

Lapin ELY-keskus

Tornionjoen MIKE11 mallin siirto HEC-RAS ympäristöön

1.10.2013

Insinööritoimisto Pekka Leiviskä

www.leiviska.fi

Sisällysluettelo

1 Asetetut tavoitteet	3
2 Mallin muunto HEC-RAS muotoon	4
2.1 Korkeus ja koordinaattijärjestelmä	4
2.2 Mallin poikkileikkaukset.....	4
2.3 Mallin reunaehdot	5
2.4 Mallin laskentatulosten tarkastelu Autocad ympäristössä	5
3 Mallin kalibrointi	7
3.1 Käytetyt lähtötiedot.....	7
3.2 Mallin verifiointi	9
4 Tulvavaarakartat.....	11
4.1 Lähtövirtaamat	11
4.2 Lähtövedenkorkeudet.....	11
4.3 Lasketut vedenkorkeudet eri toistuvuuksilla.....	11
4.4 Tulvavaarakartat.....	11
5 Aineiston käsittelyssä havaittuja epätarkkuuksia.....	12
KIRJALLISUUS	14

Liitteet

1. Tulvavedenkorkeudet poikkileikkauksittain toistuvuuksilla HW1/20 – HW1/1000

1 Asetetut tavoitteet

Tavoitteena oli siirtää ruotsalaisten laatima MIKE11 malli HEC-RAS mallinnusympäristöön. Siirrossa tuli käyttää MIKE11 olemassa olevia poikkileikkaustietoja ja saada malli toimimaan siten, että se tuottaa vastaavia tuloksia laskennassa kuin alkuperäinen malli.

Laadittavan HEC-RAS mallin laskentaa tuli vertailla MIKE11 mallin mukaisiin, jotta voitaisiin todeta että mallin siirto on onnistunut ja sillä saavutetaan vastaavia tuloksia laskennassa. Tällöin mallit olisivat käyttökelpoisia molemmin puolin jokiuomaa.

Laaditulla malli tuli laatia tulvavaarakartat käyttäen laskennassa tilaajan toimittajia havaituista virtaama-arvoista määritettyjä eri toistuvuutta vastaavia virtaama-arvoja HQ1/20 – HQ1/1000.

2 Mallin muunto HEC-RAS muotoon

2.1 Korkeus ja koordinaattijärjestelmä

Ruotsalaisten käyttämän karttajärjestelmän muunnos tehtiin suomalaiseen järjestelmään SWE-REF99 -> FIN35. Käytetty korkeusjärjestelmä oli N2000. Korkeusjärjestelmien välillä tehtiin muunnoksia havaintotietojen osalta ja niissä on käytetty seuraavia muunnoksia:

- Tornio:

