



Suomen ympäristökeskus
PL 140
00251 HELSINKI



Läntisen Pien-Saimaan virtausmittaukset kesällä 2010

Jonna Kuha, Ninni Liukko ja Timo Huttula
Suomen ympäristökeskus, Malliyksikkö
Pien3D – hanke (EAKR 802329)
17.1.2011

Sisällys

Läntisen Pien-Saimaan virtausmittaukset kesällä 2010	1
1. Johdanto.....	3
2. Hydrologiset olosuhteet ja sää kesällä 2010	4
3. Virtausmittaukset	6
4. Tulokset	8
a. Uimurimittaukset eri salmissa.....	8
b. Kopinsalmi, automaattinen virtausmittaus ensimmäisellä jaksolla	9
c. Virtausmittaukset automaattilaitteilla kolmessa salmessa toisella jaksolla.....	12
5. Virtauksia aiheuttavat tekijät	14
6. Yhteenveto	15
Raportissa käytetyt lyhenteet ja termit.....	20

1. Johdanto

Tämä työ on osa läntisen Pien-Saimaan pumpaamohankkeeseen ja siihen liittyvää virtaus- ja vedenlaatumallin kehittämistyötä. Sitä on rahoittanut Euroopan Aluekehitysrahasto (EAKR hankenumero 802329). Mittaukset toteutettiin kesällä 2010 touko-heinäkuussa Kuvassa 1. esitetyllä alueella. Ensimmäinen mittausjakso oli 17.5.-22.6. ja toinen 22.6.-19.7.2010.

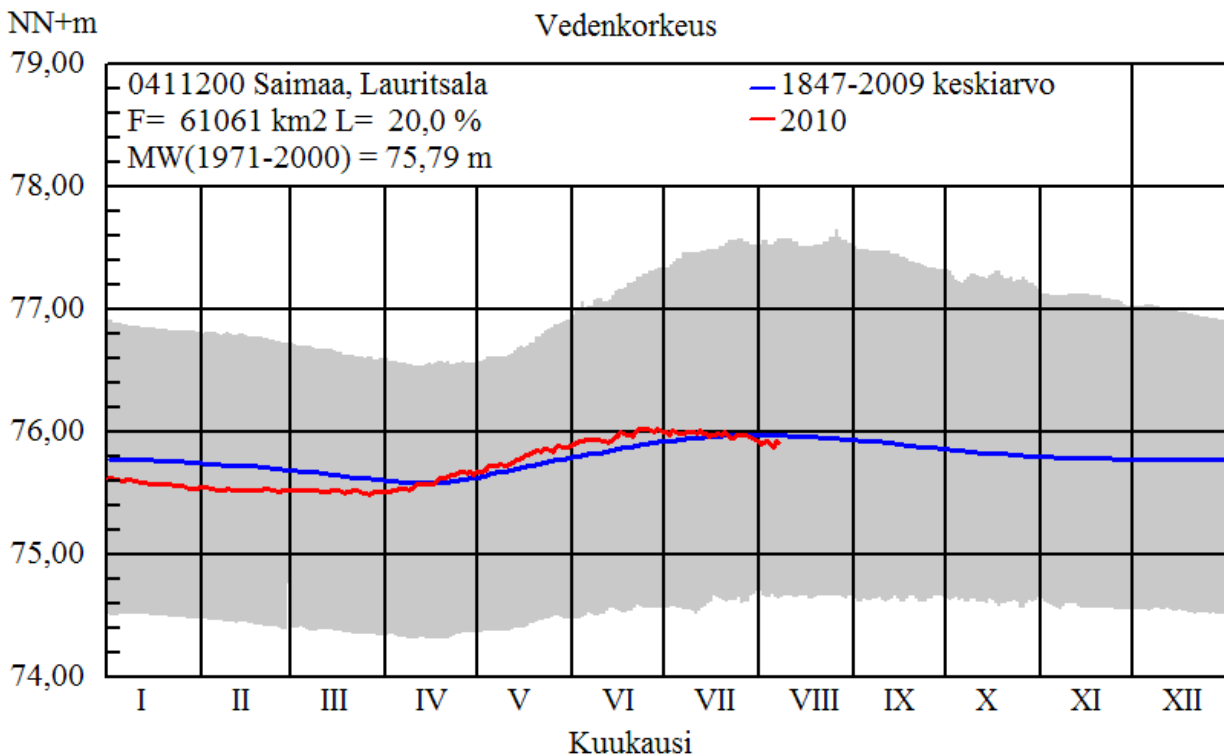


Kuva 1. Virtausmittauspaikat kesällä 2010, Levänen(1), Kopinsalmi(2), Kirjamoinen (3), Kivisalmi (4) ja Voisalmi(5).

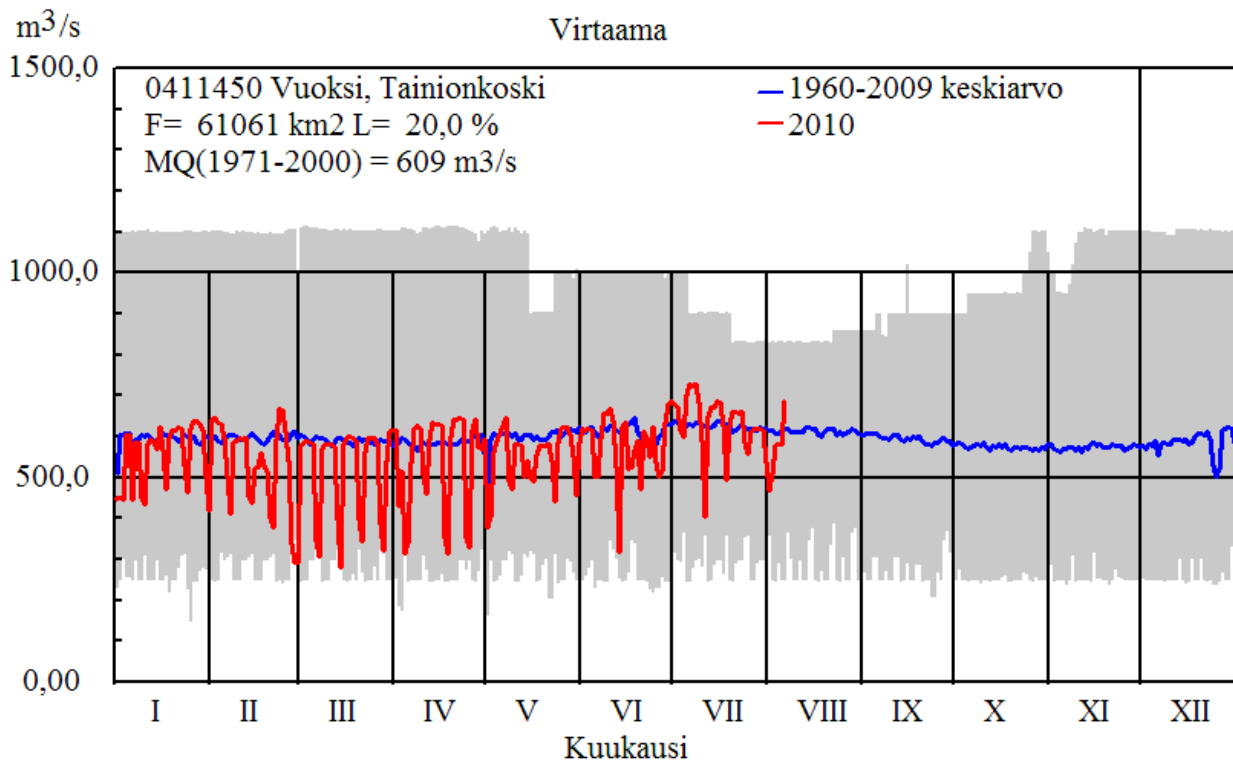
Mittauksista vastasi Suomen ympäristökeskuksen Malliyksikkö. Mittaukset toteutettiin yhteistyössä Lappeenrannan seudun ympäristötoimen kanssa. Etelä-Saimaan Meripelastusseura avusti virtausmittauksissa ja mittareiden asennuksissa. Pähäniemenselälle asennettiin erikseen vedenkorkeusasema, jonka toimitti Luode Consulting Oy.

