAUSVASTUS, m/100m	0	0,22	0,45	0,8
POISTOPUTKEN PITUUSKERROIN	0,315	0,315	0,315	0,315
POISTOPUTKEN VIRTAUSHÄVIÖ, m	0	0,07	0,14	0,25
POISTOPUTKEN PAIKALLISVASTUS, m	0	~0	0,01	0,018
POISTOPUTKEN HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0	0,08	0,15	0,27
SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0	0,6	1,32	2,16
PUTKISTON KOKONAISHÄVIÖT, m	0	0,68	1,47	2,43
GEODEETTINEN NOSTOKORKEUS, m	3,5	3,5	3,5	3,5
KOKONAISNOSTOKORKEUS, m	3,5	4,18	4,97	5,93

Taulukko 4. Putkiston häviölaskelmataulukko. Putkiston kokonaishäviöt ja kokonaisnostokorkeus kun purkuputkiston sisähalkaisija on n. 300 mm.

POISTOPUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm	300 mm			
TILAVUUSVIRTA, l/s	0	34	50	65
POISTOPUTKEN VIRTAUSVASTUS, m/100m	0	0,085	0,18	0,3
POISTOPUTKEN PITUUSKERROIN	0,315	0,315	0,315	0,315
POISTOPUTKEN VIRTAUSHÄVIÖ, m	0	0,03	0,06	0,095
POISTOPUTKEN PAIKALLISVASTUS, m	0	~0	~0	~0
POISTOPUTKEN HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0	0,03	0,06	0,10
SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m	0	0,6	1,32	2,16
PUTKISTON KOKONAISHÄVIÖT, m	0	0,63	1,38	2,26
GEODEETTINEN NOSTOKORKEUS, m	3,5	3,5	3,5	3,5
KOKONAISNOSTOKORKEUS, m	3,5	4,13	4,88	5,76

Putkiston häviölaskelma taulukot on piirretty kuvassa 1 samaan kuvaan Mamec:in pengerpumppujen sekä Mamec:in lietepumpun pumppukäyrien kanssa. (kaikki akselipumppuja. Kuvasta nähdään, etteivät mahdollisesti kyseeseen tulevien potkuripumppujen tuottokäyrät osu yhteen putkistokäyrien kanssa halutussa toimintapisteessä. Sen sijaan Mamec:n lietepumppu LJ 2003 osuu hyvin lähelle haluttua tuottoa. Toimintapiste 200 mm sisähalkaisijan omaavalla putkistolla (sisältää sisäisen putkiston) ja LJ 2003 pumpulla on noin 53 l/s kokonaisnostokorkeuden ollessa noin 5,5 metriä. Lietepumpun kierrosnopeus on noin 1450 1/min ja se toimitetaan joko 7,5 kW sähkömoottorilla tai ilman sähkömoottoria. Toimitetaan asiakkaan määrittelemän akselinpituuden mukaan.