NN	+9,66
N43	+9,86
N60	+10,00
N2000	+10,41

- Pello, N43->N60 +0,14 m, N60 -> N2000 +0,36 m

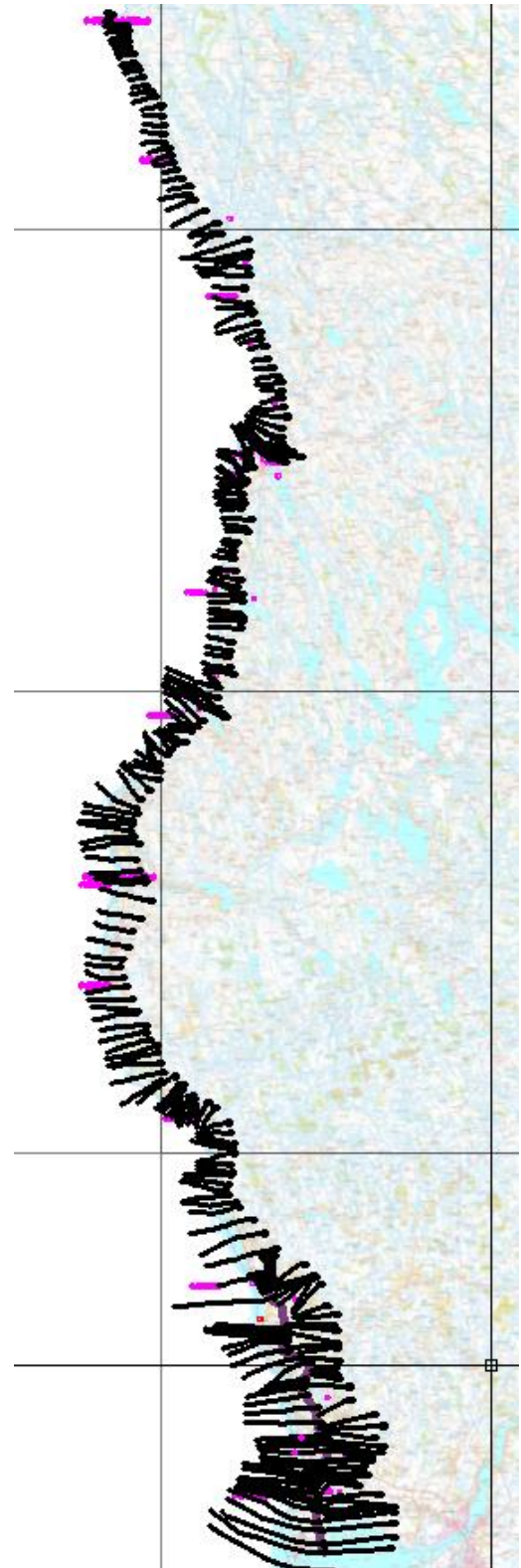
2.2 Mallin poikkileikkaukset

MIKE11 malli ja sen mukana toimitetut poikkileikkaukset koostuivat 3 pääuomasta. Ensimmäinen ja laajin oli Tornionjoki ja pienempinä omaosina olivat mukana Liakanjoki sekä Kirkkopudas. Siinä olemassa olevien poikkileikkauksien lukumäärä oli 224 kpl. Mukana toimitetuista poikkileikkauksista kuitenkin puuttui 10 kpl, nämä arvioitiin mukaan oikeille paikoilleen käyttäen fyysisiä etäisyyksiä, mitä MIKE11 mallin laskennassa oli käytettävissä.

Sivutulovirtaamat mm.: Martimojoki, Tengeliönjoki, Pellojärven virtaama, Naamijoki. Näitä ei kuitenkaan arvioitu niiden virtaamaksimien mukaan, vaan laskettiin pellon ja Karungin havaintoesemien avulla niiden valuma-alueiden suhteessa vertailuvesistö käyttäen. Käytännössä näiden tulvahuippu on yleensä jo ennen kuin Tornionjoen pääuoman varsinainen tulvahuippu esiintyy ja näin mallissa tilanne kuvautuu oikeammin.

Mallin poikkileikkauksien pistemäärää on alkuperäisestä jouduttu rajoittamaan, koska HEC-RAS kykenee käsittelemään vain enintään 500 pistettä yhdessä poikkileikkauksessa. Poikkileikkauksien pisteet on harvennettu täten käyttämään vain sallittua pistemäärää. Pistemäärän harvennus on suoritettu HEC-RAS ohjelmiston omilla työkaluilla.

Tornionjoen alaosassa poikkileikkaukset ruotsalaisten laatimassa mallissa on laadittu hyvin leveinä. Käytännössä pääuoman poikki-



leikkaukset ulottuvat myös Liakanjoen sekä Kirkkoputaan ylitse. Siirrettäessä HEC-RAS ympäristöön poikkileikkaukset on säilytetty alkuperäisen levyisinä, mutta niiden virtausalaa on käytännössä rajoitettu, ettei virtausta pääse tapahtumaan kahteen kertaan saman alueen ylitse.

2.3 Mallin reunaehdot

Mallin reunaehtoina käytettiin alapuolista vedenkorkeutta ja yläpuolisena reunaehtona virtaamaa. Tulvavaarakartoituksessa käytetyt virtaamat olivat taulukossa 1 esitetyn mukaiset. Havainnoista Naamijoen eikä Tengeliönjoen arvoja ei käytetty suoraan, vaan niille virtaama määritettiin kuten muillekin pienemmille osavaluma-alueelle, jotka laskevat Tornionjokeen. Määrittäminen tapahtui vertailu-vesistölaskeutena Pellon ja Karungin havaintoasemien avulla.

Taulukko 1. Mallin virtaamina käytetyt havaintoasemat. Arvot Lapin ELY-keskuksen määrittämiä Gumbel-jakauman avulla.