2. Hydrologiset olosuhteet ja sää kesällä 2010

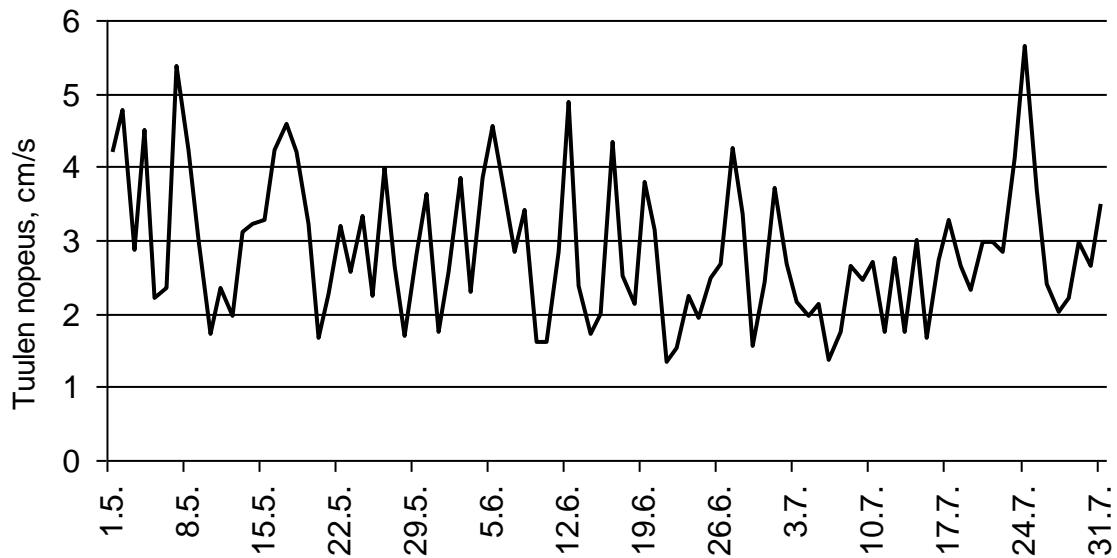
Saimaan vedenkorkeus vastasi mittausjakson aikana Saimaan pitkäaikaisia arvoja (Kuva 2).. Saimaan lähtövirtaama jäi normaaliarvojen alapuolelle (Kuva 3). Tuulenoisuus Lappeenrannan havaintoasemalla touko-heinäkuussa oli keskimäärin 3,0 m/s ja jäi 10% pitkäaikaisen keskiarvon alapuolelle. Tuulet jakaantuivat jonkin verran erilailta mittausjaksojen aikana (Kuva 4a, b). Kummallakin jaksolla tuulikomponenttien keskiarvot olivat pieniä. Ensimmäisellä jaksolla tuuliresultantti osoitti heikkona (0,1 m/s) kohti koillista (Taulukko 1). Toisella jaksolla resultantti osoitti kohti lounasta (0,9 m/s). Tuulien vuorokausiarvojen ääriarvojen kohdalla ei ollut mainittavaa eroa jaksojen aikana.



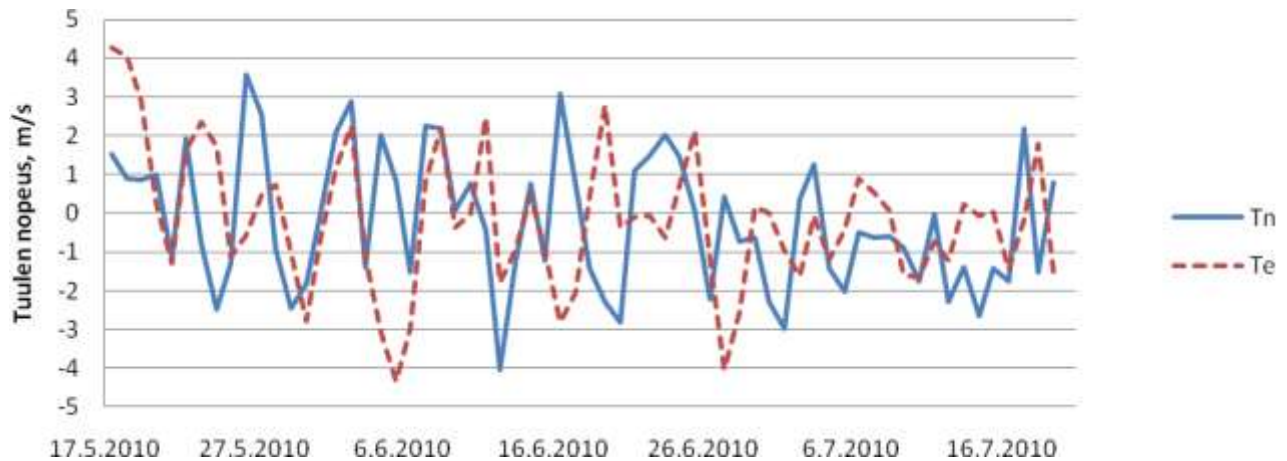
Kuva 2. Saimaan vedenkorkeus Lauritsalan asteikolla vuonna 2010 (SYKE, Hertta-tietokanta).



Kuva 3. Vuoksen Tainionkosken virtaama vuonna 2010 (SYKE, Hertta-tietokanta).



Kuva 4a. Tuulen nopeuden vuorokausikeskiarvo Ilmatieteen laitoksen Lappeenrannan havaintoasemalla jaksolla 1.5.-31.7.2010.



Kuva 4b. Tuulen pohjois- (Tn) ja itäkomponentin (Te) vuorokausikeskiarvot Ilmatieteenlaitoksen Lappeenrannan lentoaseman havaintoasemalla jaksolla 17.5.-19.7.2010. Komponenttien arvot on laskettu tuulen tulosuuntaan.

Taulukko 1. Tuulen pohjois- (TN) ja itäkomponentin (TE) tunnuslukuja laskettuna Ilmatieteenlaitoksen tunnin välein tekemistä havainnoista Lappeenrannan lentoasemalla.

Jakso	TN-keskiarvo (m/s)	TN maksimi (m/s)	TN minimi (m/s)	TE-keskiarvo (m/s)	TE maksimi (m/s)	TE minimi (m/s)
17.5.-22.6.2010	0,1	5,4	-7,1	0,1	6,6	-7,6
22.6.-19.7.2010	-0,7	4,5	-5,4	-0,5	4,0	-6,8

3. Virtausmittaukset

Virtausmittaukset keskittyivät viiteen salmeen ja niissä käytettiin sekä manuaalisia että automaattisia mittalaitteita. (Taulukko 2). Salmet olivat Leväsensalmi, Kopinsalmi, Kirjamoinssalmi, Kivisalmi ja Voisalmi (Kuva 1).

Leväsensalmi ja Kopinsalmi ovat vedenvaihtoreittinä Maaveden ja muun Läntisen Pien-Saimaan välillä siten, että vesialue on yhteydessä lännessä Leväsensalmen kautta läntisen Pien-Saimaan länsiosaan ja Kopinsalmen kautta itäiseen osaan. Kolme muuta mittauspaikkaa ovat Pien-Saimaan länsiosaa jakavan pengertien silta-aukot Taipalsaaren kirkonkylältä etelään.

Taulukko 2. Virtausmittaukset 17.5.-19.7.2010. Päivämäärä kertoo milloin manuaalinen mittaus tai automaattilaitteen asennus on tehty. Automaattisen mittauksen jakso rasterilla, lopetuspäivämäärä merkitty.

Mittaus	Vk 20	Vk 21	Vk 22	Vk 23	Vk 24	Vk 25	Vk 26	Vk 27	Vk 28	Vk 29
Uimurimittaus	18.5.	25.5.		8.6.		22.6.				19.7.
ADCP	17.5.	x	x	x	x	22.6.				
RCM9						22.6.	x	x	x	19.7.
Vedenkorkeus				8.6.	x	x	x	x	x	19.7.

Virtausta mitattiin salmissa manuaalisesti uimureilla (Kuva 5) viitenä päivänä, jotka pyrittiin valitsemaan niin, että niiden aikana tuuliolot olivat erilaiset. Ensimmäisellä uimurimittauskerralla salmista määritettiin uoman profiili ja poikkileikkauksen pinta-ala. Uimurimittaukset tehtiin salmien

ahtaimmista paikoista, joita olivat silta-aukot. Pinta-alaltaan salmista suurin on Kirjamoinen ja pienin Kivisalmi. Maaveden purkautumissalmista Kopinsalmi on suurempi kuin Leväsensalmi (Taulukko 3). 17.5. mitatut salmien silta-aukkojen poikkileikkausprofiilit ovat Liitteessä 1.

Taulukko 3. Salmien poikkileikkauksen pinta-ala sekä keski- ja maksimisyvyys.

Salmi	A, m ²	maksimi syvyys, m	keskisyvyys, m
Levänen	28,3	3,8	2,2
Kopinsalmi	36,1	5,4	4,4
Kirjamoinen	202,8	4,5	3,9
Kivisalmi	2,7	0,8	0,6
Voisalmi	13,9	2,0	1,2

Virtausmittaukset tehtiin kullakin mittauskerralla samassa järjestyksessä kuvan 1 numeroinnin mukaan, joten mittaukset kullakin mittauskerralla ajoittuvat kussakin salmessa samaan vuorokaudenaikaan.

Salmen syvyydestä riippuen uimureilla mitattiin 1-3 syvyydellä (uimurin korkeus 1 m). Lyhyitä virtausmittauksia tehtiin salmien silta-aukkojen kohdalla mittaamalla sekuntikellolla uimurin kulkeutumisaika sillan ali, jolloin saatiin tarkkoja virtausnopeustietoja. Kirjamoinensalmessa kaikki mittaukset tehtiin GPS-paikantimen avulla korkean sillan vuoksi.

Kopinsalmeen pohjaan asennettiin profiloiva ADCP-virtausmittari (Kuva 2b) 5 metrin syvyyteen silta-aukon kaakkoispuolelle (N 61° 11'19, E 28° 07'01). Se mittasi veden virtausnopeutta ja suuntaa 0,5 m paksuisissa vesikerroksissa. Tiedot tallentuivat automaattisesti laitteen muistiin 15 minuutin välein. Mittari keräsi virtaustietoja jaksolla 17.5.-22.6.2010.

