

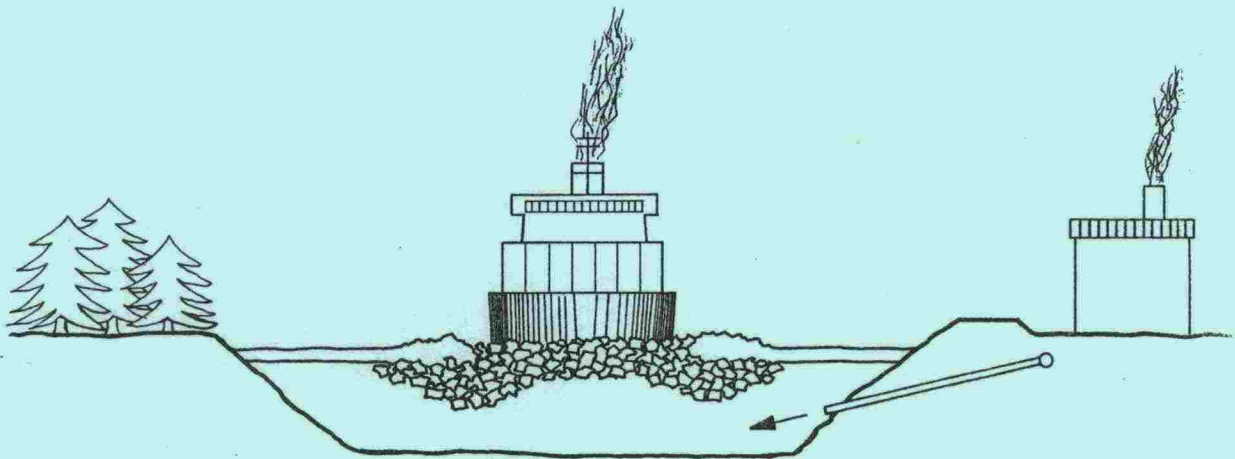


Esa Eranti

31.1.2000

182, Merenkululaitos

## Lämpöenergian käyttömahdollisuudet jäätilanteen hallintaan Mäntyharjun kanavassa



*Esa Eranti*

## **Esipuhe**

Merenkululaitos tutkii suoran sisävesi-meritiekuljetusyhteyden säilyttämistä Saimaan kanavan vuokra-ajan lähestyessä loppuaan. Yhtenä osana vaihtoehtotarkastelua on selvitettävänä Mäntyharjun kanavahanke.

Teollisuuden logistiikkatarpeiden kannalta kuljetusketjujen tulisi toimia ympärivuotisesti ja täsmällisesti. Tämä on Mäntyharjun kanavoinnin kannalta ongelmallista. Jään kasvukausi on suojaisessa kanavassa huomattavasti pitempi kuin merellä, eikä ahtaassa kanavapoikkileikkauksessa voi lohkarajan kasvun ja reunavallien konsolidoitumisen myötä tiukkenevaa ränniä vaihtaa. Alueella ei ole myöskään tarjolla riittäviä määriä hukkalämpöä kanavan jäätilanteen hallintaan. Jotta alukset eivät juuttuisi jäihin kanava-poikkileikkausta on avarrettava tai jäätilanne on pidettävä kurissa tuotettava lämpöenergian avulla. Erityisesti tämä koskee maakanavajaksoja, mutta myös matalia järviyaksoja.

Seuraavassa tarkastellaan lämpöenergian käyttömahdollisuuksia jäätilanteen hallintaan Mäntyharjun kanavassa. Lämpöenergian käytöstä laajamittaiseen jäätilanteen hallintaan on kokemuksia muun muassa Suomen satamista. Käytännön ratkaisuna on kanavan veden lämmittäminen ja jakaminen hankalille kanavajaksoille. Kattilalaitosvaihtoehdoista on tutkittu Kioton sopimuksen suosimaa hakelaitosta ja raskasta polttoöljyä käyttävää laitosta.

Työtä on ohjannut DI Timo Rekonen Merenkululaitokselta. Merikapteeni Pekka Vesa ja insinööri Seppo Piironen Järvi-Suomen merenkulkupiiristä ovat antaneet arvokkaita sisävesiteiden talvioperointiin liittyviä kommentteja. Energiatuotantoasiantuntijoina on kuultu muiden muassa Anssi Niskasta Joensuun yliopistosta, Jorma Venäläistä Suur-Savon Sähköstä, Pekka Hankilahtea Höyrytys Oy:stä, Martti Ohvoa Ins.tsto Olof Granlund Oy:stä, Jorma Virkkiä Fortum Oyj:stä ja Fredrik Pessleriä Biovatti Oy:stä. Projekti kiittää asiantuntijoita neuvoista ja kannatoista.