	1/20	1/50	1/100	1/250	1/1000
6700800 Muonionjoki, Muonio	1341.6	1522.5	1658.1	1836.5	2106.0
6710014 Muonionjoki, Kallio 2					
6710032 Kallio 2 (SMHI)	1539.4	1728.3	1869.8	2056.0	2337.4
6710032 Kallio 2 (SMHI)					
6710031 Pajala pumphus (SMHI)	1328.1	1508.5	1643.6	1821.5	2090.2
6710012 Pajala					
6701500 Pello	2941.7	3298.9	3566.5	3919.0	4450.9
6702200 Karunki	3093.5	3452.3	3721.3	4075.3	4609.9
Kukkolankoski övre (SMHI)	2518.5	2806.1	3082.0	4058.9	3973.3
6702203 Liakanjoki	489.9	560.8	613.9	683.9	789.5
6701300 Naamijoki	84.4	95.2	103.2	113.8	129.8
6701950 Tengeliönjoki, Haapakoski	266.9	311.6	345.1	389.3	455.9

2.4 Mallin laskentatulosten tarkastelu Autocad ympäristössä

Mallin laskentatulosten tarkastelemiseksi (HW1/100 laskennan vertailu) tarvittiin laserkeilatuista karttalehdistä tehty malli. Sitä ei sellaisenaan voinut Autocadiin sijoittaa, vaan karttalehdet tuli pistemäärältään harventaa, jotta malli jaksaisi aineistoa käsitellä. Suomen puolen karttalehtien pistepilviaineistot saatiin käyttöön Maanmittauslaitoksen avoimen aineistopalvelun kautta ja Ruotsin puolen lehdet toimitti Mikko Sane Suomen ympäristökeskuksesta. Pistepilviaineistoja oli kaikkiaan käytettävissä Suomen puolelta 110 kpl. Kun yhden pistepilviaineiston koko on laajuudeltaan noin 0,2 – 0,5 Gt, oli aineiston käsittely Autocad ympäristössä paljon aikaa vievä prosessi. Ruotsin puolelta vastaavasti karttalehtiä oli kaikkiaan 88 kpl, joista valtaosaa ei onneksi alueen vesipinnan leveyden vuoksi tarvinnut käsitellä.

Myöhemmin projektissa testattiin suoraan HEC-RASin ominaisuutta tuottaa sdf-muotoinen GIS-yhteensopiva siirtotiedosto. Tämä säästää jatkossa valtavasti aikaa Autocad-ympäristössä, mutta tässä menetetään oma mahdollisuus tarkastella laskentatuloksia kartoilla. Aivan itsestään mallin laskenta ei Suomen ympäristökeskuksenkaan koneille hoidu, yhden toistuvuuden kartan laskenta kesti aikaa noin 11 h pelkkää koneaikaa ennen valmistumistaan.

3 Mallin kalibrointi

3.1 Käytetyt lähtötiedot

Jotta laskentamalli voitiin saattaa toimimaan HEC-RAS ympäristössä, tuli se kalibroida. Tässä käytettiin lähtötietoina Suomen ympäristökeskuksen keväällä 2010 mitattavia vedenkorkeuksia ja Suomen ympäristökeskuksen vesistömallista samanaikaisesti määritettyjä virtaamatietoja. Koska koordinaatit olivat KKKJ3 järjestelmästä ja vedenkorkeudet N60 järjestelmästä, muunnettiin ne tähän työhön EUREF-FIN35 koordinaatistoon ja N2000 korkeusjärjestelmään.

Taulukko 2. SYKEN vuoden 2010 mitattavia vedenkorkeuksia eri havaintopaikoilta.

Point_number	N	E	Z_n60	Measurement_date
10	7475314.74	3361610.58	146.01	24.05.2010
11	7472923.38	3360253.85	145.24	24.05.2010
12	7469762.28	3359177.92	144.05	24.05.2010
13	7468580.88	3354465.75	143.29	24.05.2010
14	7468639.75	3353359.58	141.55	24.05.2010
15	7462682.34	3352431.95	136.34	24.05.2010
16	7459504.16	3352395.66	132.20	24.05.2010
17	7458368.12	3351296.50	128.13	24.05.2010
18	7457994.81	3351103.69	127.39	24.05.2010
19	7455459.05	3352184.48	125.98	24.05.2010
20	7439555.51	3358695.23	102.21	24.05.2010
21	7436287.49	3360634.67	100.58	24.05.2010
22	7433886.04	3361754.37	99.47	24.05.2010
23	7431925.42	3363071.78	94.63	24.05.2010
24	7429774.60	3364007.50	94.51	24.05.2010
25	7427872.83	3363881.06	93.50	24.05.2010
26	7416951.11	3368258.13	81.18	24.05.2010
27	7415476.84	3367765.53	80.65	24.05.2010
28	7413899.56	3365616.66	79.65	24.05.2010
29	7412255.71	3364493.02	77.75	24.05.2010
10	7409657.84	3363164.91	70.32	25.05.2010
11	7406044.07	3363609.84	67.97	25.05.2010
12	7404387.25	3363161.27	65.50	25.05.2010
13	7397216.63	3361755.95	63.96	25.05.2010
14	7395700.66	3362156.98	62.43	25.05.2010
15	7392996.30	3361911.80	62.08	25.05.2010
16	7392597.94	3362059.70	61.86	25.05.2010
18	7386315.71	3357489.81	61.19	25.05.2010
19	7383817.13	3356746.33	52.67	25.05.2010
20	7382704.18	3355223.18	52.25	25.05.2010
21	7380873.15	3354105.22	49.84	25.05.2010
22	7380409.99	3354266.35	49.72	25.05.2010
23	7346447.70	3356762.16	46.68	25.05.2010