Yhdessä tasossa mittaavia RCM9-virtausmittareita (Kuva 5c) asennettiin kolmeen salmeen; Leväsensalmeen, Kopinsalmeen ja Kirjamoinensalmeen. Mittarit asennettiin Kopinsalmen ADCP-virtausmittarin noston yhteydessä vesipatsaan puoleen väliin ja ne jatkoivat mittaamista jakson loppuun asti. Eli niiden mittausjakso oli 22.6.-19.7.2010.

Luode Consulting Oy:n vedenkorkeusanturi asennettiin Päihäniemen rantaan 8.6.2010 Laite mittasi paineanturin (Keller Druckmesstechnik 26-W, kuva 5d) avulla vedenkorkeutta 10 minuutin välein mittausjakson loppuun asti (Kuva 6). Tiedot päivittyivät Luode Consulting Oy:n verkkosivulle, josta ne olivat ladattavissa taulukkomuotoisena.



Kuvat 5a-d. Lieriöuimureita (a, vasen), ADCP-virtausmittari (b), RCM9-virtausmittari (c) sekä paineanturi (d) vedenkorkeuden mittaamista varten.



Kuva 6. Saimaan vedenkorkeus jaksolla 8.6.-19.7.2010 Pähäniemessä (Huom. Asteikko ilmoittaa vedenkorkeuden anturin yläpuolella).

4. Tulokset

a. Uimurimittaukset eri salmissa

Mittauspäivien tuulitilanteet mittauksia edeltävien 12 tunnin ajalla olivat seuraavat; 18.5. itätuuli, jonka nopeus oli keskimäärin 4,7 m/s, 25.5. lounastuuli keskinopeus 3,3 m/s, 8.6. koillistuuli keskinopeus 4,8 m/s, 22.6. pohjoistuuli keskinopeus 2,5 m/s ja 19.7. luodetuuli keskinopeus 2,9 m/s. Tuuli oli yleensä voimakkainta tuuli aamulla Leväsensalmen mittauksen aikana ja tyyntyi Kivisalmen ja Voisalnessa mittauksen aikana.

Mittauksen toistojen määrä kullakin mittauskerralla vaihteli. Jokaisessa paikassa pyrittiin mittaamaan kolme toistoa/syvyys. Poikkeuksena oli Kirjamoinen salmi, jossa salmen koon vuoksi toistoja ei tehty lainkaan, vaan salmi jaettiin leveys suunnassa kolmeen osaan. Jatkotarkasteluissa

Kirjamoinisalmen kohdalla käytetään näiden tulosten keskiarvoja. Toistoja ei myöskään tehty, jos salmen virtaussuunnassa havaittiin edestakaista lyhytaikaista heilahtelua tai jos koko silta-aukon läpi kestävä virtausta ei havaittu.

Salmissa mitatut virtausnopeudet vaihtelivat tyynestä tilanteesta arvoon 53 cm/s. Virtaussuunta vaihteli ja eroja havaittiin eri kerrosten välillä (Taulukot 4a-e).

Taulukko 4a. Uimurimittausten tulokset Leväsensalmesta kesällä 2010; virtausnopeus ja suunta eri kerroksissa.

Pvm	Pinta (0-1 m)				Pohja (1,5-2,5 m)			
	Virtausnopeus (cm/s)			Virtauksen suunta	Virtausnopeus (cm/s)			Virtauksen suunta
	keskiarvo	±keskihajonta	keskivirhe		keskiarvo	±keskihajonta	keskivirhe	
18.5.	45,1	0,01	0,01	270	40,9	0,02	0,01	270
25.5.	22,5	0,08	0,04	90	virtauksen suunta vaihtui			
8.6.	50,5	0,03	0,02	270	49,8	0,02	0,01	270
22.6.	virtauksen suunta vaihteli				virtauksen suunta vaihteli			
19.7.	23,7	0,03	0,02	270	21,8	0,03	0,02	270

Taulukko 4b. Uimurimittausten tulokset Kopinsalmesta kesällä 2010 ; virtausnopeus ja suunta eri kerroksissa.

Pvm	Pinta (0-1 m)				Pohja (1,5-2,5 m)			
	Virtausnopeus (cm/s)			Virtauksen suunta	Virtausnopeus (cm/s)			Virtauksen suunta
	keskiarvo	±keskihajonta	keskivirhe		keskiarvo	±keskihajonta	keskivirhe	
18.5.	38,93	0,01	0,01	360	38,03	0,02	0,01	360
25.5.	20,41	0,03	0,01	180	18,45	0,04	0,02	180
8.6.	28,60	0,02	0,01	360	27,85	0,02	0,01	360
22.6.	33,06	0,05	0,02	360	35,20	0,02	0,01	360
19.7.	virtauksen suunta vaihteli				virtauksen suunta vaihteli			

Taulukko 4c. Uimurimittausten tulokset Kirjamoinen salmesta kesällä 2010; virtausnopeus ja suunta eri kerroksissa.

Pvm	Pinta (0-1 m)				Välivesi (1-2 m)				Pohja (2-3 m)			
	Virtauksen			suunta	Virtauksen			suunta	Virtauksen			suunta
	keskiarvo	±keskihajonta	keskivirhe		keskiarvo	±keskihajonta	keskivirhe		keskiarvo	±keskihajonta	keskivirhe	
18.5.	18,6	6,17	3,56	270	17,3	5,05	2,92	270	17,1	5,05	2,92	270
25.5.	virtauksen suunta vaihteli				virtauksen suunta vaihteli				6,2	3,08	1,78	90
8.6.	virtauksen suunta vaihteli				4,2	0,68	0,40	90	5,8	1,62	0,94	90
22.6.	8,6	1,01	0,59	90	10,0	0,88	0,51	90	7,6	1,06	0,61	90
19.7.	17,4	5,20	3,00	90	18,0	2,96	1,71	90	20,0	0,81	0,47	90

Taulukko 4d. Kivisalmen ja Voisalmen uimuri mittausten tulokset; virtausnopeus ja suunta eri kerroksissa.

Pvm	Pinta (0-1 m)				Pvm	Pinta (0-1 m)			
	Virtausnopeus (cm/s)			Virtauksen suunta		Virtausnopeus (cm/s)			Virtauksen suunta
	keskiarvo	±keskihajonta	keskivirhe			keskiarvo	±keskihajonta	keskivirhe	
18.5.	16,2	0,08	0,04	270	18.5.	virtauksen suunta vaihteli			
25.5.	24,2	0,05	0,02	270	25.5.	32,6	0,02	0,01	270
8.6.	virtauksen suunta vaihteli				8.6.	12,4	0,07	0,04	90
22.6.	18,2	0,02	0,01	270	22.6.	virtauksen suunta vaihteli			
19.7.	virtauksen suunta vaihteli				19.7.	28,0	0,01	0,00	90

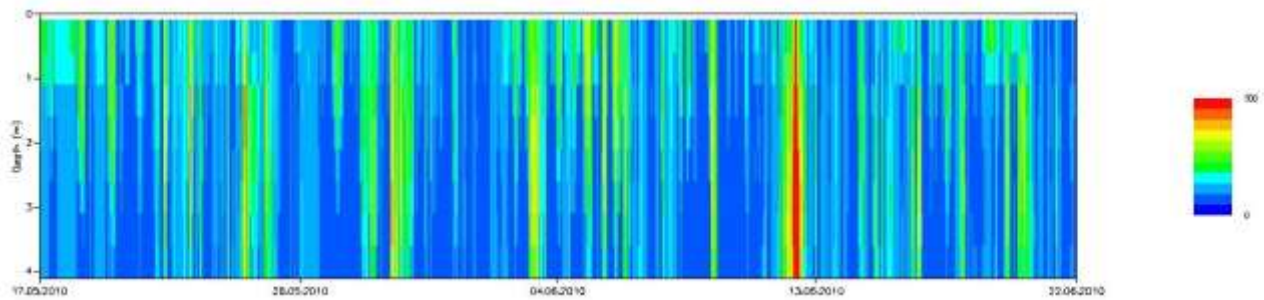
b. Kopinsalmi, automaattinen virtausmittaus ensimmäisellä jaksolla

Kopinsalmeen asennetun ADCP-mittarin tuottama virtausaineisto on esitetty kuvissa 7a-b. Virtausolot vaihtelivat siten, että takaisinvirtausta Maavedelle rekisteröitiin 53,9 % mittausjakson ajalta. Maaveden veden poisvirtauksen aikana virtausnopeudet olivat kuitenkin suurempia (Kuva 7a). Laitteen suurin havaitsema nopeus oli jopa 96,1 cm/s. Salmen suuntaisen (157,5⁰ eli pois päin

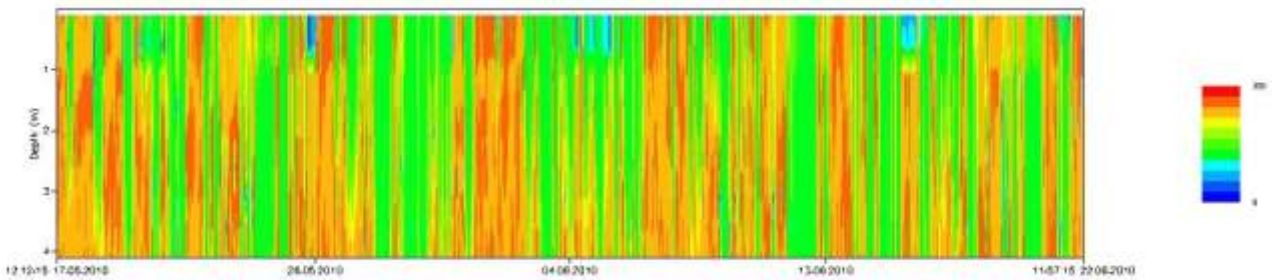
Maavedeltä) virtauskomponentin suurin arvo oli 81,7 cm/s (Kuva 8a). Salmen poikkisuuntaisen virtauskomponentin ($247,5^\circ$) vaihtelu on esitetty kuvassa 8b.

