

OPINNÄYTETYÖ
MIKKO PIIPPOLAINEN 2013

ROVANIEMI VARAUTUU TULVIIN



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
LUC

MAANMITTAUSTEKNIikka



ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

Maanmittaustekniikka

Opinnäytetyö

ROVANIEMI VARAUTUU TULVIIN

Mikko Piippolainen

2013

Toimeksiantaja Rovaniemen kaupunki

Ohjaaja Pasi Laurila

Hyväksytty _____ 2013 _____



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
LUC

Tekniikka ja liikenne Opinnäytetyön
Maanmittaustekniikan tiivistelmä
koulutusohjelma

Tekijä	Mikko Piippolainen	Vuosi	2013
Toimeksiantaja	Rovaniemen kaupunki		
Työn nimi	Rovaniemi varautuu tulviin		
Sivu- ja liitemäärä	29		

Tämä opinnäytetyö on tehty Rovaniemen kaupungin paikkatietopalvelut – yksikön toimesta. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää varautumista tulviin Rovaniemellä ja tutkia laserkeilausaineiston korkeustarkkuutta verrattuna GPS/GNSS –mitattujen pisteiden korkeuksiin. Tulosten pohjalta arvioidaan laserkeilausaineiston soveltuvuutta tulvarajojen määrittämiseen.

Opinnäytetyössä käydään läpi Rovaniemen tulvahistoriaa, tulvien syntyyn vaikuttavia syitä ja perehdytään nykypäivän tulvantorjunnan keinoihin. Asioita tarkastellaan lähinnä Rovaniemen näkökulmasta. Lisäksi työstä selviää tärkeimpien viranomaisten vastuut tulvatilanteessa.

Laserkeilausaineistona tutkimuksessa käytettiin alkuperäiseltä pistetiheydeltään harvennettua Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistoa. Käsittely- ja vertailutyössä käytettiin apuna 3D Win –ohjelmistoa. Täydellisen tarkkaa tutkimustulosta oli käytössä olevilla aineistoilla mahdotonta tehdä, mutta tulos oli tarkoitukseen nähden riittävä.

Laserkeilausaineistoa voitaisiin käyttää tulevaisuudessa korkeuskäyräaineiston tarkentamiseen Rovaniemellä. Etenkin haja-asutusalueiden korkeustiedot tarkentuisivat huomattavasti. Siten esimerkiksi rakennusvalvonnan lupapäätöksen teko helpottuisi luotettavien ranta-alueiden korkeustietojen myötä, kun rakennuspaikan luotettava korkeusasema olisi tarkemmin tiedossa. Nykyisin tulvaherkillä rakennuspaikoilla joudutaan tarvittaessa tekemään erikseen tarkistusmittauksia rakennusluvan myöntämisen perusteiksi.

Avainsanat

Suurtulvat, tulvakartoitus, tulvasuojelu, tulvantorjunta, laserkeilaus



School of Technology Abstract of Thesis
Land Surveying
Degree Programme

Author	Mikko Piippolainen	Year	2013
Commissioned by	Municipality of Rovaniemi		
Subject of thesis	Preparation for Floods in Rovaniemi		
Number of pages	29		

This thesis was commissioned by the municipality of Rovaniemi. Primarily the main objectives of thesis were to work out the preparation for floods in Rovaniemi and examine the grade level precision of laser scanning data compared to the grade level precision of the GPS/GNSS measured points. In addition, the suitability of laser scanning data for flooding limit determinations were estimated.

This thesis studied the history of floods in Rovaniemi, the causes for development of floods and the recent flood protection methods. The issues were explored mostly from the Rovaniemi point of view. Additionally the liabilities of the main authorities in flood situation were clarified in this thesis.

The source material used consisted of land surveying office's laser scanned data which was thinned from the original point density. The 3D –Win application was used for the processing and comparison work. It was difficult to reach a completely accurate research results based on the materials used in this study. However, the results were adequate.