24	7345469.94	3360146.91	33.43	25.05.2010
25	7344838.65	3360599.89	31.89	25.05.2010
27	7343416.44	3361652.49	31.08	25.05.2010
10	7318492.75	3372620.07	9.08	26.05.2010
11	7327552.34	3367114.96	22.61	26.05.2010
12	7342193.19	3361765.76	25.91	26.05.2010
13	7322458.13	3365874.90	22.03	26.05.2010
14	7319679.11	3367303.35	9.04	26.05.2010
15	7316853.40	3369600.97	6.91	26.05.2010
16	7315649.29	3368837.29	4.00	26.05.2010
17	7311384.54	3370730.97	3.71	26.05.2010
19	7308994.28	3370204.43	2.89	26.05.2010
20	7307512.73	3370413.01	2.82	26.05.2010
21	7305574.43	3370295.00	0.64	26.05.2010
22	7308650.48	3374263.66	4.16	26.05.2010
23	7313651.40	3374223.71	6.14	26.05.2010

Virtamatiedot käytössä olivat kalibriontia varten seuraavat:

Taulukko 3. Virtamatiedot eri kohtiin Tornionjokea laskettuina.

Discharge_id	Q_discharge	N	E	Date
67.321	1155	7473310	3360255	24.05.2010
67.311	1195	7458877	3351418	24.05.2010
67.242	2030	7444324	3356401	24.05.2010
67.241	2065	7430262	3363181	24.05.2010
67.231	2222	7413502	3364480	24.05.2010
67.221	2166*	7399642	3361694	25.05.2010
67.212	2216	7386728	3358104	25.05.2010
67.211	2294	7369718	3352189	25.05.2010
67.132	2498	7358639	3350479	25.05.2010
67.131	2524	7345315	3359976	25.05.2010
Kukkolankoski	2056**	7323727	3366445	26.05.2010
Tornion kaupunki	2142	7309834	3370035	26.05.2010

* Note! Measurement date changes. The previous day (24.5.2010) discharge is 2296 m³ / s.