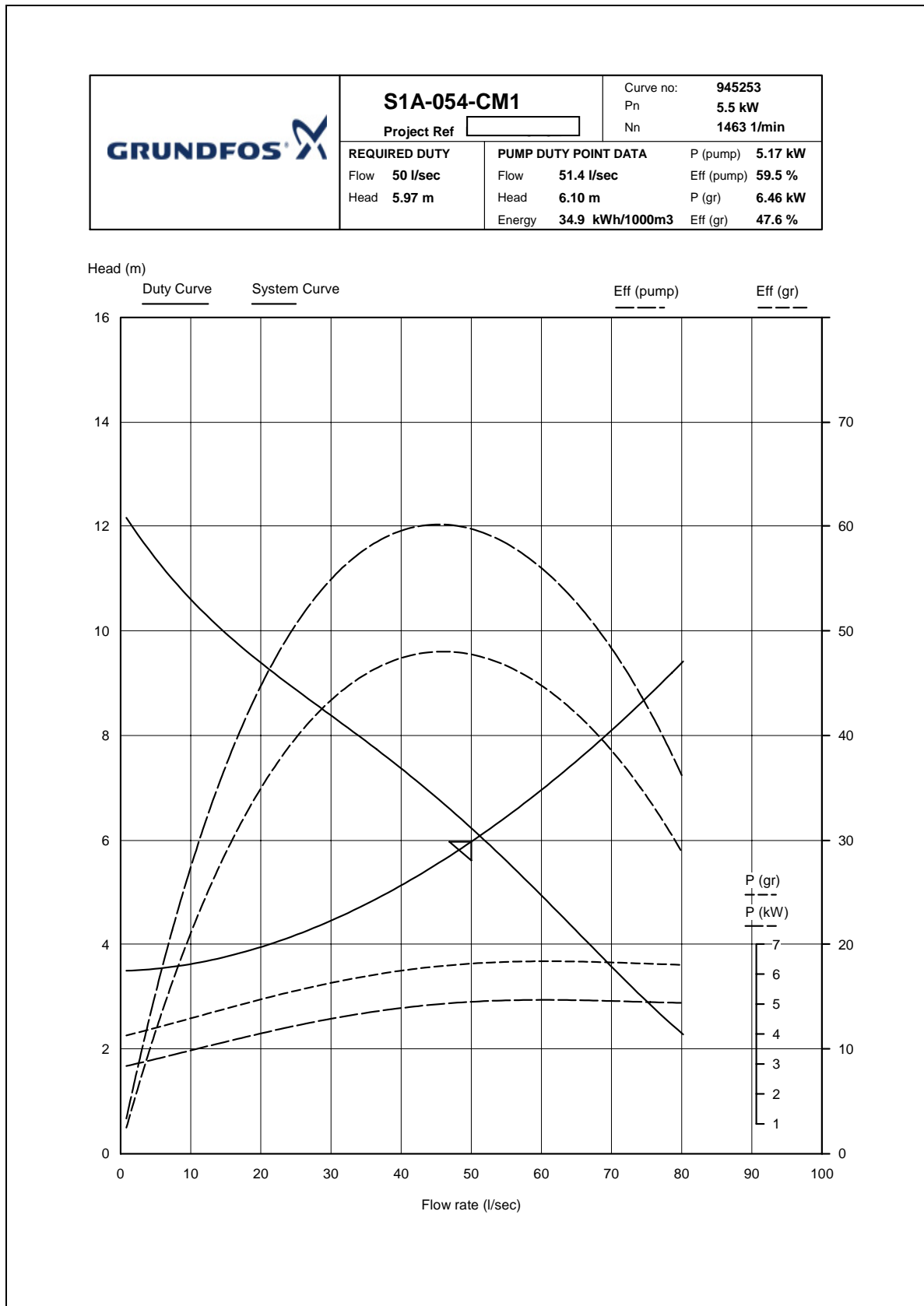


Kuva 1. Sisähalkaisijaltaan 200, 250 ja 300 mm putkistojen häviölaskelmataulukoista saadut putkistokäyrät on piirretty samaan kuvaan Mamec:n pengerpumppujen (PP-3001 ja PP-6002) sekä Mamecin lietepumpun (LJ-2003) pumppukäyrien kanssa.

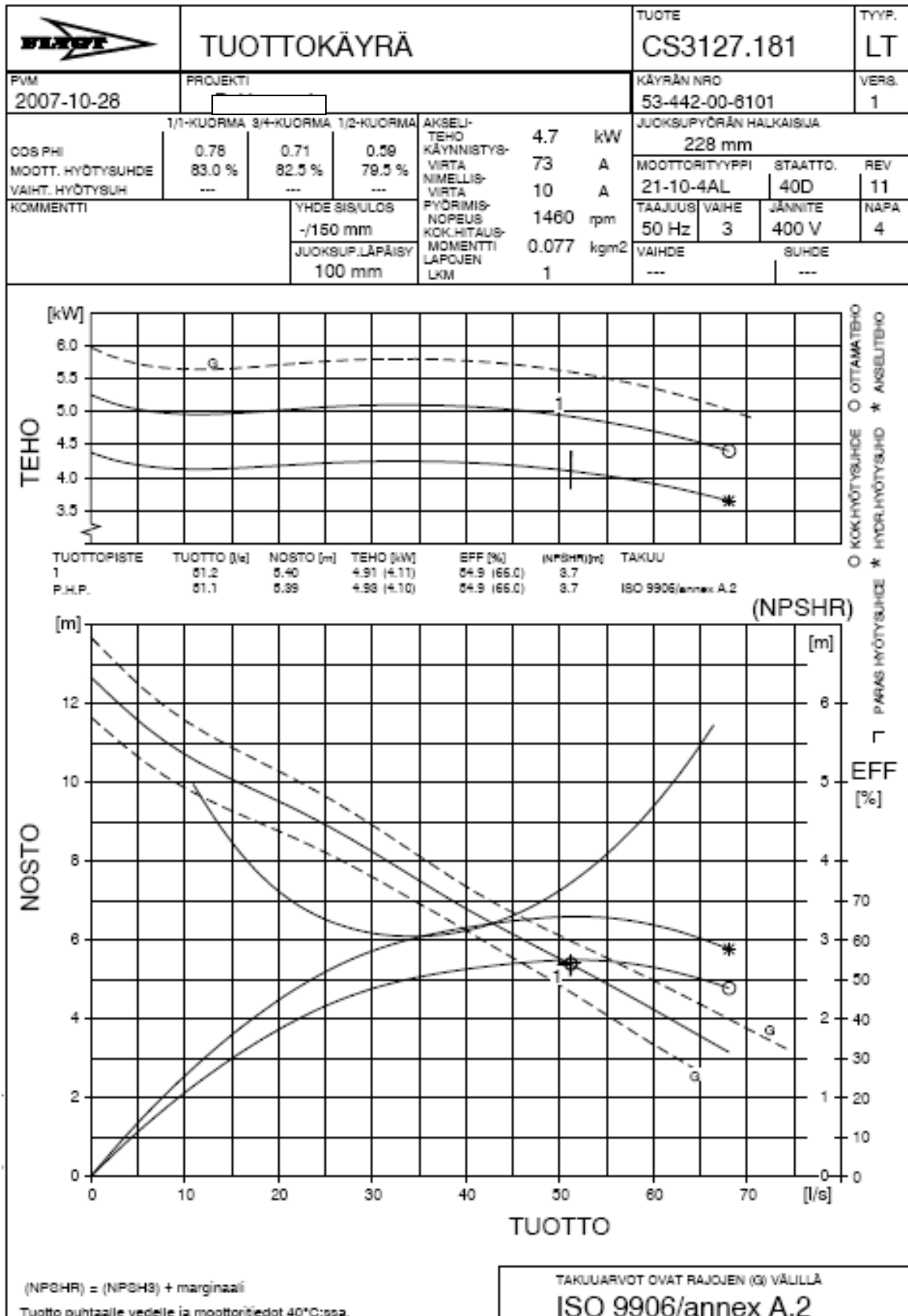
Grundfoss'in SmartPump pumpun valinta ja mitoitusohjelmalla laskettuna 200 mm sisähalkaisijan omaavalla purkuputkistolla, antaa ohjelma sopivaksi grundfossin uppopumpuiksi muuan muassa S1-054-CM1 tai S1-054-CM1 (käytännössä sama pumppu). Toimintapiste on 51,4 l/s kokonaisnostokorkeuden ollessa 6,1 m (kuva 2). Pumpun ottama sähköteho on noin 6,5 kW. Pumppu toimii hyvällä hyötysuhde alueella toimintapisteessä kokonaishyötysuhteen ollessa 47,6 %.