In the long term the laser scanned data could be used for the defining of the contour data in Rovaniemi. Especially the contour data in sparsely populated areas would be substantially defined. For example, building supervision would become easier. Making a decision on granting of a licence would be much easier when the reliable altitude for the building site is known. Nowadays replicate measurements must be done on demand in the flood liable building sites in order to get a building permission.

Key words

Heavy flood, flood mapping, flood control, flood protection, laser scanning

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 TULVAHISTORIAA ROVANIEMELLÄ	6
2.1 LAPIN TULVIEN SYNTY	6
2.2 SUURTULVAN KRITTEERIT	6
2.3 ROVANIEMEN SUURIA TULVIA	7
2.3.1 Vuoden 1741 tulva	7
2.3.2 Räisäsen tulva vuonna 1807	7
2.3.3 Saulin tulva vuonna 1859	8
2.3.4 Vuoden 1910 tulva	9
2.3.5 Vuosien 1973 ja 1993 tulvat	9
2.3.6 Vuoden 2012 tulva	10
3 KEMIJOEN VESISTÖALUE JA VOIMALAITOSRAKENTAMINEN	11
3.1 KEMIJOEN VESISTÖALUE	11
3.2 KEMIJOEN VESISTÖALUEEN VOIMALAITOKSET	11
3.3 VALJASTAMATON OUNASJOKI	12
4 TULVANTORJUNTA JA TULVIEN YHTEISKUNNALLISET VAIKUTUKSET	13
4.1 TULVANTORJUNTA JA VIRANOMAISTEN VASTUUT	13
4.1.1 Laki elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksista	13
4.1.2 Pelastuslain asettamia vaatimuksia	13
4.1.3 EU:n tulvadirektiivi.....	14
4.2 TULVANTORJUNNAN KEINOT JA TULVIIN VARAUTUMINEN	15
4.2.1 Hydrologinen havainnointi	15
4.2.2 Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmä	15
4.2.3 Tulvakartoitus.....	16
4.2.4 Tulviin vaikuttaminen säännöstelemällä	18
4.2.5 Kaavoitus ja rakennusvalvonta	20
4.2.6 Rakennelmat tulvavahinkojen torjumiseksi	21
4.2.7 Varautuminen jääpatoihin.....	22
4.3 TULVIEN YHTEISKUNNALLISET VAIKUTUKSET	23
5 LASERKEILAUUS APUNA SINETÄN TULVARAJAMÄÄRITYKSESSÄ	24
5.1 YLEISTÄ SINETÄSTÄ	24
5.2 ILMALASERKEILAUUS SINETÄN TULVARAJAMÄÄRITYKSESSÄ	25
5.3.1 Sinetän osayleiskaavahanke	25
5.3.2 Mitä on ilmalaserkeilaus?	25
5.3.3 Tulvarajamäärityksessä käytetty laserkeilausaineisto	26
5.3.4 Laserkeilausaineiston tarkkuuden arviointi	26
6 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	31

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Saulin tulvan tulvamerkki Pöykkölän päärakennuksen kivijalassa	9
Kuvio 2. 22.5.2012 mitatun aineiston profiili verrattuna kerran 20 vuodessa toistuvan tulvan malliin.....	10
Kuvio 3. Suuressa tulvatilanteessa Rovaniemeä uhkaa etenkin Saarenkylän kastuminen. Saarenkylä rajattu kuvassa punaisella katkoviivalla. .	18
Kuvio 4. Rovaniemen ja Valajaisen voimalaitoksen uomaosuudella on luontaisesti padottavia kohtia, kuten Pahtajan kapeikko.....	20
Kuvio 5. Patoutunutta jäätä Kirkonjyrhämällä keväällä 2009.	23
Kuvio 6. Sinetän kylä on kasvanut Ounasjoen ja kylän läpi kulkevan Sinettäjoen varrelle.	25
Kuvio 7. Laserkeilauspisteiden Z –koordinaattien tarkkuuden vertailu GPS/GNSS –mitattujen pisteiden Z -koordinaatteihin.....	27