# Sisältö

## Esipuhe

<b>1. Lähtökohdat</b>	<b>1</b>
<b>2. Lämpöhukka ja jään muodostus</b>	<b>2</b>
<b>3. Lämpöenergian saanti ja jäätilanteen hallintastrategia</b>	<b>4</b>
<b>4. Mäntyharjun kanavan jääkontrollisuunnitelmat ja mitoitus</b>	<b>6</b>
<b>5. Kustannusarvio</b>	<b>6</b>

**Liite 1. Jääkontrollitoimenpiteiden piiriin kuuluvat Mäntyharjun kanavajaksot**

**Liite 2. Jäätilanteen hallintajärjestelmän investointi- ja käyttökustannusarviot**

## 1. Lähtökohdat

Mäntyharjun kanavahanke yhdistäisi Saimaan Päijänteeseen. Tarkastelun kohteena oleva linjaus on kuvassa 1. Ympärivuotinen liikennöinti olisi teollisuuden kuljetuslogistiikan kannalta suotavaa.

Keskimääräinen pakkassumma Mäntyharjun alueella on noin 800 astevuorokautta ja kerran 50 vuodessa noin 1800 astevuorokautta. Pakkassummat ovat Perämeren tasoa. Jäänmuodostus alkaa kuitenkin muun muassa suojaisten olosuhteiden takia aikaisemmin. Vesimassasta puuttuu ainakin maakanavaosuuksilla talvella myös tyystin terminen reservi.

Liikennöinti Mäntyharjun kanavan järvisuoksilla ei ole erityinen ongelma, koska vesisyvyydet ovat yleensä riittäviä ja tiukaksi käynyttä ränniä voi vaihtaa. Ongelmat liittyvät erityisesti maakanavaosuuksiin, mihin suunnitelmien mukaan mahtuu vain yksi ränni. Jatkuva liikennöinti aiheuttaa rännissä suurta lämpöhukkaa ja lohkarējään muodostusta, mikä voi sydäntavella pysäyttää liikenteen.



Kuva 1. Mäntyharjun kanavan tutkittava linjausvaihtoehto.

Merenkululaitoksen teettämässä mallikoetutkimuksissa on todettu itsenäisesti liikkuvien IA-jäaluokan alusten pysähtyvän kanavarännissä lohkarajäänpaksuuden ollessa keskimäärin 1.5 - 2 metriä. Azipod-propulsiolla varustettuna kyseisen tyyppiset alukset voivat edetä perä edellä rännissä, jossa lohkarajään paksuus on huomattavasti suurempi. Aiempien selvitysten perusteella Repola-tyyppiset alukset juuttuvat jäihin Saimaan kanavalla jäihin lohkarajääkerroksen paksuuden ylittäessä 0.8 metriä ja niiden hinaaminen Jääkotkan avulla alkaa menettää mielekkyytensä lohkarajääkerroksen paksuuden ylittäessä metrin (M.Penttinen, 1982. Diplomityö, TKK/R). Selvitysten perusteella lohkarajään keskipaksuus rännialueella voi kuitenkin kasvaa kovina pakkastalvina yli 4 metriin kaavailulla 3 aluksen liikennetiheydellä päivässä (Eranti Engineering Oy, Ympärivuotisen kanavaliikenteen edellytykset Suomessa. Jäänmuodostus kanavassa ja sulun kattaminen. Selvitys Merenkululaitokselle 6.10.1999).

Käytännössä jäätilanne on maakanavaosuuksilla hallittava lämpöenergian avulla. Lämpöenergian käytöstä lohkarajäätilanteen hallintaan on hyviä ja dokumentoituja kokemuksia mm. Tornion Röyttän satama-altaasta, Kotkan väyliltä ja jossain määrin myös Saimaan kanavalta.

Jäätilanteen hallinnan taso voidaan asettaa kahdesta lähtökohdasta. Perinteisessä vaihtoehdossa liikennöinti hoidetaan talvella käyttäen jäävahvistettuja aluksia ja tarvittaessa jäänmurtajien avustusta. Modernissa vaihtoehdossa kanavalla liikennöivät ympärivuotisesti vain itsenäisesti toimivat Azipod-propulsiolla varustetut jäävahvistetut alukset.

Molemmissa vaihtoehdoissa mitoitusaluksen leveys on 16 m ja syväys 4.5 m. Kanavan syvyudeksi oletetaan ensimmäisessä vaihtoehdossa 5.5 m ja toisessa 6 m (jolloin lohkarajälle jää kanava-uomassa enemmän tilaa). Edelleen lähdetään siitä siitä, ettei liikenne pysähdy kanavassa kovinakaan pakkastalvina. Kerran kymmenessä vuodessa toistuvassa ääritilanteessa sallitaan viikon viivästys.