Vastaavasti Flygtin pumpun valinta ja mitoitusohjelmalla FLYPS 3.1 saadaan 200 mm sisähalkaisijan omaavalla purkuputkistolla sopivaksi pumpuksi muuan muassa CS 3127 LT mallinen uppopumppu. Toimintapisteessä pumpun tuotto (tilavuusvirta) on 51,2 l/s kokonaisnostokorkeuden ollessa 5,4 m (kuva 3). Pumpun ottama sähköteho on noin 5 kW. Pumppu toimii parhaalla hyötysuhdealueella toimintapisteessä kokonaishyötysuhteen ollessa 54,9 %.

Molemmissa tarkastelluissa uppopumpuissa on yksisolainen ”tukkeutumaton” juoksupyörä. Flygtin pumppu painaa noin 188 kg ja Grundfossin pumppu 170 kg. Flygtin pumpussa lähtöyhde on valmiiksi 150 mm ja Grundfossin pumpussa 100 mm.



Kuva 2. Grundfossin SmartPump putkiston, pumpun mitoitus- ja valintaohjelmalla saatu ehdotus grundfossin pumpuksi ja sen pumppukäyrään piirrettynä 200 mm purkuputkiston häviökäyrä. Toimintapiste on pumppukäyrän ja putkiston häviökäyrän leikkauspisteessä.



Kuva 3. Flygt'in FLYPS putkiston, pumpun mitoitus- ja valintaohjelmalla saatu ehdotus Flygtin pumpuksi ja sen pumppukäyrään piirrettyinä toimintapiste joka on pumppukäyrän ja putkiston häviökäyrän leikkauspisteessä.

Mikäli valinta kohdistuu Mamec:in lietepumppuun, tulee voimalaitteeksi joko suoraan dieselmoottori, tai jos pumppua käytetään sähkömoottorilla, tulee voimalaitteeksi dieselaggregaatti. Dieselaggregaatin tehoksi (sähköteho) tulee vähintään $7,5 \text{ kW} * 2,5 * 1,2 = 22,5 \text{ kW}$. Käynnistimeksi tulee tähti/kolmiokäynnistin tai tarkoitukseen soveltuvalla pehmokäynnistimellä. Mikäli voimalaitteeksi valitaan dieselmoottori, tulee sillä olla tehoa kierrosnopeudella 1500 1/min 10,5 kW. Käytännössä valitaan kuitenkin pieni kolme tai nelisylinterinen dieselmoottori joilla on huomattavasti enemmän tehoa kyseisellä kierrosnopeudella.

Mikäli valinta kohdistuu uppopumppuihin, tulee voimanlähteeksi dieselaggregaatti. Flygtin pumpulla, joka otti tehoa n. 5 kW, tulee aggregaatin sähköteho olla vähintään $5 \text{ kW} * 2,5 * 1,2 = 15 \text{ kW}$ jatkuvana tehona ja Grundfossin pumpulla vastaavasti 19,5 kW. Molemmissa tapauksissa sähköpumppu varustetaan tähti/kolmio käynnistimellä tai tarkoitukseen soveltuvalla pehmokäynnistimellä. Dieselaggregaatin mitoitus samoin kuin pumpun mitoitus tulee varmistaa valmistajilta tai maahantuojalta.