Pinta- ja pohjavirtauksien välillä oli eroja. Salmen suuntaisen komponentin arvo pinnassa oli keskimäärin 2,5 cm/s kun se pohjalla oli 0,4 cm/s. Jakson keskivirtaamaksi salmessa saatiin $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ja se suuntautui Maavedeltä pois päin.

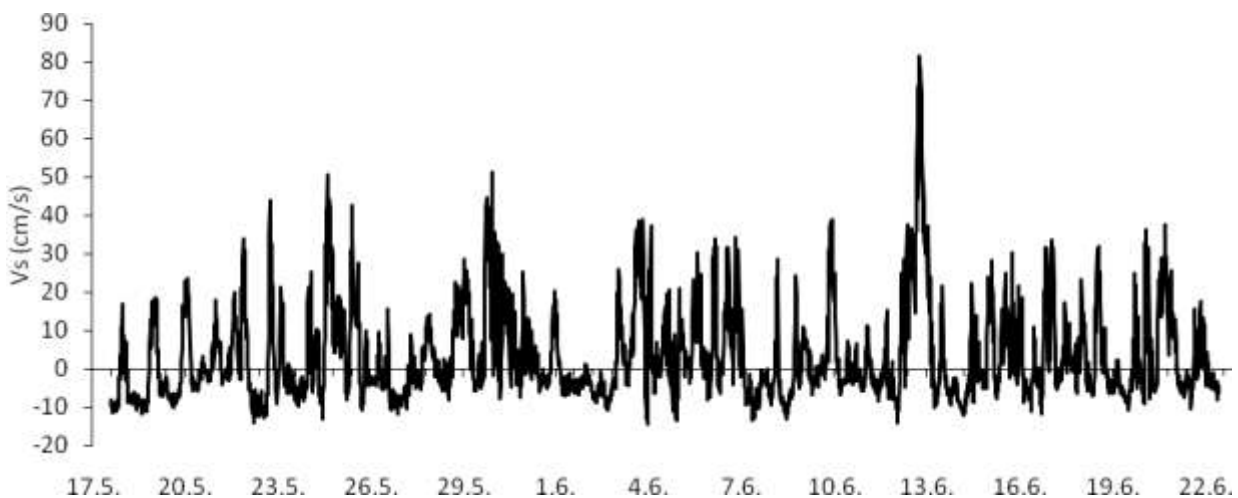
Jakson keskimääräinen salmensuuntainen virtausprofiili on esitetty kuvassa 9a ja vastaava salmen poikkisuuntainen profiili on esitetty kuvassa 9b. Salmen pääsuuntaan (poispäin Maavedeltä) nähden poikkisuuntaisen virtauksen nopeus oli keskimäärin 0,5 cm/s pinnassa ja 0,3 cm/s pohjassa. Virtausmittaria ei voitu asentaa täysin silta-aukon keskelle, veneväylälle, vaan se sijaitsi purkautumissuunnasta katsottuna hieman oikealla, mikä selittää keskimääräistä oikealle suuntautuvaa virtausta.



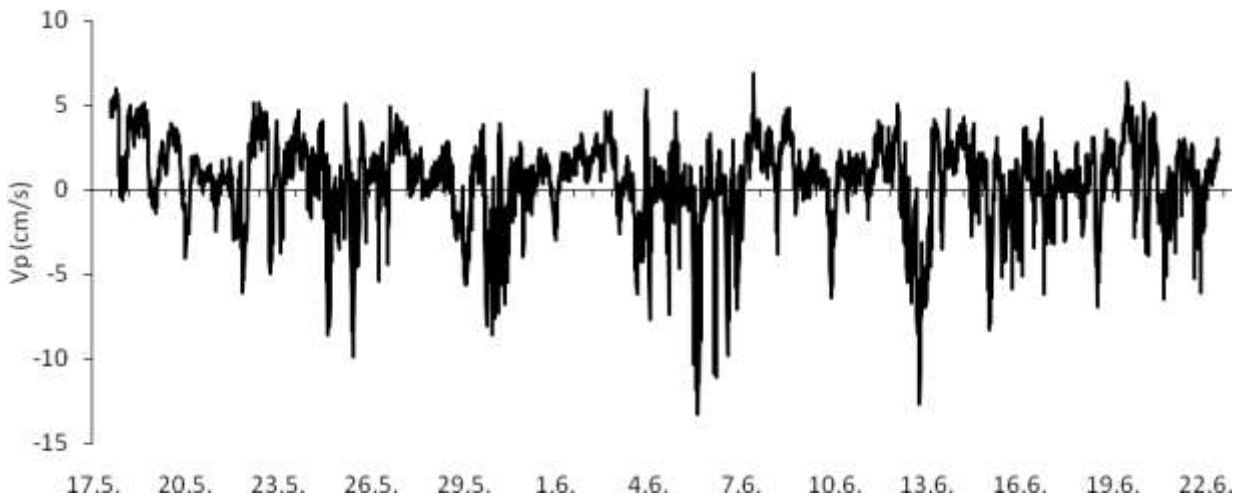
Kuva 7a. ADCP-virtausmittarin mitaama virtausnopeus Kopinsalmessa 17.5.-22.6.2010 kussakin 0,5 m kerroksessa (yli 50 cm/s virtausnopeus punaisella).



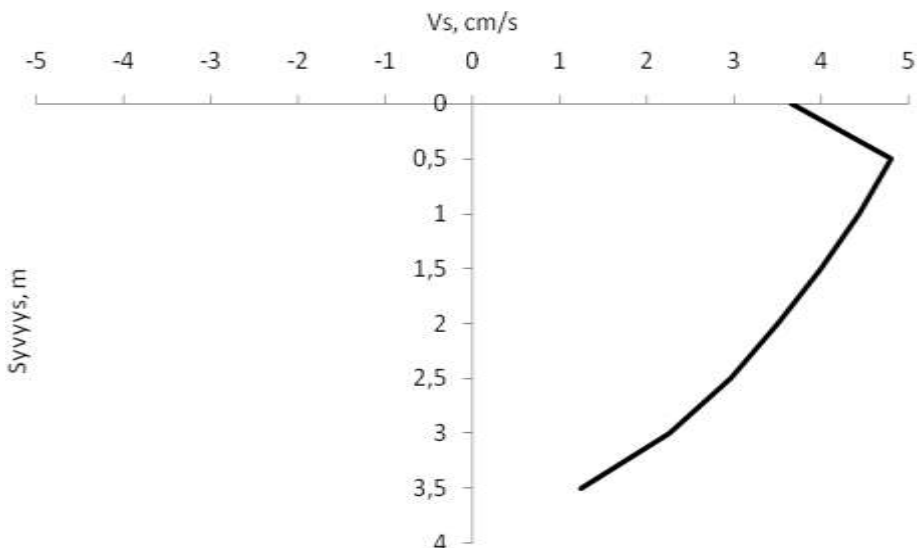
Kuva 7b. ADCP-virtausmittarin mitaama virtaussuunta Kopinsalmessa 17.5.-22.6.2010 kussakin 0,5 m kerroksessa.



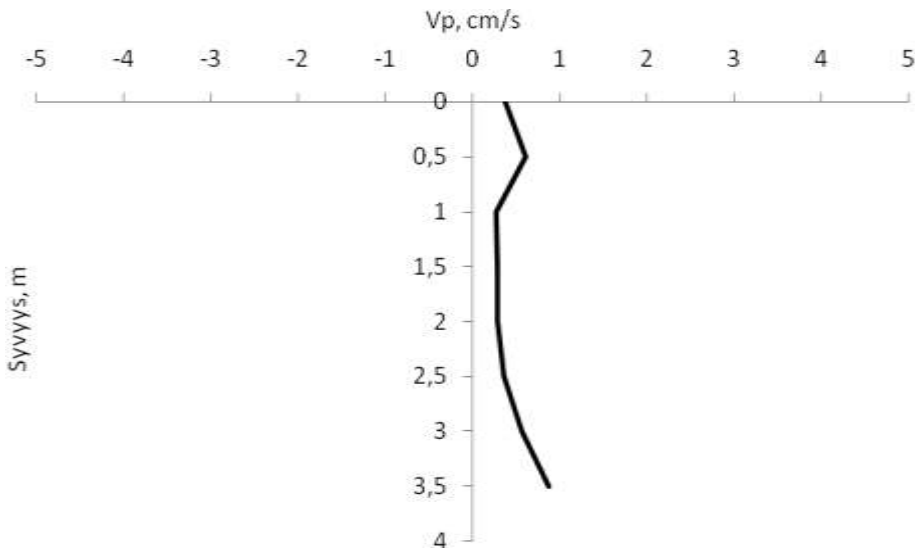
Kuva 8a. Kopinsalmessa mitattujen virtausten salmen pääsuuntaan (V_s) otettujen komponenttien kaikkien kerrosten keskiarvo jaksolla 17.5.-22.6.2010 (positiivinen arvo virtausta Maavedeltä pois päin).