## 2. Lämpöhukka ja jään muodostus

Jään muodostuksen perusteita kanavassa on käsitelty mainitussa Merenkululaitokselle tehdyssä selvityksessä (Eranti Engineering Oy, 6.10.1999). Lämpöhukka vapaasta vedenpinnasta on talvella  $20 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{C})$ . Lämpöhukaksi kolme kertaa vuorokaudessa murrettavan rännin lohkarajääkerroksesta on arviolta  $9 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{C})$ . Käytännössä hukka ohuen lohkarajääkerroksen läpi on suurempi jääsohjon jäätyismekanismien dominoidessa. Lohkarajääkerroksen paksuuntuessa veden ja sohjon määrä pinnassa pienenee ja tuulen sekä pakkasen purevuus tähän jäälohkareiden lomaan jäävään massaankin heikkenee. Jäälohkareiden jäähtymiseen liittyvä lämpöhautamekanismi sekä glaseerautuminen kasvattavat merkitystään kokonaislämpöhukan jäädessä pienemmäksi (kuva 2).

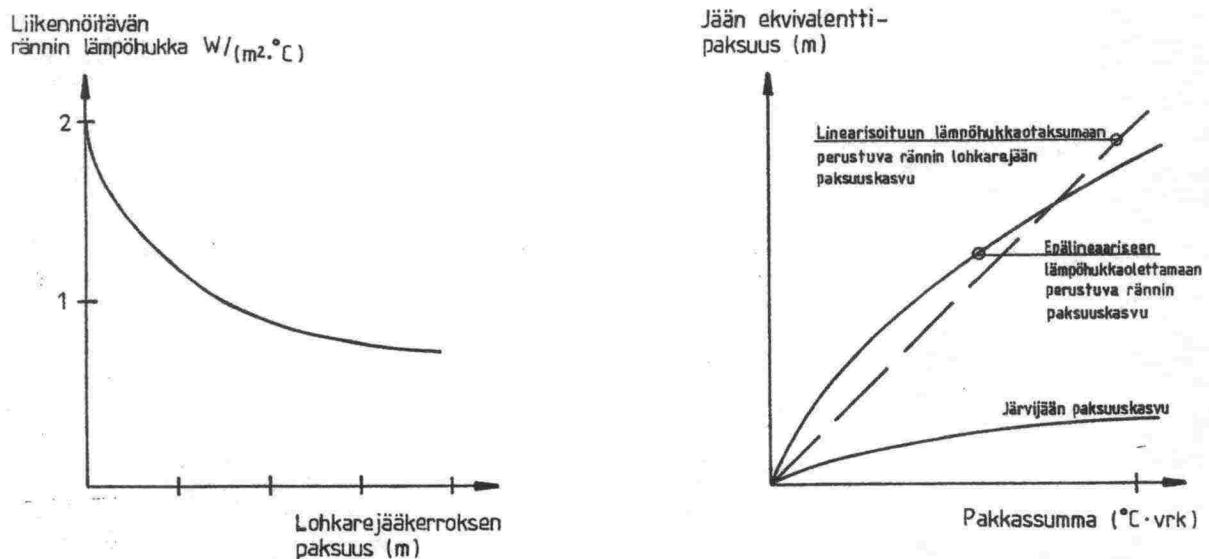
Kanavaränniin satavalla ja tuiskuavalla lumella on ajoittain suuri merkitys jäänmuodostuksen, vesimassan lämpöhukan ja liikennöitävyyden kannalta (katso Eranti Engineering Oy, Lämpöenergian käyttömahdollisuudet Saimaan kanavan jäätilanteen hallintaan. Selvitys Merenkululaitokselle 31.1.2000).

Jos vedessä ei ole termistä reserviä tai veden sekottuminen ei ole tehokasta, lämpöhukka merkitsee talvella jäänmuodostusta jään sulamislämmön  $307 \text{ MJ/m}^3$  edellyttämässä tahdissa. Alkutilavesta lämpöä voi tulla merkittäviä määriä peruskalliosta, mutta sydäntalvella vain kanavaan mahdollisesti syötettävällä lämpöenergialla on merkitystä.

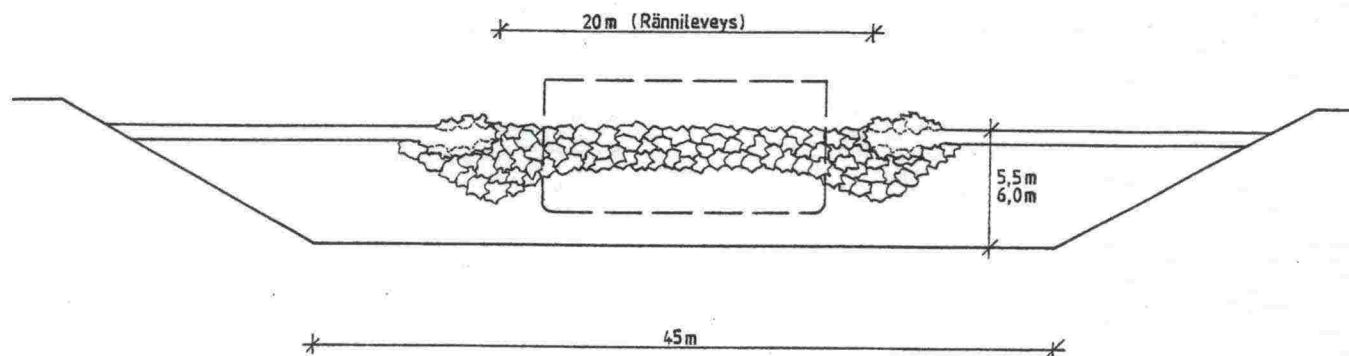
Käytännössä lämpöhukka tapahtuu vapaasta vedenpinnasta alkutilavesta jääpeitteen ollessa epästabiili, etenkin jos lämmönsyöttö kanavaan on suurta. Myös kattamattomissa suluissa ja välittömästi niiden alapuolella vesi on ilman jääpeitteen eristystä. Muodostuva jää voi olla tällä alueella suureksi osaksi suppojään muodossa. Suppo muuttuu kiinteäksi jääksi sulun alapuolella.