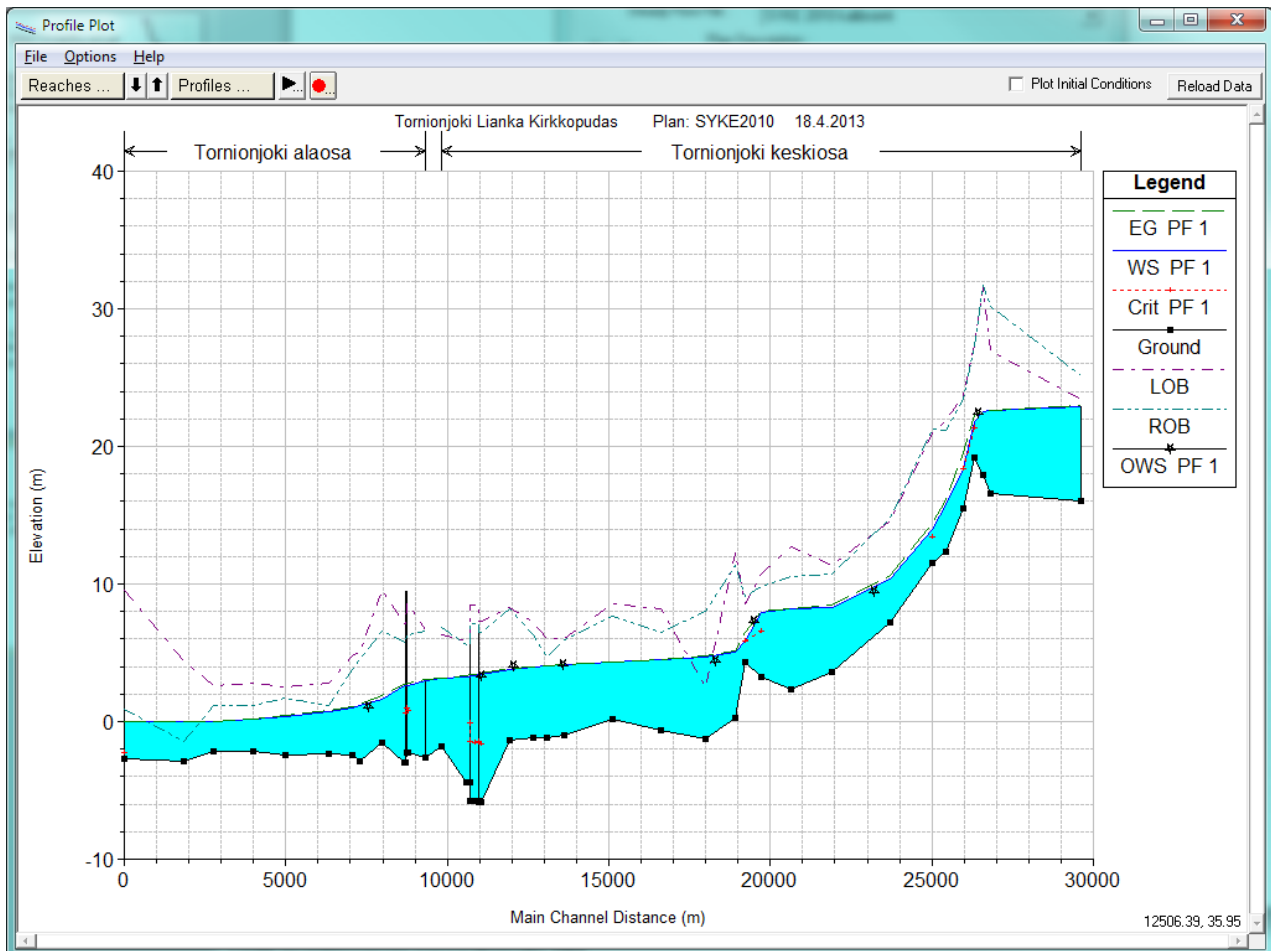
** Note! Measurement date changes. The previous day (25.5.2010) discharge is 2208 m³ / s.

Discharge from Tornio river to Liakka river is about 360 m³/s (26.5.2010).

67.321	Kolari area on the Swedish side:
67.311	Muonio river mouth area on the Swedish side:
67.242	Lappea area:
67.241	Väylänpää neighbouring area on the Swedish side:
67.231	Lempeä area on the Swedish side:

- 67.221 Korpikoski neighbouring area on the Swedish side:
- 67.212 Juoksenki area on the Swedish side:
- 67.211 Kaulinranta area on the Swedish side:
- 67.132 Alkkula area on the Swedish side:
- Kainuunkylä area on the Swedish side:
- 67.131

Seuraavassa kuvassa on esimerkki vedenkorkeuksista havaittujen ja laskettujen tietojen osalta.