Kuva 8b. Kopinsalmessa mitattujen virtausten salmen poikkisuuntaan (V_p) otettujen komponenttien kaikkien kerrosten keskiarvo jaksolla 17.5.-22.6.2010. Positiivinen arvo tarkoittaa virtausta pääsuuntaan nähden oikealle.



Kuva 9a. Salmen suuntaisen virtauskomponentin keskimääräiset arvot eri 0,5 m vesikerroksissa Kopinsalmessa jaksolla 17.5.-22.6.2010. Positiiviset arvot purkautumissuuntaan (Maavedeltä pois päin), negatiiviset palautuvaan suuntaan.



Kuva 9b. Salmen poikkisuuntaisen virtauskomponentin keskimääräiset arvot eri 0,5 m vesikerroksissa Kopinsalmessa 17.5.-22.6.2010. Positiiviset arvot purkautumissuunnasta oikealle, negatiiviset vasemmalle.

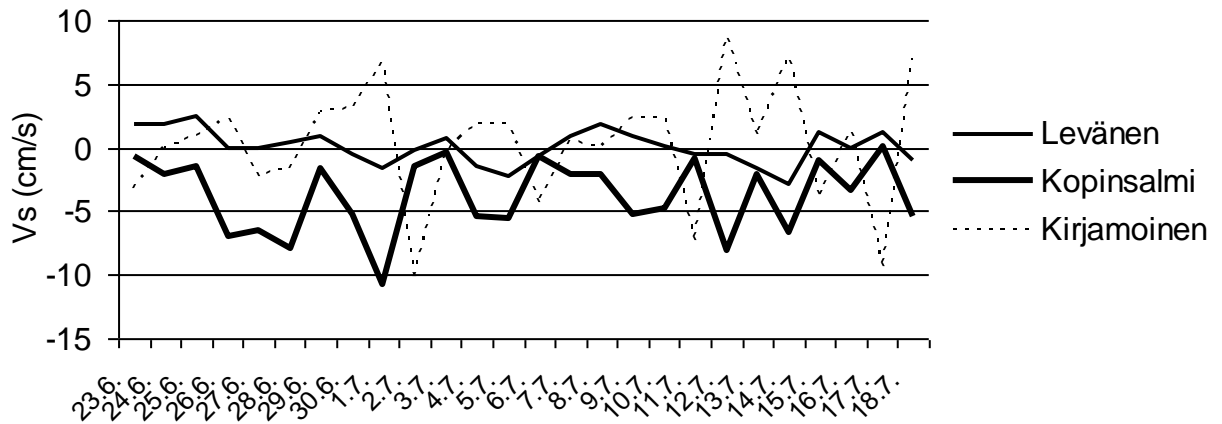
Salmensuuntaisen virtausvektorin ajallinen vaihtelu on yllä esitetty kuvassa 8a. Pitkäkestoisin yhtäjaksoinen virtausjakso pois päin Maavedeltä kesti 24,5 h ja se sattui 12.6.-13.6.. Tuuli oli tällöin keskimäärin 4,8 m/s etelästä. Keskimäärin vettä virtasi pois Maavedeltä tuolloin 11,3 m³/s. Pisin yhtäjaksoinen virtausjakso Maavedelle päin kesti puolestaan 22 h ja se sattui 1.6.-2.6. koillistuulen (4 m/s) aikaan. Virtaama oli tällöin keskimäärin 2,1 m³/s.

c. Virtausmittaukset automaattilaitteilla kolmessa salmessa toisella jaksolla

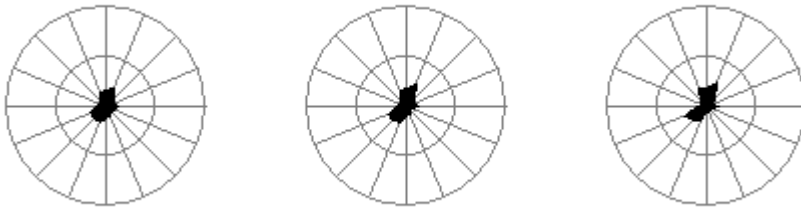
Leväensalmeen, Kopinsalmeen ja Kirjamoinsalmeen asennetut RCM9-mittarit mittasivat yhtäaikaisesti virtauksia jaksolla 22.6.-19.7.2010. Salmien virtausolojen tunnusluokat (keskiarvo, minimi ja maksimi) on esitetty taulukossa 5. Takaisinvirtausta rekisteröitiin Leväensalmessa 49,2 % havaintoajasta, Kopinsalmessa 64,8 % ja Kirjamoinsalmessa 48,7 % ajasta (Levän- ja Kopinsalmessa Maavedelle päin ja Kirjamoinsalmessa läntisen Pien-Saimaan länsiosaan päin). Salmen pääsuuntaisen komponentin vuorokausikeskiarvo kullakin mittauspisteellä on esitetty kuvassa 10. Virtaussuunnan jakautuminen salmissa ilmansuunnittain on esitetty virtausruusuina kuvissa 11-13.

Taulukko 5. Salmen pääsuuntaisen (V_s) ja poikkisuuntaisen (V_p) komponentin tunnuslukuja kesä-heinäkuun mittausjaksolta. Positiivinen V_s -arvo tarkoittaa virtausta Maavedeltä pois päin Leväensalmessa ja Kopinsalmessa, Kirjamoinsalmessa virtausta itään.

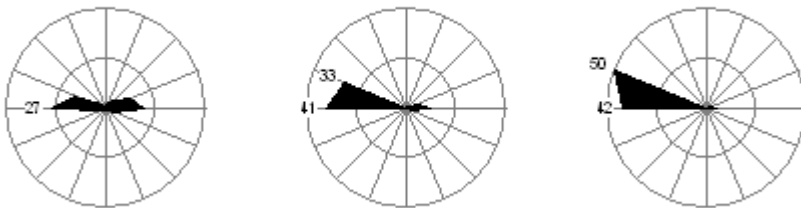
	Levänen		Kopinsalmi		Kirjamoinen	
	V_s (cm/s)	V_p (cm/s)	V_s (cm/s)	V_p (cm/s)	V_s (cm/s)	V_p (cm/s)
keskiarvo	0,04	0,29	-3,74	-0,08	0,16	-0,15
minimi	-9,05	-7,12	-45,92	-4,08	-41,98	-8,21
maksimi	9,84	8,68	10,15	3,45	39,16	7,96



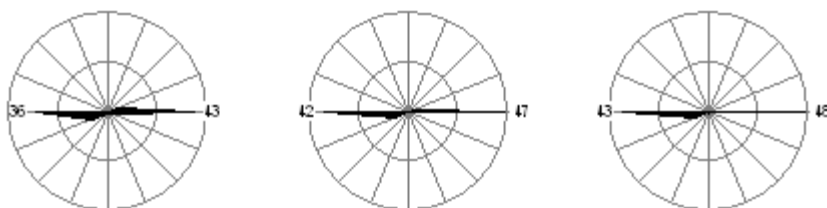
Kuva 10. Salmen pääsuunnan virtauskomponentin vuorokausikeskiarvo (V_s) kussakin salmessa kesä-heinäkuun mittausjakson aikana (positiivinen arvo virtausta Maavedeltä poispäin Leväsensalmessa ja Kopinsalmessa, Kirjamoinensalmessa virtausta itään).



Kuva 11. Virtausruusut (% ulkokehä 50%) Leväsensalmessa kesä-heinäkuussa 2010. Vasemmalla virtauksen suunta, keskellä virtausvektorin pituus ja oikealla virtauksen liike-energia.



Kuva 12. Virtausruusut (% ulkokehä 50%) Kopinsalmessa kesä-heinäkuussa 2010. Vasemmalla virtauksen suunta, keskellä virtausvektorin pituus ja oikealla virtauksen liike-energia.



Kuva 13. Virtausruusut (% ulkokehä 50%) Kirjamoinisalmissa kesä-heinäkuussa 2010. Vasemmalla virtauksen suunta, keskellä virtausvektorin pituus ja oikealla virtauksen liike-energia.

5. Virtauksia aiheuttavat tekijät

Virtauksen ja tuulen sekä vedenkorkeuden yhteyttä tutkittiin korrelaation (Spearman) ja lineaarisen regression avulla. Salmen suuntaisen virtauksen selittävinä muuttujina käytettiin Lappeenrannan lentoaseman tuulitietoja (tuulen pohjois- ja itäkomponenttia, positiiviset suunnat tuulen tulosuuntaan) sekä Pähäniemeen asennetun vedenkorkeusaseman tietoja. Analyysi tehtiin vuorokausikeskiarvojen perusteella, jolloin virtausten lyhytaikaisvaihtelut tasoittuvat ja aineisto kuvaa veden kulkeutumista vuorokausitasolla. Askeltavalla regressioanalyysillä haettiin parasta lineaarista mallia, joka selitti virtausten vaihtelua.