KÄSITE- JA LYHENNELUETTELO

GNSS	Global Navigation Satellite System. Tarkoittaa satelliittipaikannusjärjestelmiä: GPS, Galileo, Glonass ja Compass
GPS	Global Positioning System
HW 1 / 100	Laskennallinen keskimäärin kerran sadassa vuodessa toistuva tulvavedenkorkeus.
HYDROLOGIA	on geofysiikan osa-alue, joka tutkii veden esiintymistä, ominaisuuksia ja kiertokulkua maapallolla.
IMU	Inertial movement unit
LASERKEILAUS	on mittausmenetelmä, jolla kohteesta, kuten maanpinnasta, saadaan esim. ilma-aluksesta lähetettyjen lasersäteiden avulla mittatarkkaa kolmiulotteista tietoa.
N₄₃ + 77,00 m	Korkeusasema merenpinnasta N ₄₃ –korkeusjärjestelmässä.

1 JOHDANTO

Olen tehnyt opinnäytetyöni Rovaniemen kaupungin paikkatietopalvelut – yksikön toimeksiannosta. Aiheen valintaan vaikutti oma kiinnostukseni Rovaniemen kaupungin tulvariskialueisiin perehtymiseen. Kiinnostusta herätti myös alueen tulvahistorian tutkiminen, käytetyt tulvakartoitustavat ja tulviin varautuminen.

Rovaniemi on noin kuudenkymmenen tuhannen asukkaan kasvava ja kehittyvä kaupunki. Suurelta osin kaupunki on kasvanut kahden suurjoen, Kemijoen ja Ounasjoen varrelle. Ounasjoki yhdistyy Kemijokeen kaupungin ydinkeskustan kohdalla. Näiden kahden suurjoen vaikutus on merkittävä kaupungin ranta-alueiden turvallisuuteen poikkeuksellisen suurten tulvien sattuessa.

Rovaniemen alueella on olemassa dokumentoitua historiatietoa, josta käy ilmi Rovaniemen jokivarsialueiden tulvaherkkyys ja tulvien toistuvuus. Rovaniemen historiaan on mahtunut useampi suurtulva lukuisien muiden uhkaavien tulvien lisäksi. Hydrologinen havainnointi on aloitettu Rovaniemellä vuonna 1935, josta lähtien tulvaveden korkeuksia on seurattu erityisen tarkkaan.

Opinnäytetyön alkuosassa perehdytään Rovaniemen historian merkittävimpiin tulviin, jonka jälkeen kuvataan Kemijoen vesistöaluetta ja voimalaitosrakentamisen tuomia vaikutuksia Rovaniemen tulvatilanteeseen. Olen ottanut selvää myös viranomaistoiminnasta ja säädöksistä uhkaavissa tulvatilanteissa. Opinnäytetyössä käydään läpi tulvantorjunnan keinoja erilaisissa tulvatilanteissa sekä paneudutaan tulvakartoituksen tuomiin mahdollisuuksiin tulviin varautumisessa.

Opinnäytetyön lopussa tutkin Rovaniemen Sinetästä Maanmittauslaitoksen vuonna 2011 keilaaman laserkeilausaineiston soveltuvuutta tulvakartoitusta varten. Tavoitteenani on selvittää samalta seudulta mitattujen GPS/GNSS –mittaustulosten avulla laserkeilausaineistosta saadun maanpinnan korkeusmallin tarkkuutta.