Alus murtaa sydäntalvella jäätä rännissä noin 25 % leveyttään laajemmalla alalla. Tällä alalla voidaan käyttää lohkarajakerroksen lämpöhukkaa. Lämpöhukka synnyttää lohkarajajäätä, jonka keskimääräinen huokoisuus on luokkaa 50 % (1 osa vettä ja 2 osaa jäätä). Jäätä työntyy rännistä ulospäin muodostaen veden alle reunavallit, jotka ulottuvat perinteisin keinoin liikennöitävässä rännissä noin kahden alusleveyden alalle (kuva 3).

Rännin ulkopuolella lämpöhukka ja sen mukana jään muodostus on lumen ja jääkerroksen eristävän vaikutuksen ansiosta sydäntalvella vähäistä.



Kuva 2. Lämpöhukka toistuvasti murrettavasta jääkuoresta vakiotuulennopeudella lohkarajakerroksen paksuuden funktiona ja jään paksuuskasvu pakkassumman funktiona.



Kuva 3. Jäätilanne talvella tyypillisessä kanavapoikkileikkauksessa.

### 3. Lämpöenergian saanti ja jäätilanteen hallintastrategia

Energiatuotannon lauhdelämpö tai teollisuuden jäähdytysvedet soveltuvat monessa tapauksessa hyvin jäätilanteen hallintaan satamissa ja vesiteillä. Sopivan hukkaenergiälähteen löytämiseksi oltiin yhteydessä muun muassa Mäntyharjun elinkeinoasiamieheen, Suur-Savon Sähköön, Heinolan kaupunkiin, Stora Enson Heinolan tehtaisiin sekä Schaumaniin. Mäntyharjun kanavan jäätilanteen hallintaan soveltuvaa energialähdettä ei löytynyt. Energia tulee siis tuottaa itse. Vaihtoehtoina tarkasteltiin lämmintä vettä tuottavia öljykattiloita ja hakelaitosta.

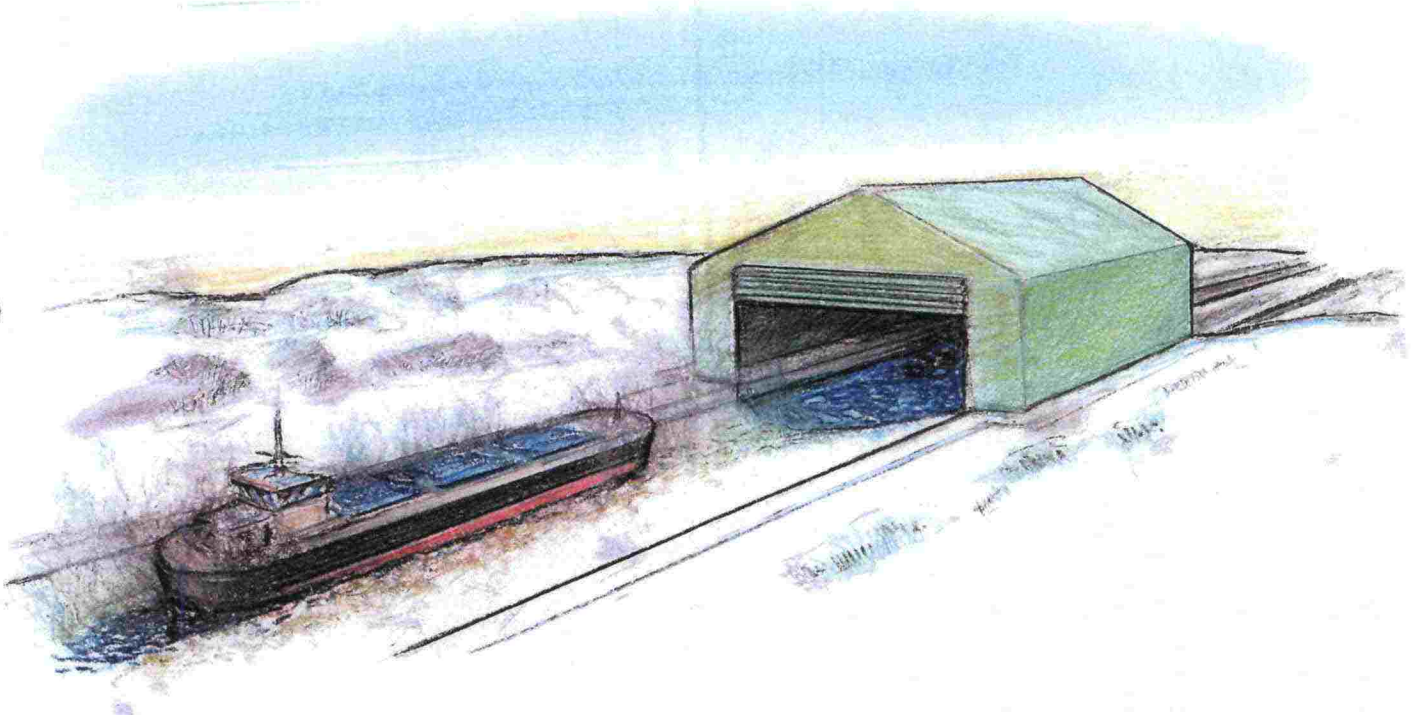
Mäntyharjun kanava kulkee kahden vedenjakajan yli. Kanavan läpi ei vedenjakajilla tapahdu virtausta vesistöstä toiseen, vaan vettä pumpataan ylöspäin sulutuksessa menetetty määrä. Veden virtaukset ovat näillä maakanavajaksoilla lähinnä sulutusten ja alusliikenteen synnyttämää veden edestakaista liikettä, jossa veden liike on suuruusluokkaa 100 metriä. Muilla jaksoilla voi tapahtua myös vähäistä virtausta järvestä toiseen. Lämpöenergia on jaettava tasaisesti jääkontrollitoimenpiteiden piirissä olevien kanavaosuuksien pituudelle.