Ensimmäiselle mittausjaksolle 18.5.-21.6.2010 tehtiin lineaarinen regressio ADCP-mittarin havaitsemien Kopinsalmen virtausten (koko syvyyden keskiarvo) ja tuulen välille. Parhaiksi regressioyhtälöiksi saatiin

$$\begin{aligned} V_s &= 2,09T_n + 1,26T_e - 3,44 & R^2(\text{adj}) &= 71,3\% \\ V_p &= -1,36T_n - 1,14T_e + 1,15 & R^2(\text{adj}) &= 76,4\%, \end{aligned}$$

missä V_s on virtauskomponentti salmen pääsuuntaan $157,5^\circ$ ja V_p on virtauskomponentti salmen poikkisuuntaan $247,5^\circ$.

Yhtälöistä on nähtävissä, että tuuli ja erityisesti sen pohjoiskomponentti vaikuttaa Kopinsalmen virtaukseen sekä pää- että poikkisuunnassa. Tämä näkyy myös korrelaatiokertoimissa (Taulukko 6).

Taulukko 6. ADCP-virtausmittarin aineistosta lasketut virtauksen salmensuuntaisen (V_s) ja salmen poikkisuuntaisen (V_p) komponentin korrelaatiot tuulen pohjois- ja itäkomponenttien kanssa jaksolla 18.5.-21.6.2010.

Correlations

			Tn	Te	Vs average	Vp average
Spearman's rho	Tn	Correlation Coefficient	1,000	,208	,707**	-,668**
		Sig. (2-tailed)	.	,231	,000	,000
		N	35	35	35	35
	Te	Correlation Coefficient	,208	1,000	,651**	-,721**
		Sig. (2-tailed)	,231	.	,000	,000
		N	35	35	35	35
	Vs average	Correlation Coefficient	,707**	,651**	1,000	-,986**
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,000
		N	35	35	35	35
	Vp average	Correlation Coefficient	-,668**	-,721**	-,986**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	.
		N	35	35	35	35

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Toiselle mittausjaksolle (22.6.-18.7.2010) regressiot laskettiin kaikille kolmelle salmelle. Parhaat yhtälöt on esitetty alla:

$$\begin{aligned} \text{Kopinsalmi } (V_s=157,5^\circ): \quad V_s &= 1,67T_n + 0,61T_e - 0,59W + 51,91 & R^2(\text{adj}) &= 67,9\% \\ V_p &= -0,16T_n - 0,19 & R^2(\text{adj}) &= 22,1\% \end{aligned}$$

Leväsensalmi ($V_s=225^\circ$): $V_s=0,60T_n+0,49$ R^2 (adj)=37,8%
 $V_p=-0,36T_n-0,30T_e+0,16$ R^2 (adj)=27,3%

Kirjamoinssalmi ($V_s=90^\circ$): $V_s=-2,38T_n-1,58$ R^2 (adj)=46,6%
 $V_p=0,62T_n+0,33$ R^2 (adj)=42,0%

Nyt Kopinsalmen pääsuunnan virtauksille saatiin jälleen korkea selitysaste ja virtaukseen vaikutti jälleen tuulen pohjoiskomponentti itäkomponenttia enemmän. Myös Päihänniemessä mitattu pinnankorkeus tuli nyt mukaan selittäjänä. Poikkisuuntaisen virtauksen selittäjäksi saatiin nyt pelkästään tuulen pohjoiskomponentti.

Leväsensalmessa pääsuuntaista virtausta selittää parhaimmaksi valitussa mallissa vain tuulen pohjoiskomponentti, kun taas poikkisuuntaiseen virtaukseen vaikuttavat molemmat tuulen komponentit. Kirjamoinssalmen virtauksiin vaikuttaa pääasiassa tuulen pohjoiskomponentti. Leväsen- ja Kirjamoinssalmen regressiomalleissa selitysasteet ovat alle 50%. Tämä viittaa siihen, että virtauksiin näissä salmissa vaikuttavat merkittävästi myös muut tekijät tuulen ja Päihänniemien vedenkorkeuden lisäksi.

Virtausten ja niitä aiheuttavien tekijöiden väliset korrelaatiot kesä-heinäkuun jaksolla on esitetty taulukossa 7. Korrelaatioiden mukaan tuulen pohjoiskomponentti vaikuttaa erittäin merkittävästi ($p<0,01$, merkitty taulukossa kahdella tähdellä) pääsuuntaisiin virtauksiin kaikissa tarkastelluissa salmissa. Tuulen itäkomponentti vaikuttaa merkittävästi ($p<0,05$) ainoastaan Kopinsalmen pääsuuntaiseen virtaukseen. Päihänniemessä mitattu pinnankorkeus vaikuttaa vähintään merkittävästi Leväsensalmen ja Kirjamoinssalmen poikkisuuntaisiin virtauksiin, mutta ei muihin virtauksiin.

6. Yhteenveto

Läntisellä Pien-Saimaalla alkukesällä 2010 eri salmissa mitatut virtaukset riippuivat erittäin merkittävästi tuulista ja erityisesti sen pohjois-komponentista. Kopinsalmen virtaus on myös ajoittain riippuvainen Saimaan vedenkorkeuden tasosta. Tulokset antavat hyvät edellytykset Coherens 3D-virtaus- ja vedenlaatumallin soveltamiselle, kun niitä käytetään mallin antamien tulosten todentamiseen sekä reunaehtojen määrittämiseen.

Jyväskylä 17.1.2011

Jonna Kuha

Ninni Liukko

Timo Huttula

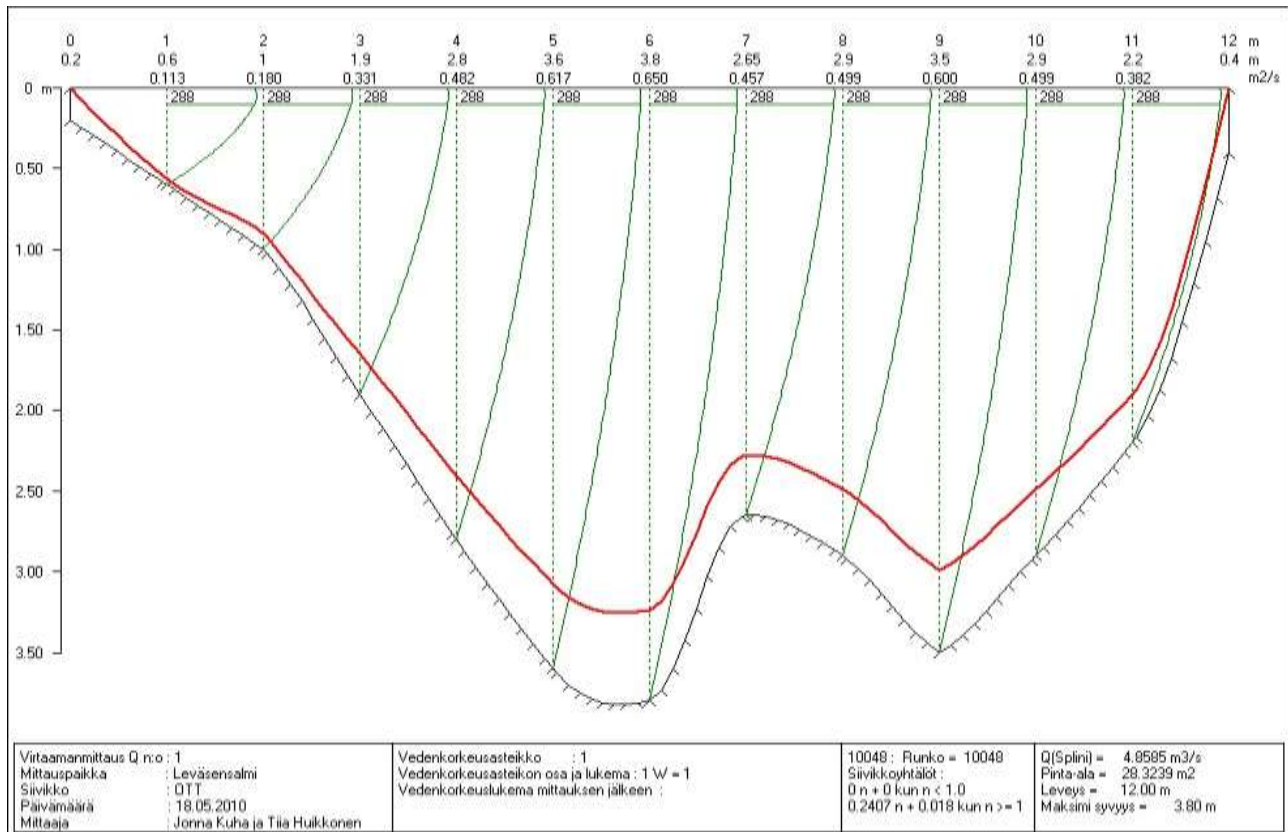
Taulukko 7. RCM9-virtausmittareiden aineistosta lasketut virtauksen salmensuuntaisen (Vs) ja salmen poikkisuuntaisen (Vp) komponentin korrelaatiot tuulen pohjois- ja itäkomponenttien kanssa sekä Pähäniemen pinnankorkeusaseman mittaaman vedenkorkeuden kanssa.