2 TULVAHISTORIAA ROVANIEMELLÄ

2.1 Lapin tulvien synty

Tulvat syntyvät sää- ja vesistöolosuhteiden muutoksesta yleisimmin keväällä. Kevättulvien suuruuteen vaikuttavat lumen sisältämä suuri veden määrä ja vuorokauden keskilämpötilan nopea nousu, joita ruokkivat samaan aikaan runsaat vesisateet. Kesällä ja syksyllä tulvia voivat aiheuttaa pitkäkestoiset ja rankat sateet, mutta kevättulvien tasolle ne yltyvät harvoin. (Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2012.) Kuitenkin esimerkiksi vuonna 1993 Rovaniemellä koettiin poikkeuksellisen korkea kevättulva, jota seurasi syksyllä lähes samoihin lukemiin noussut rankoista vesisateista johtunut syystulva (Tiermas 2013).

Etenkin Lapissa lumen nopea sulaminen ja kovat vesisateet vaikuttavat voimakkaasti jokien vesimääriin ja pinnankorkeuteen. Tulva-ajan virtaamista tulee usein hyvin korkeita. Syynä tähän on Lapin vesistöjen vähäinen järvisyys ja järvet eivät siten pääse vaikuttamaan tasoittavasti vesistön virtaamien vaihteluihin. Myös muuta maata vähäisempi haihdunta vaikuttaa suurentavasti valuntaan. Lapissa haihdunta on kylmyyden vuoksi Etelä-Suomeen verrattuna jopa puolet vähäisempää. (Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2012; Valtion ympäristöhallinto 2012e.)

Tulvia voivat aiheuttaa myös jokiin muodostuvat jääpadot. Jääpadot syntyvät jäiden kasautumisesta, joka estää veden luonnollista virtaamista. Näin ollen vesi patoutuu jääpadon yläpuolelle nostaten veden pintaa. Jääpadot muodostuvat tyypillisimmin joen matalimpiin kohtiin, joissa jäätelit tarrautuvat pohjaan kiinni. Jääpadoista voi kasvaa jopa useiden kilometrien mittaisia virtaamien tuomien jäämassojen kasautuessa toistensa perään.

2.2 Suurtulvan kriteerit

Historian tieto Rovaniemen tulvista osoittaa, että todellinen suurtulva voi uhatta Rovaniemeä myös tulevana vuosina. Suurtulvan määritelmä on kuitenkin hieman häilyvä. Maa- ja metsätalousministeriön vuonna 2001 asettaman suurtulvatyöryhmän mukaan suurtulva ei ole tietyn suuruinen tulva, vaan sillä tarkoitetaan lähinnä tavanomaista suurempaa tulvaa. Yleisimmin sillä tarkoitetaan tulvansuojelussa käytettävän mitoitus- ja riskitason ylittävää tulvaa. (Lapin ympäristökeskus 2007, 5.)

Nykyään kriittisenä tulvarajana Rovaniemellä voidaan pitää noin tasoa $N_{43} + 77.50$ m Lainaan kohdalla ja $N_{43} + 78.00$ m Saarenkylän kohdalla. Veden yltäessä noille tasoille syntyy merkittäviä vahinkoja. (Tiermas 2013) Normaali vedenkorkeus Lainaan kohdalla on tasolla $N_{43} + 74.20$ m.

Tason $N_{60} + 77.00$ m (= $N_{43} + 76.86$ m) ovat ylittäneet tulvat vuosina 1943, 1966, 1967, 1973, 1981 sekä 1993. Hieman tason alapuolelle jäivät vuosien 1953, 1955, 1959 ja 1977 tulvat. Vedenpinnan korkeuksia seurataan hydrologisella havainnoinnilla. Vuodesta 1935 lähtien aloitettiin hydrologinen havainnointi Ounaskosken yläpuolella Lainaalla, jolloin havainnoinnista tuli aikaisempaa tarkempaa ja järjestelmällisempää. (Valtion ympäristöhallinto 2012a.)