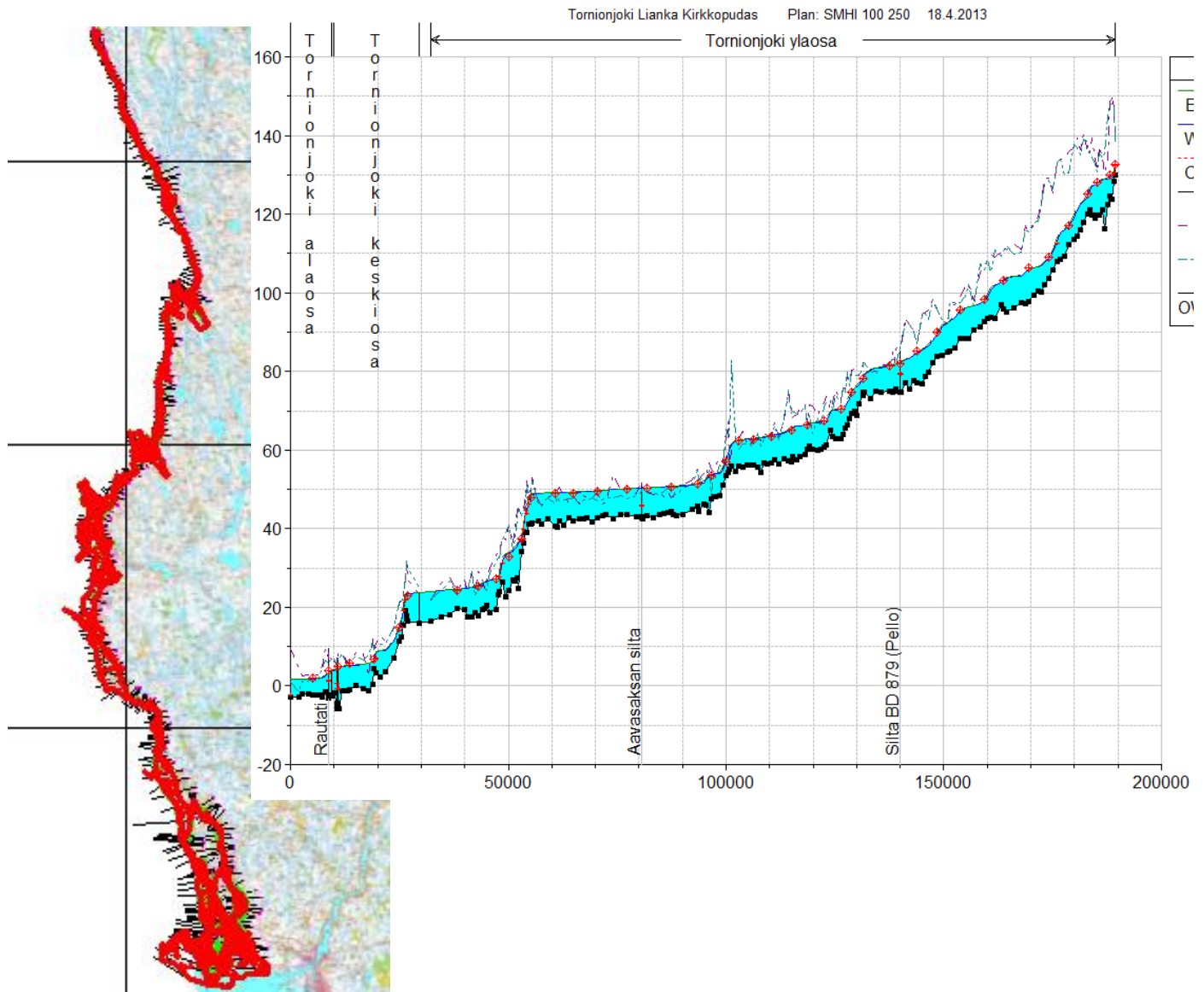
Kuva 1. Havaittu ja laskettu vedenkorkeus Tornionjoen alaosalla kalibrointiaineistolla.

3.2 Mallin verifiointi

Mallin laskennan onnistumista testattiin vertailemalla sitä MIKE11 mallin laskentaan. Suurin eri havaittiin Tornion alueella, jossa MIKE11 mallin laskennan mukaan vedenkorkeudet olivat korkeammalla kuin tässä laaditulla HEC-RAS mallilla.

Tähän eroon löytyi kuitenkin looginen selite, MIKE11 mallissa ei huomioitu Liakanjokeen menevää virtaamaa, vaan kaikki vesi oli ohjattu Tornionjoen alaosan kautta (Persson, Asp, Dyrestam, Eklund, Gyllander, Hallberg, Johnell, Tahsin ja Wingqvist 2011, sivu 5). Tämä aiheutti mallin las-

kelmiin virhettä. Käytännössä tulvatilanteessa Liakanjoen kautta mene tulvatilanteessa noin 16 - 17% virtaamasta. Mainittu prosenttimäärä voidaan todeta vertaamalla lähimpiä havaintoasemia ja niille laskettujen toistuvuuksien avulla tilannetta.



Kuva 2. Vertailulaskenta HEC-RASissa verrattuna MIKE11 mallin laskelmiin.

4 Tulvavaarakartat

4.1 Lähtövirtaamat

HEC-RAS malliin määritettiin virtaamatiedot Pellon ja Karungin havaintoasemien mukaan seuraavan taulukonmukaisesti poikkileikkauksittain pitkin jokivartta.

Taulukko 4. Tornionjoen, Liakanjoen ja Kirkkoputaan virtaamat eri toistuvuustilanteissa.