			Correlations								
			Tn	Te	Vs Lev	Vp Lev	Vs Kop	Vp Kop	Vs Kir	Vp Kir	Pinta
Spearman's rho	Tn	Correlation Coefficient	1,000	,151	,605**	-,502**	,749**	-,446*	-,798**	,694**	,398*
		Sig. (2-tailed)	.	,462	,001	,009	,000	,022	,000	,000	,044
		N	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Te	Correlation Coefficient	,151	1,000	,167	,318	,409*	-,330	,037	-,087	-,285
		Sig. (2-tailed)	,462	.	,414	,113	,038	,100	,859	,672	,159
		N	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Vs Lev	Correlation Coefficient	,605**	,167	1,000	-,258	,509**	-,930**	-,425*	,842**	,342
		Sig. (2-tailed)	,001	,414	.	,203	,008	,000	,030	,000	,088
		N	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Vp Lev	Correlation Coefficient	-,502**	,318	-,258	1,000	-,249	-,048	,493*	-,657**	-,391*
		Sig. (2-tailed)	,009	,113	,203	.	,221	,815	,010	,000	,048
		N	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Vs Kop	Correlation Coefficient	,749**	,409*	,509**	-,249	1,000	-,435*	-,711**	,356	-,084
		Sig. (2-tailed)	,000	,038	,008	,221	.	,026	,000	,074	,684
		N	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Vp Kop	Correlation Coefficient	-,446*	-,330	-,930**	-,048	-,435*	1,000	,209	-,642**	-,243
		Sig. (2-tailed)	,022	,100	,000	,815	,026	.	,306	,000	,231
		N	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Vs Kir	Correlation Coefficient	-,798**	,037	-,425*	,493*	-,711**	,209	1,000	-,493*	-,151
		Sig. (2-tailed)	,000	,859	,030	,010	,000	,306	.	,010	,460
		N	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Vp Kir	Correlation Coefficient	,694**	-,087	,842**	-,657**	,356	-,642**	-,493*	1,000	,515**
		Sig. (2-tailed)	,000	,672	,000	,000	,074	,000	,010	.	,007
		N	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Pinta	Correlation Coefficient	,398*	-,285	,342	-,391*	-,084	-,243	-,151	,515**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,044	,159	,088	,048	,684	,231	,460	,007	.
		N	26	26	26	26	26	26	26	26	26

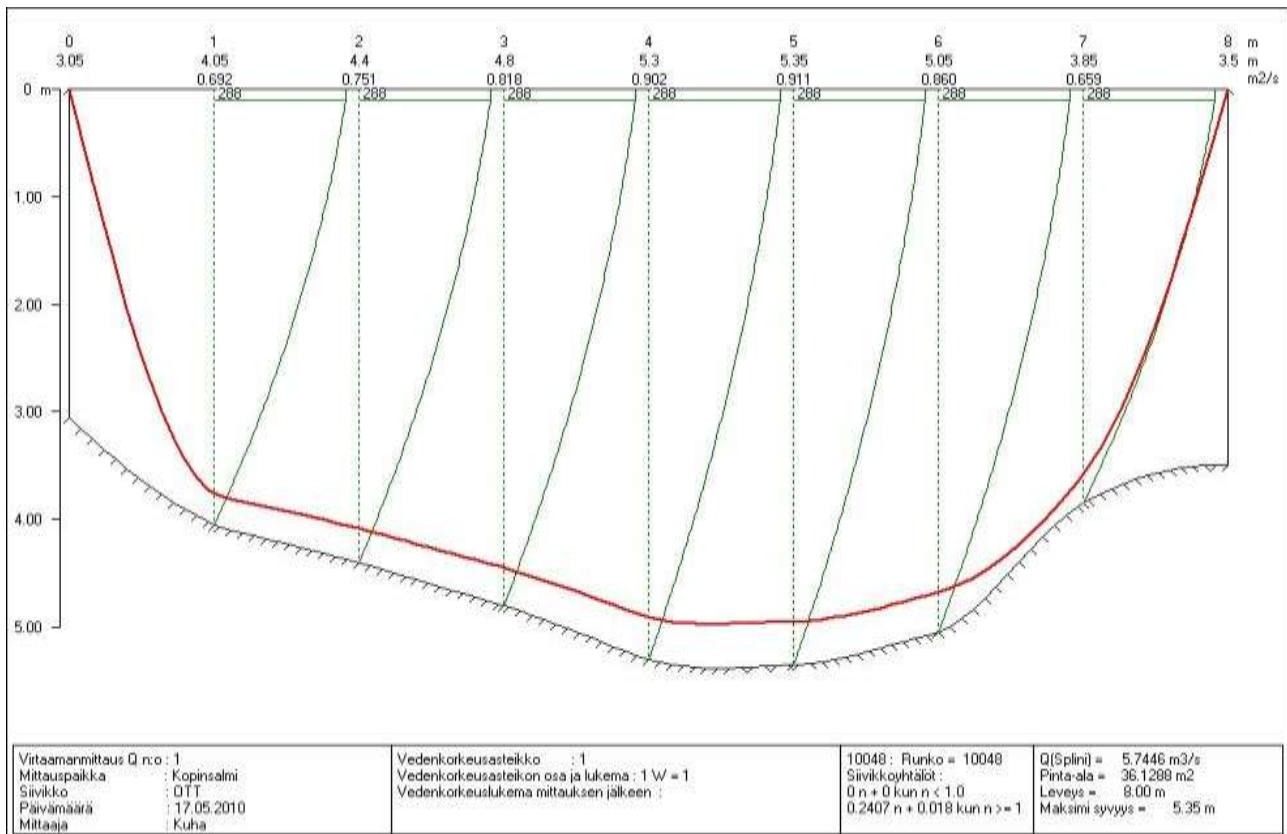
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