2.3 Rovaniemen suuria tulvia

2.3.1 Vuoden 1741 tulva

1700-luvun pahin tulva sattui vuonna 1741. Rovaniemellä oli tuolloin 61 taloa ja tulva koetteli puolia niistä. Ounasjoen varrelta Nivankylän kohdilta etelään tulva alkoi tehdä vahinkojaan. Pahiten tulvan vaikutuksista kärsi asutus Saarenkylän – Ounaskosken – Kirkonjyrhämän –alueella. (Ahvenainen 1970, 117-118.)

Tulva on ollut korkea ja vesi on pysynyt korkealla pitkän aikaa yhtäjaksoisesti. Esimerkiksi Pulkamon talon asukkaat karjaeläimineen olivat joutuneet siirtymään tulvan tieltä läheiselle vaaralle 12 vuorokauden ajaksi, joka kertoo tulvahuipun pitkäaikaisuudesta. Jälkeenpäin vuoden 1741 tulva onkin ollut verrattavissa vuoden 1859 legendaariseen Saulin tulvaan, jota pidetään Rovaniemen seudun ennätystulvana. (Ahvenainen 1970, 117-118.)

2.3.2 Räisäsen tulva vuonna 1807

Räisäsen tulva on nimetty Viirin isännän Räisäsen mukaan ja tulvaa pidetäänkin varsin omalaatuisena. Tulvan lähtökohtana oli 16 kilometriä pitkä jääpato, joka oli padonnut vettä Kaarrekosken yläpuolelle. Kerrotaan, että tulva olisi lopullisesti päässyt valloilleen Viirin isäntä Räisäsen Kaarrekosken niemen poikki kaivamasta ojasta. Tarkoituksena oli ollut johdattaa kosken yläpuolella olevaa patoutunutta vettä toistakin uoma myöten kosken alapuo-

lelle ja laskea patoutuneen veden pintaa. Seurauksena olikin, että vesi otti kaivetun ojan pääuomakseen ja huuhtoi koko niemen pois hävittäen Kaarrekosken olemattomiin. Vedennousu alempana oli ollut niin runsasta, että kirkon kohdalla tulvaveden korkeus oli lähes 9 metriä normaalia kesäveden pintaa korkeampi. (Ahvenainen 1967, 125-126; Outakoski 1952, 22-23; Valtion ympäristöhallinto 2012a.)

Räisäsen tulvan tasoinen tulva odotetaan toistuvan kerran 90 vuodessa. (Valtion ympäristöhallinto 2012a.)

2.3.3 Saulin tulva vuonna 1859

Saulin tulva näytti voimansa keväällä 1859. Tämä legendaarinen tulva on Rovaniemen kirjattujen historiatietojen mukaan alueen ennätystulva. Tulvaan johtaneet syyt olivat runsasluminen talvi ja nopeasti lämmennyt sää, joita ruokkivat kaatosateet. Huippukorkeuteensa tulva nousi 22.–24.5. heti jäidenlähdön jälkeen. Tulvakorkeus mitattiin 9,12 metriä normaalia kesäveden korkeutta ylemmäksi. (Outakoski 1952, 23.)

Tulvan johdosta koko Saarenkylä oli joutunut veden valtaan. Myös Ounasvaaran juurella oleva asutus oli samassa tilanteessa. Taloihin päästiin soutamalla ja sisään oli mentävä ikkunoiden kautta. Talojen lisäksi tulva oli jokivarsien varrella peittänyt alleen suuren osan pelloista ja karjalaitumista sekä teollisuuslaitoksista. Aasukkaat pakenivatkin kotieläimineen lähivaaroille tulvaa suojaan. (Outakoski 1952, 23-24.)

Nimensä Saulin tulva on saanut Ylikörkön isännän Antti Apraminpojan mukaan, jota kutsuttiin Sauliksi. Hän oli ennen kuolemaansa kevättalvella 1859 ennustanut kevään tulvan olevan korkea. (Outakoski 1952, 23-24.)