Lähes seisovassa vedessä lämpöenergia pyrkii kerrostumaan muutaman metrin syvyydelle jään alle (kuten esimerkiksi Loviisan ja Inkon voimaloiden alueella). Aluksen kulkiessa kanavassa vesi kuitenkin sekoittuu. Lohkarejäakerroksen sisällä veden energiasisältö kuluu kylmien upoksiin painuneiden lohkarapintojen pakkassisällön eliminointiin (lämpöhautamekanismi) ja lohkaroiden sulattamiseen. Tasojään alla veden sekoittuminen merkitsee jäätymismekanismin vastapainona vaikuttavan sulatusmekanismin kiihtymistä. Koska lohkarejäakerroksessa on paljon enemmän sulatettavaa pintaa kuin tasojääalueella ja koska veden sekoittuminen on voimakkaimmillaan nimenomaan rännialueella, lämpöenergia kohdistuu pääosin lohkarejään sulattamiseen.

Energian käytön kannalta on edullista, että jääpeite on kanavassa rännin ulkopuolella stabiili. Siksi jääkontrollitoimet aloitetaan vasta, kun jäätilanne kanavassa on stabiloitunut (noin 300 astevuorokautta).

Jäätilanne pyritään pitämään jääkontrollitoimenpitein lähellä stabiilin tilanteen alarajaa (lohkarejääkerroksen keskipaksuus rännialueella vajaa metri), jotta lohkarajääkerroksella on kireän pakkasjakson aikana mahdollisuus kasvaa. On myös huomattava, että lohkarajäämassan ajovastukseen olennaisesti vaikuttavat kitka- ja koheesioominaisuudet muuttuvat kovilla pakkasilla tai lumen ja sohjon määrän tullessa rännissä suureksi, jos veden lämpöreservi ei riitä eliminoimaan jäänmuodostuksen lämpöhautamekanismia tai sulattamaan sohjoa. Sohjo toimii erityisesti alijäätyneiden lohkarajäämassan liima-aineena ja vahvistaa mm. rännin reunavallia ja edesauttaa sen "tiukentumista". Kun kanavan vettä lämmitetään riittävästi, lohkarajää pysyy irtonaisena ja ränni helppokulkuisena verrattuna vastaavaan "kylmään" ränniin (Eranti Engineering Oy, Lämpöenergian käyttömahdollisuudet jäätilanteen hallintaan Saimaan kanavalla. Selvitys Merenkulkulaitokselle 31.1.2000).

Sulun toimintakunnossa pitäminen kovilla pakkasilla tuotettavan energian avulla (energia suuruusluokkaa 200 000 mk/kk ja lisäksi systeemi-investoinnit ja systeemien käyttökustannukset) on kallista ja hankalaa. Tässä on oletettu, että sulut katetaan (kuva 4).



Kuva 4. Sulun jäätilanteen hallinta kattamalla se kiinteällä hallilla.