Dieselaggregaattipumppaamon automatiikan ja ohjauksen toimitus sekä sähkötyöt on selvintä tilata kokonaistoimituksena joko aggregaatin toimittajalta tai pumpun toimittajalta.

Pumppaamo varustetaan siirrettävällä kaksoisvaipalla varustetulla polttoainesäiliöllä.

Paikallisvastuskertoimia varusteille

Paikallisvastuskertoimia ($\zeta =$ zeeta) eräille tavanomaisille putkivarusteille. Kertoimien avulla saadaan paikallisvastusnomogrammista määritettyä niiden aiheuttaman virtausvastuksen lisääntyneenä nostokorkeutena. Tiedot lainattu Tekniikan käsikirja, osa 1, v.1981.

1. Epäjatkuva *putken laajenema* (kuva 1) aiheuttaa W_1 ja poikkipinta-alaan A_1 liittyvän häviön ja paikallisvastuskertoimen joka voidaan laskea seuraavasta kaavasta:

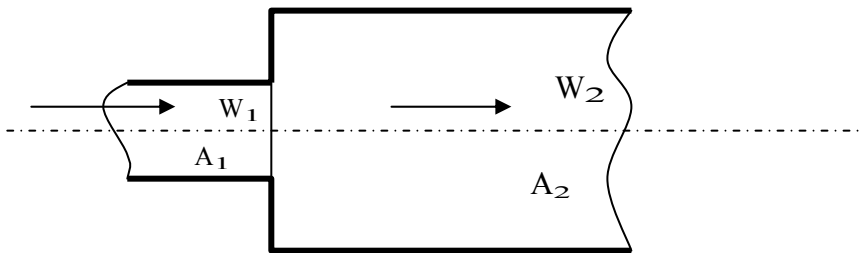
$$\zeta = (1 - A_1 / A_2)^2$$

jossa :

ζ = paikallisvastuskerroin (zeeta)

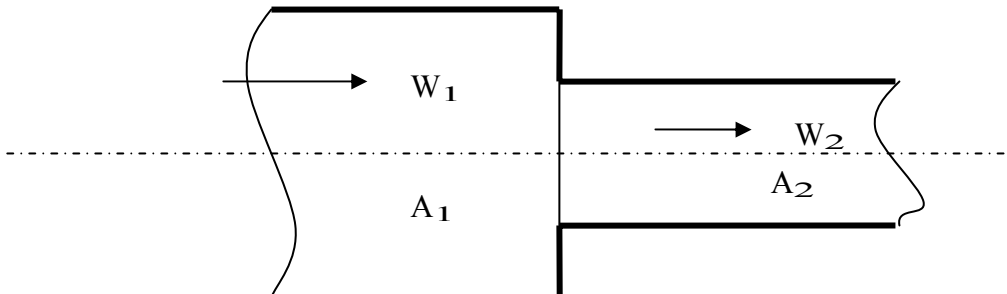
A_1 = putken poikkipinta-ala [m^2]

A_2 = putken poikkipinta-ala [m^2]



Kuva 1. Epäjatkuva putken laajenema.

2. Epäjatkuva putken kuristuma aiheuttaa myös painehäviön (kuva 2) jonka paikallisvastuskerroin ($\zeta =$ zeeta) saadaan likimäärin taulukosta 1.



Kuva 2. Epäjatkuva putken kuristuma.

Taulukko 1. Epäjatkuvan putken kuristuman paikallisvastuskerroin ($\zeta =$ zeeta) saadaan putkien pinta-alojen A_2 ja A_1 suhteen mukaan (kuva 2).

A_2 / A_1	~ 0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
ζ	0,50	0,46	0,41	0,36	0,30	0,24	0,18	0,12	0,06	0,02

3. Putken poikkipinnan tasaisesti laajetessa arvosta A_1 arvoon A_2 (kuva 3) saadaan paikallisvastuskerroin liittyen nopeuteen W_1 ja poikkipinta-alaan A_1 ($\zeta =$ zeeta) seuraavan kaavan mukaan:

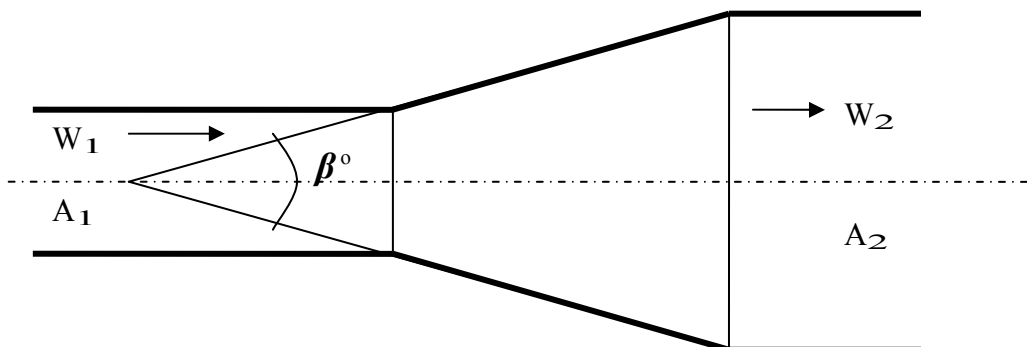
$$\zeta = k (1 - A_1 / A_2)^2$$

jossa:

- ζ = paikallisvastuskerroin
 A_1 = putken poikkipinta-ala [m^2]
 A_2 = putken poikkipinta-ala [m^2]
 k = kerroin joka saadaan putken laajentumakulman β mukaan taulukosta 2

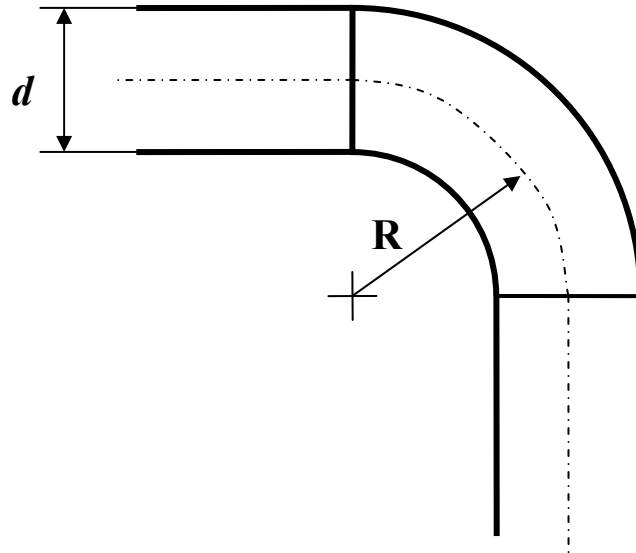
Taulukko 2. Tasaisesti laajenevan putkiston paikallisvastuskertoimen ($\zeta =$ zeeta) laskentaan liittyvän kertoimen riippuvuus laajentumakulman β arvosta (kuva 3).

β°	k	β°	k	β°	k	β°	k
5	0,13	30	0,71	60	1,12	100	1,06
10	0,17	40	0,90	70	1,13	120	1,05
15	0,26	45	0,98	80	1,10	140	1,04
20	0,41	50	1,05	90	1,07	160	1,02



Kuva 3. Putken poikkipinnan tasainen laajeneminen.

4. Putkikäyrille saadaan, riippuen eri lähteistä, erilaisia paikallisvastuskertoimia. Streeterin käsikirjan mukaan saadaan paikallisvastuskertoimet ($\zeta = \text{zeeta}$) kuvan 4 mukaisille 90° (poikkeutuskulma) putkikäyrille käyrän säteen R ja putken halkaisijan d suhteen, eli R/d funktiona. Taulukossa 3 on esitetty paikallisvastuskertoimet 90 asteen putkikäyrille.

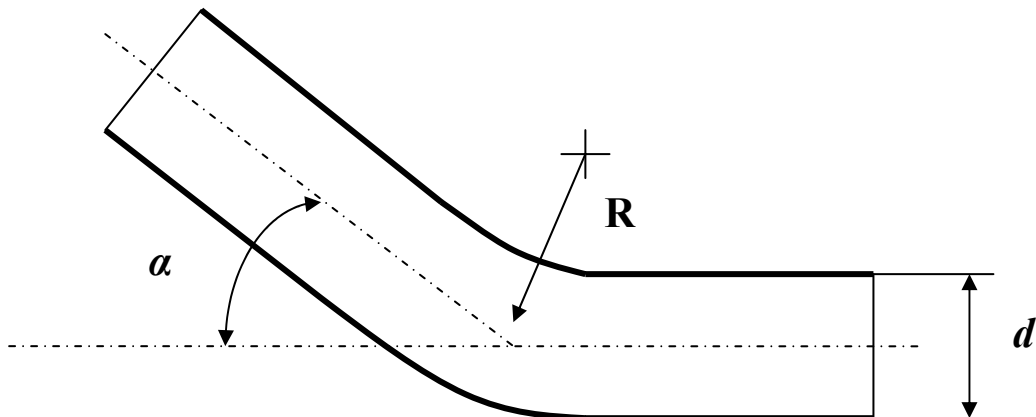


Kuva 4. Kaarevuussäteen R omaava 90° putkikäyrä.

Taulukko 3. Kaarevuussäteen ja putken halkaisijan suhteen R/d saatavat paikallisvastuskertoimet ($\zeta = \text{zeeta}$) 90 asteen putkikäyrille.