	River	Reach	RS	Q20	Q50	Q100	Q250	Q1000
1	Kirkkopudas	ylaosa	423	280	322	350	390	440
2	Kirkkopudas	alaosa	406	770	883	964	1074	1230
3	Liakanjoki	Liakanjoki	349	490	561	614	684	790
4	Tornionjoki	ylaosa	224	1328	1508	1643	1821	2090
5	Tornionjoki	ylaosa	222	2753	3088	3339	3668	4165
6	Tornionjoki	ylaosa	182	2874	3223	3484	3828	4347
7	Tornionjoki	ylaosa	159	2942	3299	3567	3919	4450
8	Tornionjoki	ylaosa	133	2986	3348	3620	3977	4516
9	Tornionjoki	ylaosa	115	3005	3370	3644	4003	4546
10	Tornionjoki	ylaosa	89	3032	3383	3647	3994	4518
11	Tornionjoki	ylaosa	56	3123	3484	3756	4113	4653
12	Tornionjoki	keskiosa	36	2633	2923	3142	3429	3863
13	Tornionjoki	alaosa	12	2353	2601	2792	3039	3423

4.2 Lähtövedenkorkeudet

Mallin alapuoleisena reunaehtona MIKE11 mallin käytössä oli HW1/100 vedenkorkeus. N2000 järjestelmän mukaan vedenkorkeus oli N2000 +1,77 m. Tätä käytettiin meriveden korkeutena lasken alimmassa poikkileikkauksessa.

4.3 Lasketut vedenkorkeudet eri toistuvuuksilla

Mallilla lasketut tulvavedenkorkeudet on liitteenä 1.

4.4 Tulvavaarakartat

Tulvavaarakartat on toimitettu Suomen ympäristökeskuksen laadittaviksi sdf-muodossa GIS siirtotiedostona.

5 Aineiston käsittelyssä havaittuja epätarkkuuksia

Seuraavaan taulukkoon on koostettu vuoden 1968 havaintoaineistoja ja vertailtu laskennan HW1/100 mukaisiin vedenkorkeuksiin.

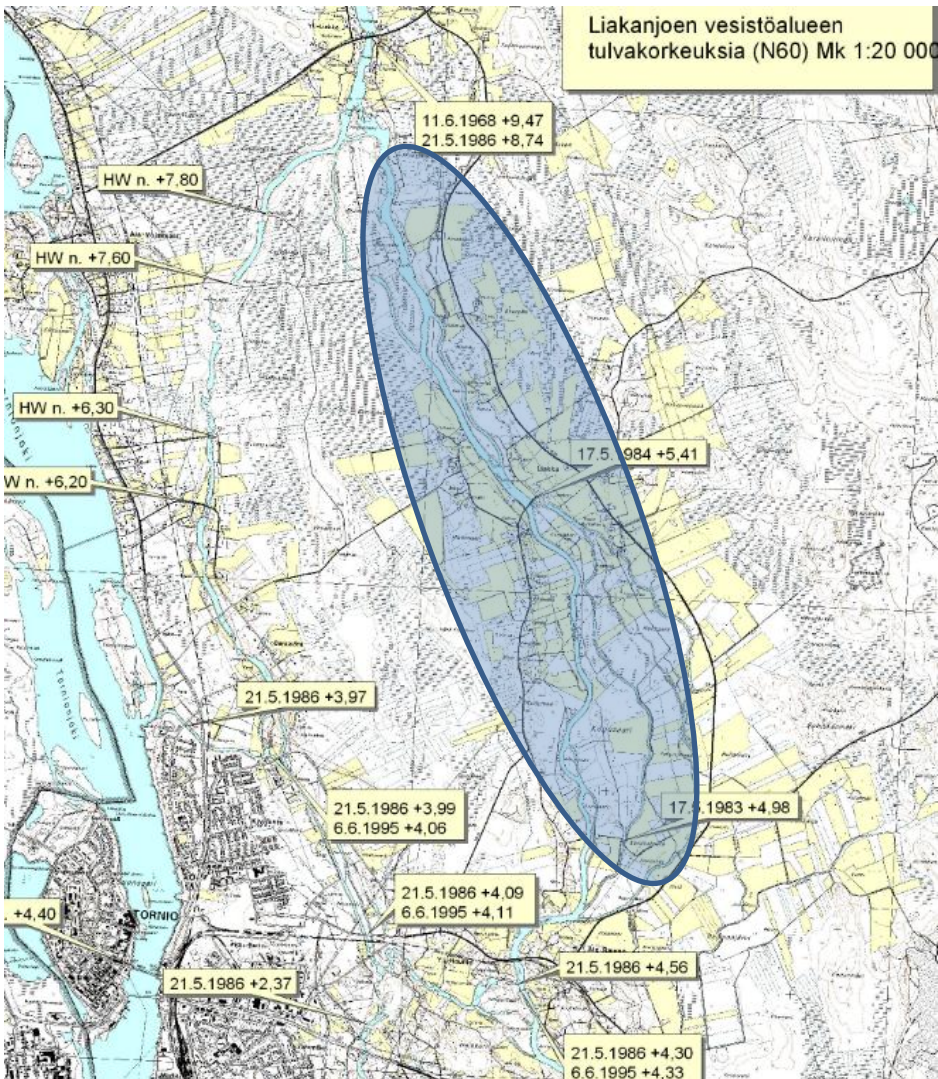
Taulukko 5. Vertailu lisäaineistoihin noin HW1/100 tulvatilanteessa, vertailuaineistona vuoden 1968 maksimivirtaamahavainnot. Tiedot vertailussa on muutettu N2000 korkeuksiksi.