#### 4. Mäntyharjun kanavan jääkontrollisuunnitelmat ja mitoitus

Mäntyharjun kanavan jääkontrollisuunnitelma on hahmoteltu liitteeseen 1. Jääkontrollitoimenpiteiden piiriin kuuluvaa kanavaosuutta on noin 25 km. Tästä noin 20 kilometriä on selkeästi maakanavaa. Mäntyharjulla ja Kuorekoskella lämpöenergian syöttö on suunnitelmassa ulotettu myös osin erittäin ahtaisiin vesistöosuuksiin. Vaihtoehtona on tällaisilla osuuksilla kanavauoman riittävä avartaminen, mikä on paikoin erittäin kallista.

Jääkontrollitoimenpiteiden piiriin kuuluville kanavaosuuksille on suunniteltu jaettavaksi lämmintä vettä maksimissaan 100 MW:n teholla. Kapasiteettimitoitus perustuu seuraaviin otaksumiin:

- \* Mitoitustalvi pelkistetään 90 vuorokauden mittaiseksi, jolloin keskilämpötila on - 13 astetta.
- \* Lämpöhukka 20 metriä leveästä lohkarejäärännistä on - 13 asteen pakkasella noin 2.4 kW/m. Rännialueen ulkopuolella liikennöinnin sekoittaman vesimassan lämpöhukka on noin 0.4 kW/m.
- \* Ränniin joutuvan lumen ja sohjon sulattamiseen varataan kulun helpottamiseksi 0.7 kW/m.
- \* Vaikka lämpöenergiaa valuukin jossain määrin hukkaan, 100 MW riittää lohkarejääkerroksen pitämiseen tasapainopaksuudessa - 13 asteen lämpötilassa.
- \* Kovan pakkaskuukauden keskilämpötila voi pudota - 20 asteeseen. Tänä aikana lohkarejääkerroksen paksuus kasvaa noin 0.5 metriä. Lohkarejääkerroksen keskipaksuus rännialueella pysyy siis alle 1.5 metrissä, jos se on alkutilanteessa ollut alle metrin.

Keskimääräinen jäätalvi on pelkistetty 80 vuorokauden mittaiseksi keskilämpötilan ollessa - 8 astetta. Alkutilavasta osa kuluu jääkentän stabiloitumiseen. Lämpöenergiaa syötetään kanavaan noin kahden kuukauden ajan ja keskimääräinen syöttöteho on noin 60 % kapasiteetista.

Azipod propulsiolla varustettu erikoisalus kykenee ilmeisesti kulkemaan perä edellä jopa mutkittelevassa tiukassa rännissä (rännin reunavallit vahvasti konsolidoituneet) lohkarejääkerroksen keskipaksuuden ollessa rännialueella 2 - 3 m. Mikäli lämpöhukka lohkarejääkerroksesta pienenee merkittävästi jääkerroksen paksuuntuessa 50 MW:n teho riittää lohkarejääkerroksen pitämiseksi liikennöitävänä jääkontrollin piiriin kuuluvilla kanavajakoilla mitoituslajina.

#### 5. Kustannusarvio

Perussuunnitelmassa Mäntyharjun kanavaa liikennöisivät talvella perinteiset jäävahvistetut alukset joko jäänmurtajien avustuksella tai itsenäisesti. Jääkontrollisysteemin investointi- ja käyttökustannuksia on eritelty liitteessä 2. Investointikustannusarvio on ilman arvonnäveroä seuraava:

Lämpölaitokset, 5 kpl, yhteensä 100 MW	76 milj. mk
Lämpimän veden jakeluverkostot	46 milj. mk
Sulkuhallit, 5 kpl	30 milj. mk
Ennakoimattomat (energian mahdollinen kohdentaminen yms), 5 %	8 milj. mk
<b>Yhteensä</b>	<b>160 milj. mk</b>

Systeemin keskimääräiset käyttökustannukset ovat liitteen 2 otaksumin hallikustannukset mukaanlukien noin 17 miljoonaa markkaa vuodessa.

Azipod-erikoisaluksiin perustuvassa minimivaihtoehdossa investointikustannus on noin 110 miljoonaa markkaa ja vuotuinen käyttökustannus keskimäärin suuruusluokkaa 9 miljoonaa markkaa. Säästöjen vastapainona on kuljetuskaluston valintaan liittyvä joustavuuden puute, keskimääräistä käyttöä ajatellen kallis erikoiskalusto, vaikeissa olosuhteissa lisääntyvä aluspolttoaineen kulutus. Lisäksi kanavaosuuksilla tarvitaan noin puolen metrin lisävesisyvyys (lohkarejään lisääntyvän määrän takia) ja parempi eroosionkestävyys (potkurivirrat). Tämä lisää investointikustannuksia jääkontrollitoimenpiteiden piiriin kuuluvilla kanavaosuuksilla ehkä noin 30 miljoonaa markkaa.

Oheiset laskelmat ja arviot on tehty parhaan käytettävissä olevan tiedon pohjalta, mutta niihin liittyy epävarmuutta niin kanavan lämpötaseen kuin liikennöitävyydenkin suhteen. Perusotaksumat tulisi tarkistaa luonnossa tapahtuvin täsmätutkimuksin.