R/d	1	1,5	2	3	4	6	8	10	12	16	20
ζ	0,36	0,30	0,19	0,16	0,15	0,21	0,27	0,32	0,35	0,39	0,41

Pienuhköillä kaarevuussäteen ja halkaisijan (R/d) suhteilla saadaan poikkeutuskulman α (=alfa) suhteen kuvan 5 mukaisille putkikäyrille seuraavat paikallisvastuskertoimet ζ taulukossa 4. On huomattava, että paikallisvastuskertoimet on kerätty eri lähteestä kuin 90 asteen putkikäyrille annetut ja ovat siksi hieman poikkeavat 90 asteen käyrille.

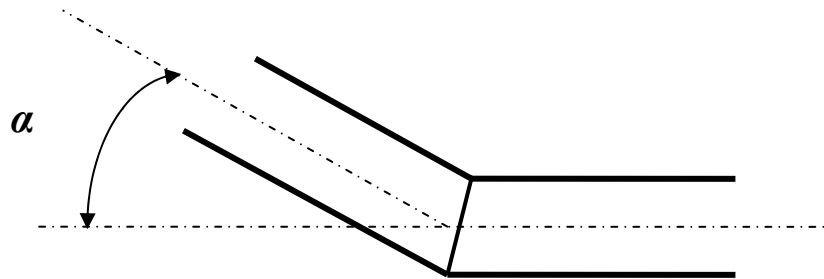


Kuva 5. Putkikäyrän parametrit liittyen paikallisvastuskertoimiin taulukossa 4.

Taulukko 4. Paikallisvastuskertoimet (ζ) erilaisilla poikkeutuskulman α (=alfa) arvoilla sekä kaarevuussäteen ja putken halkaisijan R/d suhteilla.

R/d	α								
	20°	40°	60°	80°	90°	120°	140°	160°	180°
1	0,07	0,13	0,20	0,27	0,32	0,39	0,46	0,52	0,60
2	0,03	0,06	0,10	0,13	0,15	0,19	0,23	0,26	0,30
4	0,03	0,06	0,09	0,12	0,13	0,17	0,20	0,23	0,26

Putkipolvelle, joissa ei ole pyöritystä osien liitoskohdassa (kuva 6), löytyy myös paikallisvastuskertoimia poikkeutuskulman suhteen taulukosta 5.



Kuva 6. Putkipolvi poikkeutuskulmalla α .

Taulukko 5. Putkipolven paikallisvastuskertoimet (ζ) riippuen poikkeutuskulmasta α .

α	20°	40°	50°	70°	80°	90°
ζ	0,03	0,12	0,24	0,54	0,74	1,00

Lisäksi muutama paikallisvastuskerroin:

	ζ
letkukytkin	1,5 – 3
kierteellinen letkuliitin	1,5 – 2
putkimuhvi	0,5 – 1

Pinnakarheuden(k) ohjearvoja:

Putkiaine	uusi putki k(mm)	vanha putki k(mm)
Paineenkestävä kumiputki	0,5	1,0

SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖLASKELMATAULUKKO

A	SIS. PUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm				
B	TILAVUUSVIRTA, l/s				
C	SIS. PUTKEN VIRTAUSVASTUS, m/100m				
D	SIS. PUTKEN PITUUSKERROIN				
E	SIS. PUTKEN VIRTAUSHÄVIÖ, m				
F	SIS. PUTKEN PAIKALLISVASTUS, m				
G	SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m				

PUTKISTON HÄVIÖLASKELMATAULUKKO

A	POISTOPUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm				
B	TILAVUUSVIRTA, l/s				
C	POISTOPUTKEN VIRTAUSVASTUS, m/100m				
D	POISTOPUTKEN PITUUSKERROIN				
E	POISTOPUTKEN VIRTAUSHÄVIÖ, m				
F	POISTOPUTKEN PAIKALLISVASTUS, m				
G	POISTOPUTKEN HÄVIÖT YHTEENSÄ, m				
H	SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m				
I	PUTKISTON KOKONAISHÄVIÖT, m				
J	GEODEETTINEN NOSTOKORKEUS, m				
K	KOKONAISNOSTOKORKEUS, m				

- A. tarkasteltavan putkiston sisähalkaisija
 B. 3 - 4 tarkasteltavaa tilavuusvirtaa halutun tilavuusvirran ympäriltä sopivin välein
 C. virtausvastusnomogrammista poistoputken virtausvastus 100 metriä kohden
 D. lasketaan putkiston pituuskerroin = (putkiston pituus, m) / 100 m
 E. putken virtaushäviö = poistoputken virtausvastus * poistoputken pituuskerroin ($E = C * D$)
 F. paikallisvastusnomogrammista poistoputken varusteiden aiheuttama paikallisvastus
 G. lasketaan yhteen poistoputken virtaushäviö ja paikallisvastus ($G = F+E$)
 H. mahdollisen sisäisen putkiston häviöt yhteensä. Laskettu erillisessä putkistohäviötaulukossa
 I. lasketaan yhteen poistoputken häviöt ja sisäisen putkiston häviöt ($I = G + H$)
 J. geodeettinen nostokorkeus (tai staattinen nostokorkeus)
 K. kokonaisnostokorkeus = putkiston kokonaishäviöt + geodeettinen nostokorkeus ($K = I + J$)