Paikka	Vertailupoikkileikkaus	Ero laskettu-havaittu	tarkkuus
6701500 Pello	Tornionjoki 160	+0,01 m	tarkka
Kaulinranta, Kuiva-	Tornionjoki 94	+0,01 m	tarkka
kangas			
6702100 Vuennon-	Tornionjoki 66-67	alle +0,1 m	tarkka
koski			
6702110 Matkakoski	Tornionjoki 53-54	noin +0,10-0,15 m	melko tarkka
*)			
6702200 Kukkolan-	Tornionjoki 36	-0,27 m	hieman epätarkka
koski			
6702510 Tornio	Tornionjoki 15-16	+0,23 m	hieman epätarkka
Yli-Liakka	Liakanjoki 323-322	+0,15m	melko tarkka

*) Matkakoskessa peräkkäisten poikkileikkausten korkeusero oli suuri, tässä on painotettu yläpuolisen suvannon puolella sijaitsevaa poikkileikkausta ja arvioitu korkeusero sen avulla.

Lisäksi tarkastelin Liakanjoen havaintoja, yksi havainto oli vuoden 1968 kevään tulvasta. Arvo on esitetty edellisessä taulukossa. Tältä osin laskentatarkkuus oli riittävä. Havaintoaineistossa oli lisäksi havaintoja vuodelta 1983 ja 1984 (2002 olivat merivesitulvahavaintoja, joita ei käytetty). Näitä vertasin laskennassa HW1/20 vedenkorkeuksiin. Suurimmat virheet laskennassa esiintyivät Liakan kohdalla lasketun arvon ollessa yli metrin ylempänä kuin havaittu 17.5.1984 +5,41. Myös toisessa havainnossa laskettu - havaittu 17.5.1983 +4,98 ero laskettuun oli noin puoli metriä.

Liakanjoen ongelma tuli esille jo kalibrointivaiheessa. Oletuskarkeuskertoimen 0,033 sijasta on jouduttu käyttämään pienimmillään arvoa 0,018. Silti havaitut jäivät hieman alemmaksi kuin lasketut arvot. Tämä kuvastaa sitä, että poikkileikkaukset eivät pysty täsmällisesti kuvaamaan veden käyttäytymistä ja erityisesti jakautumista eri haarojen kesken. Tarkkuutta pitäisi saada Yli-Liakassa sijaitsevan sillan alapuolelta jakautuvaan virtaamaan ja uoma tulisi jakaa useisiin erillisiin osiin. Lisäksi tarvittaisiin huomattavasti lisää mitattuja uomapoikkileikkauksia. Nyt poikkileikkausten väli on paikoitellen liian pitkä kuvaamaan uomaa riittävän tarkasti.



Kuva 3. Alue jossa laskenta-arvot Liakanjoessa ovat liian korkeita (sininen ellipsi).

Liakanjoen mallinnus ei ole koko matkaltaan halutussa tarkkuudessa ja päähaaran ja Tornionjoen läheisyydessä menevän sivuhaaran osalta mallintaminen tulisi tehdä erikseen. Toisaalta uomien yhtyessä (Raumonjoessa) alkaa 1D-laskennan mahdollisuudet käydä liian vähiin ja olisi suositeltavaa tehdä tarkka mallinnus 2D laskentana. Sivuhaaroissa sijaitsee lukuisia siltoja, nekin tulisi lisätä malliin mukaan.

Tyrnävällä 1.10.2013

Pekka Leiviskä

Insinööritoimisto Pekka Leiviskä
 Vauhtipyörä 4, 91800 Tyrnävä
www.leiviska.fi

KIRJALLISUUS

Persson, Asp, Dyrestam, Eklund, Gyllander, Hallberg, Johnell, Tahsin ja Wingqvist 2011. Detaljerad översvänningskartering av nedre Torneälven. SMHI Hydrologi Nr 115, 2011.