Suunnitelmassa on otettu noin 5 kilometriä ahdasta salmiosuutta jääkontrollitoimenpiteiden piiriin. Käytettävissä ei ole kuitenkaan ollut vesisyvyys eikä geoteknisiä tietoja. Periaatteessa tässä säästetään 15 metriä kanavan leveydessä, koska kanavan pohjan leveydeksi on järviosuuksilla suunnitelmissa otaksuttu 60 metriä. Voi kuitenkin olla, että jääkontrollitoimenpiteiden piiriin kuulumattomilla matalilla järviosuuksilla tarvitaan vieläkin avarampi väylä, koska kaksikaan minimisyvyyistä ränniä ei välttämättä riitä liikenteen hoitamiseen perinteisellä tavalla todella kovana pakkas- ja tuiskutalvena. Tältä osin kyseessä on haastava optimointitehtävä, jossa päämuuttujina ovat liikennöintikustannus, liikenneeriskikustannus, väylän rakennuskustannus ja jäätilanteen hallinnan kustannus.





## MERENKULKULAITOS

# MÄNTYHARJUN KANAVAN JÄÄTILANTEEN HALLINTA LÄMMITETYLLÄ VEDELLÄ LÄMPÖLAITOSTEN JA JOHTAMISJÄRJESTELMIEN KUSTANNUSARVIOITA

### 1. Kuorekosken sulun alue: paaluväli 17200 - 22500

#### Toteuttamiskustannukset

• Lämpölaite 13 MW	9 500 000 mk
• Pumppaamo 0,1 m <sup>3</sup> /s	500 000 mk
• Kuljetusjohdot	
- D = 200 mm, 1700 m	1 190 000 mk
- D = 250 mm, 1000 m	800 000 mk
- D = 300 mm, 2600 m	2 340 000 mk
• Purkujohdot ja venttiilit 30 kpl	600 000 mk
• Venttiileiden sähköistys ja kaukovalvonta	1 500 000 mk
• Arvaamattomat kustannukset	500 000 mk
	<hr/>
	16 930 000 mk
• Tutkimukset ja suunnittelu 7 %	1 190 000 mk
	<hr/>
	18 120 000 mk
	ALV 22 %
	<hr/>
	3 990 000 mk
	<hr/>
	22 110 000 mk

#### Käyttökustannukset

• Lämpölaitoksen polttoaine (2 kk/a, kesk. teho 60 %, 160 mk/MWh)	1 800 000 mk/a
• Pumppaus (2 kk/a, kesk. teho 60 %, 40 p/kWh)	30 000 mk/a
• Hoito ja kunnossapito	150 000 mk/a
	<hr/>
	1 980 000 mk/a
	ALV 22 %
	<hr/>
	440 000 mk/a
	<hr/>
	2 420 000 mk/a

### 2. Hanganlahden sulun alue: paaluväli 35300 - 38300

#### Toteuttamiskustannukset

• Lämpölaite 13 MW	9 500 000 mk
• Pumppaamo 0,1 m <sup>3</sup> /s	500 000 mk
• Kuljetusjohdot	
- D = 200 mm, 1400 m	980 000 mk
- D = 250 mm, 800 m	640 000 mk
- D = 300 mm, 800 m	720 000 mk
• Purkujohdot ja venttiilit 30 kpl	600 000 mk
• Venttiileiden sähköistys ja kaukovalvonta	1 500 000 mk
siirto	<hr/>
	14 440 000 mk

	siirto	14 440 000 mk
• Arvaamattomat kustannukset		<u>500 000 mk</u>
		14 940 000 mk
• Tutkimukset ja suunnittelu 7 %		<u>1 050 000 mk</u>
		15 990 000 mk
	ALV 22 %	<u>3 520 000 mk</u>
		19 510 000 mk

#### Käyttökustannukset

• Lämpölaitoksen polttoaine (2 kk/a, kesk. teho 60 %, 160 mk/MWh)		1 800 000 mk/a
• Pumppaus (2 kk/a, kesk. teho 60 %, 40 p/kWh)		30 000 mk/a
• Hoito ja kunnossapito		<u>140 000 mk/a</u>
		1 970 000 mk/a
	ALV 22 %	<u>430 000 mk/a</u>
		2 400 000 mk/a

### 3. Luhtasen sulun alue: paaluväli 41500 - 45300

#### Toteuttamiskustannukset

• Lämpölaitos 16 MW		11 500 000 mk
• Pumppaamo 0,13 m <sup>3</sup> /s		650 000 mk
• Kuljetusjohdot		
- D = 200 mm, 2200 m		1 540 000 mk
- D = 250 mm, 800 m		640 000 mk
- D = 300 mm, 800 m		720 000 mk
• Purkujohdot ja venttiilit 38 kpl		760 000 mk
• Venttiileiden sähköistys ja kaukovalvonta		1 900 000 mk
• Arvaamattomat kustannukset		<u>600 000 mk</u>
		18 310 000 mk
• Tutkimukset ja suunnittelu 7 %		<u>1 280 000 mk</u>
		19 590 000 mk
	ALV 22 %	<u>4 310 000 mk</u>
		23 900 000 mk