Saulin tulvan tasoinen tulva odotetaan toistuvan kerran 300 vuodessa. Saulin tulvan vedenkorkeus Lainaankohdalla on arvioitu olevan noin tasolla $N_{60} + 79.00$ m (= $N_{43} + 78.86$ m). (Valtion ympäristöhallinto 2012a.) Saulin tulvan tulvamerkin korkeus Pöykkölän päärakennuksen kivijalassa on $N_{43} + 77.94$ m. Nykyään normaaliveden korkeus on tuolla kohtaa noin tasolla $N_{43} + 74.00$ m. Saulin tulvan tulvamerkki löytyy alkuperäisellä paikallaan olevan 1840-luvulla

rakennetun Pöykkölän päärakennuksen kivijalasta Rovaniemen kotiseutumuseolla (Rovaniemi 2013).



Kuvio 1. Saulin tulvan tulvamerkki Pöykkölän päärakennuksen kivijalassa.

2.3.4 Vuoden 1910 tulva

Vuoden 1910 tulvaa pidetään ehkäpä Kemijoen historian kolmanneksi suurimpana tulvana. Silti siitä on kirjoitettu hyvin vähän. Vuoden 1910 tasaisen tulvan odotetaan toistuvan keskimäärin kerran 150 vuodessa. (Valtion ympäristöhallinto 2012a).

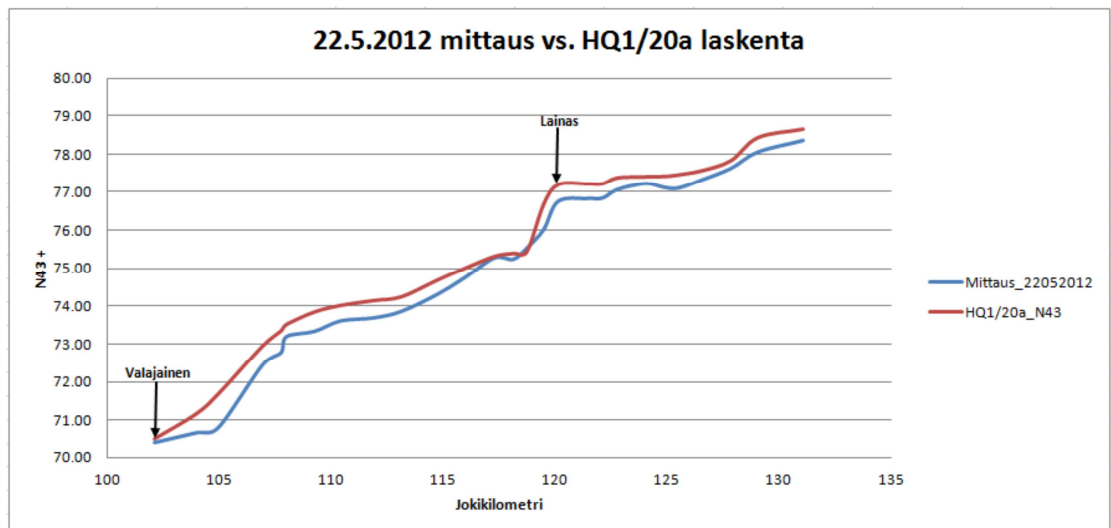
2.3.5 Vuosien 1973 ja 1993 tulvat

Voimalaitosrakentamisen jälkeisiin huomattavan suuriin tulviin luetaan vuosien 1973 ja 1993 tulvat. Vuosien 1973 ja 1993 edustavat tulvia, joiden ennustetaan toistuvan keskimäärin 20 vuoden välein (Valtion ympäristöhallinto 2012a). Vuoden 1993 tulva on viimeisin suuri tulva, jolloin Rovaniemen taajama-alueella on jouduttu kiinteistöjä suojaamaan tulvan varalta, etenkin Saarenkylän alueella.