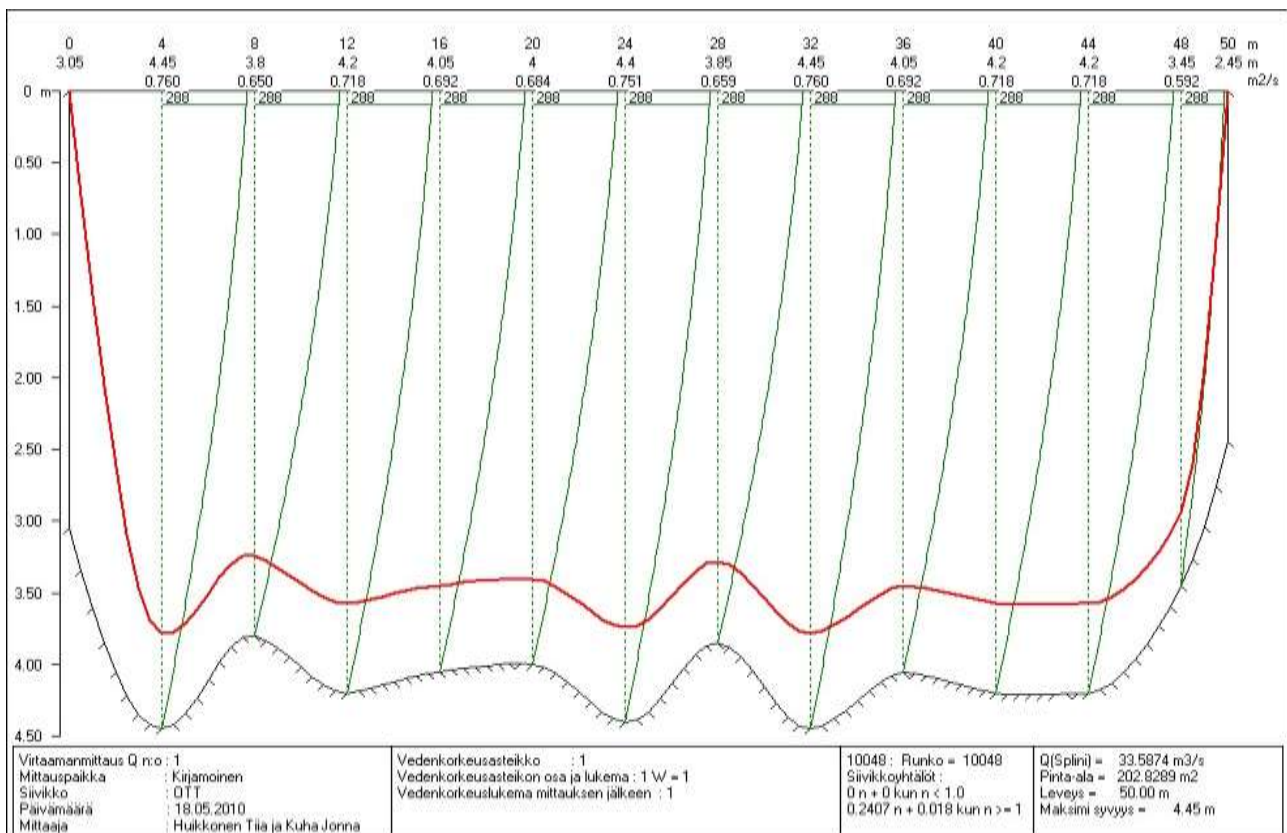
Liite 1



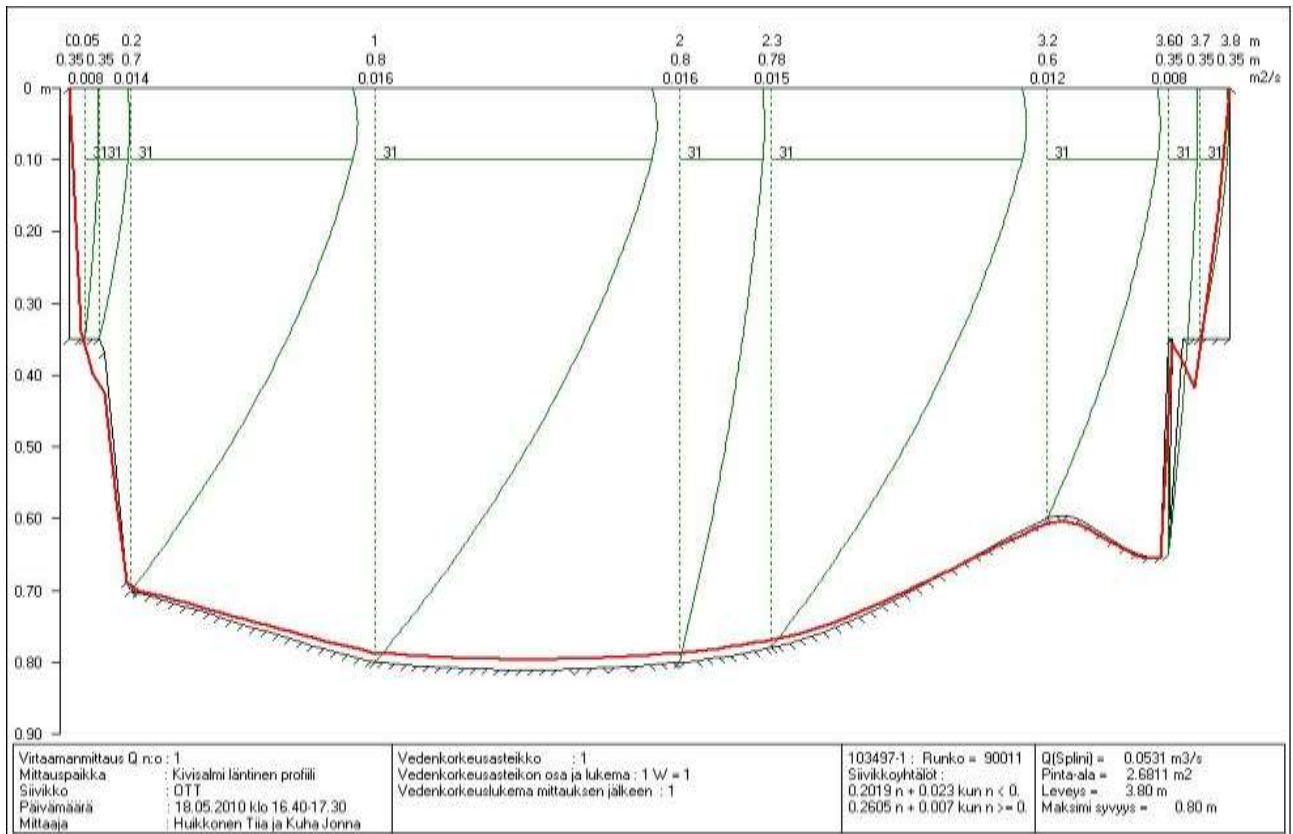
Leväsensalmi, silta-aukon poikkileikkausprofiili (pohjoinen-etelä).



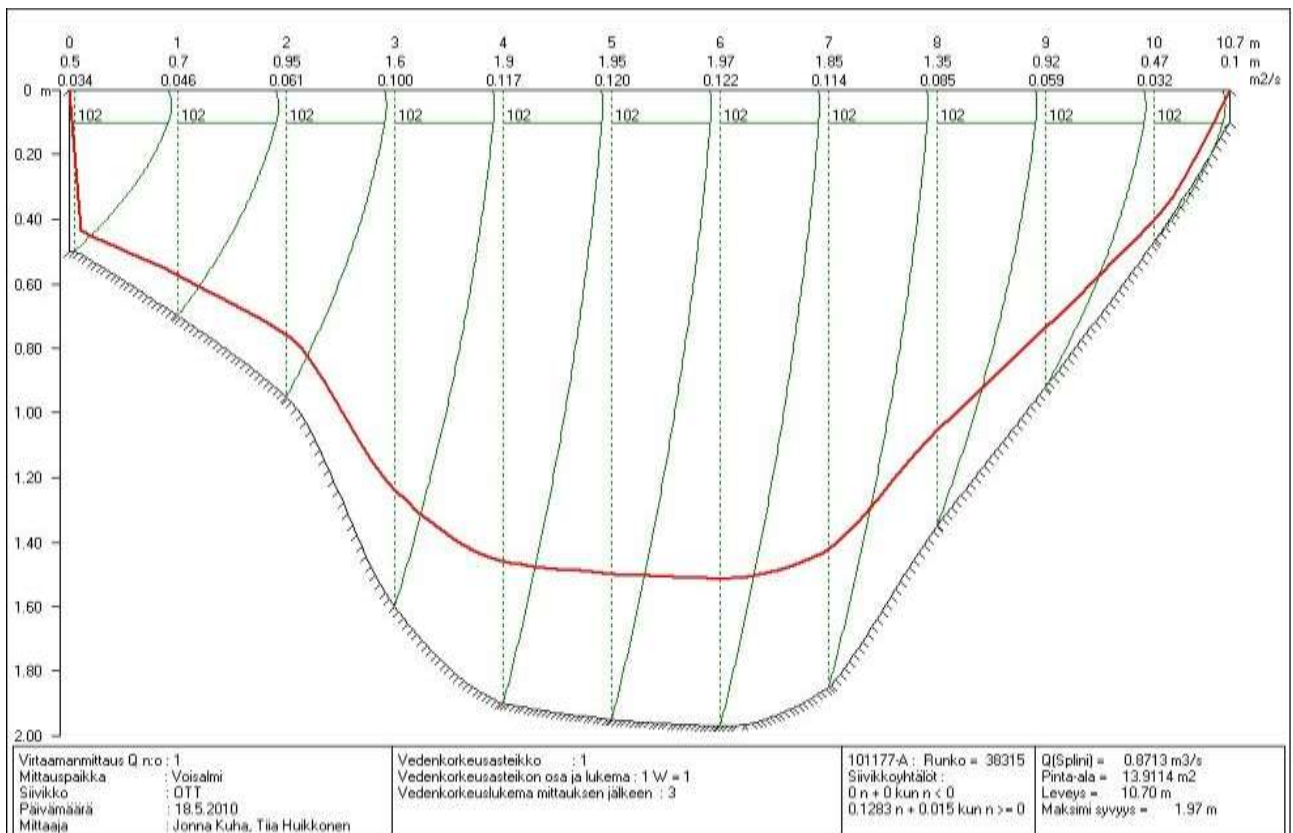
Kopinsalmi, silta-aukon poikkileikkausprofiili (länsi-itä).



Kirjamoinsalmi, silta-aukon poikkileikkausprofiili (pohjoinen-etelä).



Kivisalmi, silta-aukon poikkileikkausprofiili (pohjoinen-etelä).



Voisalmi, silta-aukon poikkileikkausprofiili (pohjoinen-etelä).

Liite 2

Raportissa käytetyt lyhenteet ja termit

ADCP

Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) eli profiloiva akustinen virtausmittari (mittauksissa käytetty malli Workhorse Monitor, RD Instruments, San Diego, California, USA) toiminta perustuu Doppler-ilmiöön. Laite mittaa vedessä liikkuvien hiukkasten liikkeen perusteella veden pysty- ja vaakasuuntaista liikettä useasta eri syvyydestä samanaikaisesti. Laite lähettää ääniaaltoja, joiden taajuus muuttuu, kun ne heijastuvat liikkuvista hiukkasista. Taajuusmuunnoksen perusteella lasketaan virtausnopeus. Tiheällä mittauksella (10-20 kertaa sekunnissa) saadaan virtausnopeudelle luotettava arvo. Laite voi mitata sekä liikkuvasta aluksesta, että pohjaan ankkuroituna.

GPS

Global Positioning System (GPS) on satelliittipaikannusjärjestelmä.

RCM9

Recording Doppler Current Meter model 9 (RCM9) –virtausmittarilla (Aanderaa Instruments, Bergen, Norja) mitataan virtausta Doppler-ilmiön avulla yhdestä vesikerroksesta. Laite ankkuroidaan haluttuun syvyyteen kohojen ja lyijypainon avulla. Mittarista saadaan myös tarvittaessa happipitoisuus-, lämpötila-, sähkönjohtavuus- ja sameustietoa.

WGS84

World Geodetic System (WGS84) on vuonna 1984 perustettu, GPS:n referenssikoordinaatistojärjestelmä, jonka sijainninmäärittäminen perustuu maapallon massakeskipisteeseen.

Tuulen ja virtauksen komponentit ja skalaarinopeus

Tuulen ja virtauksen suunta ja nopeus voidaan ilmoittaa xy-koordinaatistossa komponentteina, tai polaarisesti vektoreina. Komponenttimuodossa positiivinen y-akselin arvo, pohjoiskomponentti, kuvaa pohjoiseen suuntautuvaa virtausta tai tuulta, negatiivinen arvo etelään suuntautuvaa. Itäkomponentti on taas positiivinen x-akselilla silloin kun tuuli tai virtaus suuntautuvat itään ja negatiivinen silloin kun suunta on länteen.

Salmissa virtauksia voidaan tutkia ottamalla virtauskomponentti vastaamaan salmen pääsuuntaa. Toinen komponentti otetaan vastaavasti 90 astetta oikealle salmen pääsuunnasta.