#### Käyttökustannukset

• Lämpölaitoksen polttoaine (2 kk/a, kesk. teho 60 %, 160 mk/MWh)		2 200 000 mk/a
• Pumppaus (2 kk/a, kesk. teho 60 %, 40 p/kWh)		30 000 mk/a
• Hoito ja kunnossapito		<u>170 000 mk/a</u>
		2 400 000 mk/a
	ALV 22 %	<u>530 000 mk/a</u>
		2 930 000 mk/a

#### 4. Paaluväli 54700 - 61000

##### Toteuttamiskustannukset

• Lämpölaitos 22 MW	15 500 000 mk
• Pumppaamo 0,17 m <sup>3</sup> /s	750 000 mk
• Kuljetusjohdot	
- D = 200 mm, 1500 m	1 050 000 mk
- D = 250 mm, 1000 m	800 000 mk
- D = 300 mm, 1000 m	900 000 mk
- D = 400 mm, 2800 m	3 080 000 mk
• Purkujohdot ja venttiilit 51 kpl	1 020 000 mk
• Venttiileiden sähköistys ja kaukovalvonta	2 600 000 mk
• Arvaamattomat kustannukset	900 000 mk
	<hr/>
	26 600 000 mk
• Tutkimukset ja suunnittelu 7 %	1 860 000 mk
	<hr/>
	28 460 000 mk
	ALV 22 %
	<hr/>
	6 260 000 mk
	<hr/>
	34 720 000 mk

##### Käyttökustannukset

• Lämpölaitoksen polttoaine (2 kk/a, kesk. teho 60 %, 160 mk/MWh)	3 000 000 mk/a
• Pumppaus (2 kk/a, kesk. teho 60 %, 40 p/kWh)	40 000 mk/a
• Hoito ja kunnossapito	230 000 mk/a
	<hr/>
	3 270 000 mk/a
	ALV 22 %
	<hr/>
	720 000 mk/a
	<hr/>
	3 990 000 mk/a

#### 5. Paaluväli 70600 - 79200

##### Toteuttamiskustannukset

• Lämpölaitos 36 MW	25 000 000 mk
• Pumppaamo 0,28 m <sup>3</sup> /s	1 100 000 mk
• Kuljetusjohdot	
- D = 200 mm, 2000 m	1 400 000 mk
- D = 250 mm, 2000 m	1 600 000 mk
- D = 300 mm, 2000 m	1 800 000 mk
- D = 400 mm, 2600 m	2 860 000 mk
• Purkujohdot ja venttiilit 86 kpl	1 720 000 mk
• Venttiileiden sähköistys ja kaukovalvonta	4 300 000 mk
• Arvaamattomat kustannukset	1 300 000 mk
	<hr/>
	41 080 000 mk
• Tutkimukset ja suunnittelu 7 %	2 880 000 mk
	<hr/>
	43 960 000 mk
	ALV 22 %
	<hr/>
	9 670 000 mk
	<hr/>
	53 630 000 mk

Käyttökustannukset

• Lämpölaitoksen polttoaine (2 kk/a, kesk. teho 60 %, 160 mk/MWh)	5 000 000 mk/a
• Pumppaus (2 kk/a, kesk. teho 60 %, 40 p/kWh)	70 000 mk/a
• Hoito ja kunnossapito	<u>370 000 mk/a</u>
	5 440 000 mk/a
ALV 22 %	<u>1 200 000 mk/a</u>
	6 640 000 mk/a

**6. Koko kanava yhteensä**Toteuttamiskustannukset

• Paaluväli 17200 - 22500	18 120 000 mk
• Paaluväli 35300 - 38300	15 990 000 mk
• Paaluväli 41500 - 45300	19 590 000 mk
• Paaluväli 54700 - 61000	28 460 000 mk
• Paaluväli 70600 - 79200	<u>43 960 000 mk</u>
	126 120 000 mk
ALV 22 %	<u>27 750 000 mk</u>
	153 870 000 mk

Käyttökustannukset

• Paaluväli 17200 - 22500	1 980 000 mk/a
• Paaluväli 35300 - 38300	1 970 000 mk/a
• Paaluväli 41500 - 45300	2 400 000 mk/a
• Paaluväli 54700 - 61000	3 270 000 mk/a
• Paaluväli 70600 - 79200	<u>5 440 000 mk/a</u>
	15 060 000 mk/a
ALV 22 %	<u>3 320 000 mk/a</u>
	18 380 000 mk/a

Helsingissä tammikuun 26. päivänä 2000

VESIHYDRO OY

Laatinut: Timo Laitinen