PUTKISTON HÄVIÖLASKELMATAULUKKO

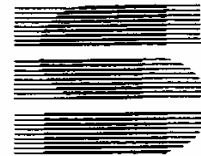
A	POISTOPUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm				
B	TILAVUUSVIRTA, l/s				
C	POISTOPUTKEN VIRTAUSVASTUS, m/100m				
D	POISTOPUTKEN PITUUSKERROIN				
E	POISTOPUTKEN VIRTAUSHÄVIÖ, m				
F	POISTOPUTKEN PAIKALLISVASTUS, m				
G	POISTOPUTKEN HÄVIÖT YHTEENSÄ, m				
H	SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m				
I	PUTKISTON KOKONAISHÄVIÖT, m				
J	GEODEETTINEN NOSTOKORKEUS, m				
K	KOKONAISNOSTOKORKEUS, m				

PUTKISTON HÄVIÖLASKELMATAULUKKO

A	POISTOPUTKEN SISÄHALKAISIJA, mm				
B	TILAVUUSVIRTA, l/s				
C	POISTOPUTKEN VIRTAUSVASTUS, m/100m				
D	POISTOPUTKEN PITUUSKERROIN				
E	POISTOPUTKEN VIRTAUSHÄVIÖ, m				
F	POISTOPUTKEN PAIKALLISVASTUS, m				
G	POISTOPUTKEN HÄVIÖT YHTEENSÄ, m				
H	SISÄISEN PUTKISTON HÄVIÖT YHTEENSÄ, m				
I	PUTKISTON KOKONAISHÄVIÖT, m				
J	GEODEETTINEN NOSTOKORKEUS, m				
K	KOKONAISNOSTOKORKEUS, m				

- A. tarkasteltavan putkiston sisähalkaisija
 B. 3 - 4 tarkasteltavaa tilavuusvirtaa halutun tilavuusvirran ympäriltä sopivin välein
 C. virtausvastusnomogrammista poistoputken virtausvastus 100 metriä kohden
 D. lasketaan putkiston pituuskerroin = (putkiston pituus, m) / 100 m
 E. putken virtaushäviö = poistoputken virtausvastus * poistoputken pituuskerroin ($E = C * D$)
 F. paikallisvastusnomogrammista poistoputken varusteiden aiheuttama paikallisvastus
 G. lasketaan yhteen poistoputken virtaushäviö ja paikallisvastus ($G = F+E$)
 H. mahdollisen sisäisen putkiston häviöt yhteensä. Laskettu erillisessä putkistohäviötaulukossa
 I. lasketaan yhteen poistoputken häviöt ja sisäisen putkiston häviöt ($I = G + H$)
 J. geodeettinen nostokorkeus (tai staattinen nostokorkeus)
 K. kokonaisnostokorkeus = putkiston kokonaishäviöt + geodeettinen nostokorkeus ($K = I + J$)

SARLIN



Vaihde: 90-535 022
 Telex: 121894
 Postiosoite:
 Oy E. Sarlin Ab
 PL 750,
 00101 Helsinki 10

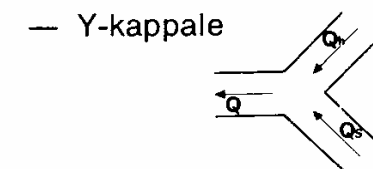
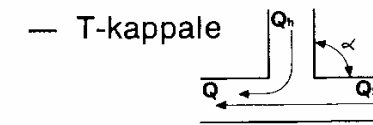
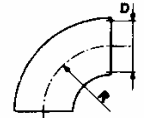
Sarlin Paikallisvastusnomogrammi

Q = tilavuusvirta l/s
 D = putken sisäläpimitta mm
 v = virtausnopeus putkessa m/s
 ξ = paikallisvastuskerroin
 H_j = paikallisvastus m

Esim. Q = 12 l/s D = 100 mm
 v = 1,55 m/s $\Sigma \xi = 5$
 $H_j = 0,6$ m

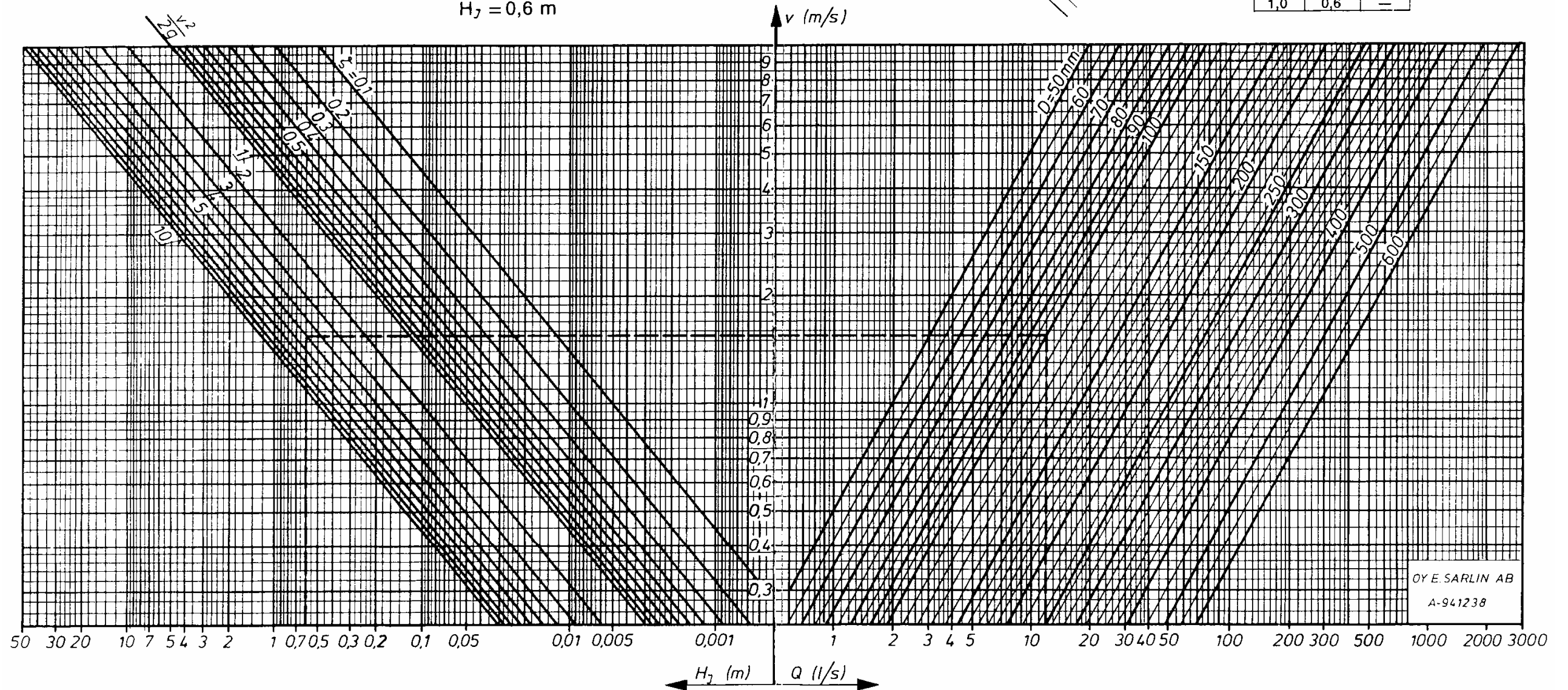
Paikallisvastuskertoimien ohjearvoja

- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|--|
| | ξ | |
| — Putkikäyrä 90°, R/D=1,5 | 0,3 | |
| — Ulosvirtaus putken päässä | 1,0 (ilman laajennuskartiota) | |
| — Läppätakaiskuventtiili | 1—2 | |
| — Pallotakaiskuventtiili | 1,5—2,5 | |
| — Luistiventtiili | 0,2 | |
| — Vinoistukkaventtiili | 1—2 | |
| — Palloventtiili | 5—6 | |



Qh/Q	$\alpha = 90^\circ$		$\alpha = 45^\circ$	
	ξ_h	ξ_s	ξ_h	ξ_s
0,0	-1,00	0,04	-0,90	0,04
0,2	-0,40	0,17	-0,38	0,17
0,4	0,08	0,30	0,00	0,19
0,6	0,47	0,41	0,22	0,09
0,8	0,72	0,51	0,37	-0,17
1,0	0,91	0,60	0,37	-0,54

Qh/Q	ξ_h	ξ_s
0	—	0,6
0,5	0,3	0,3
1,0	0,6	—



OY E. SARLIN AB
 A-941238

Sarlin Virtausvastusnomogrammi puhtaalle, 20°C:lle vedelle

Q = tilavuusvirta l/s
 D = putken sisäläpimitta mm
 k = pinnankarheus mm
 H_f = virtausvastus m/100 m
 Esim. $Q = 12$ l/s $D = 100$ mm
 $k = 0,1$ mm $H_f = 2,5$ m/100 m

Pinnankarheuden(k) ohjearvoja

putkiaine	uusi putki k(mm)	vanha putki k(mm)
muovi	0,01	0,25
vedetty teräs	0,05	1,0
hitsattu teräs	0,1	1,0
vedetty haponkestävä teräs	0,05	0,25
hitsattu haponkestävä teräs	0,1	0,25
valurauta	0,25	1,0
sinkitty teräs	0,15	
asfaltoitu valurauta	0,12	
betoni	0,3...2,0	
asbestisementti	0,025	