Voimalaitosrakentamisen jälkeisen ajan suurin tulvakorkeus Rovaniemen keskustassa on mitattu Kemijoki Oy:n toimesta Lainaanselällä vuonna 1973, jolloin korkeudeksi mitattiin $N_{43} + 77,26$ m. Vuonna 1993 maksimivedenkorkeus Lainaanselällä oli $N_{43} + 77,25$ m. (Lapin ympäristökeskus 2007, 15.)

2.3.6 Vuoden 2012 tulva

Keväällä 2012 Rovaniemellä tulvavesi kohosi poikkeuksellisen korkealle. Kevään 2012 tulvakorkeuden mittauksia verrattiin laskennalliseen kerran 20 vuodessa toistuvan tulvaan. Kemi- ja Ounasjoen varressa suoritettiin GPS/GNSS –mittauksena vedenpinnan korkeuden mittauksia 22.5.2012 Rovaniemen kaupungin toimesta. Lopullinen vertailu mittausprofiilista ja kerran 20 vuodessa toistuvasta tulvasta tehtiin Lapin ELY –keskuksen toimesta.



Kuvio 2. 22.5.2012 mitatun aineiston profiili verrattuna kerran 20 vuodessa toistuvan tulvan malliin. (Kuva: Juha-Petri Kämäräinen 2012)

Kevään 2012 tulvakorkeus ei yltänyt voimalaitosrakentamisen jälkeisille ennätyslukemille. Tulvakorkeus jäi Lainaalla kuitenkin 35 cm vuonna 1973 mitatun maksimikorkeuden alapuolelle. Kuviossa 1 mittausprofiilin ja ennustemallin viivat leikkaavat Kirkonjyrhämän kohdalla vääristäen vertailumallia. Vääristymän on katsottu johtuvan liian harvasta mittaustiheydestä. Vertailu on tehty N_{43} –korkeusjärjestelmässä.

3 KEMIJOEN VESISTÖALUE JA VOIMALAITOSRAKENTAMINEN

3.1 Kemijoen vesistöalue

Rovaniemi sijaitsee Kemijoen vesistöalueella. Kemijoen vesistöalue on Suomen toiseksi suurin vesistöalue. Kemijoen vesistöalueen pinta-ala on 51 127 km², josta Suomen puolella on 49 467 km². Kemijoen Suomenpuoleisen vesistöalueen pinta-ala vastaa noin 15 prosenttia koko Suomen pinta-alasta. (Lapin ympäristökeskus 2007, 9)

Kemijoki on Suomen pisin joki ja sen pituus on noin 550 kilometriä. Kemijoen vesistöalueen suurimmat järvet ovat Lokan ja Porttipahdan tekoaltaat sekä Kemijärvi, joka on vesistöalueen suurin luonnonjärvi. Erityisen tulvaherkän Kemijoen vesistöä tekee kuitenkin alueen vähäjärvisyys. Järvisyys alueella on vain 4,3 % mukaan lukien tekoaltaat ja voimalaitosten patoaltaat. (Lapin ympäristökeskus 2007, 9-11.)

Kemijoen vesistöalueeseen kuuluu myös Rovaniemen kohdalla Kemijokeen yhtyvä Ounasjoki. Ounasjoki on Kemijoen lisäksi merkittävä tulvauhkan aiheuttaja Rovaniemellä. Ounasjoki on pituudeltaan noin 280 kilometriä ja sen vesistön pinta-ala kattaa 27 % koko Kemijoen vesistöalueesta. Ounasjoen vesistöalueen järvisyys on vain 2,9 %. (Lapin ympäristökeskus 2007,12.)

3.2 Kemijoen vesistöalueen voimalaitokset

Kemijoen vesistöalueeseen kuuluu yhteensä 21 vesivoimalaitosta. Kemijoen vesivoimatuotanto aloitettiin vuonna 1949 valmistuneella Isohaaran voimalaitoksella. Isohaaran voimalaitos sijaitsee nykyisellä Keminmaalla. Rovaniemen ensimmäisen, Petäjaskosken voimalaitoksen rakentaminen aloitettiin vuonna 1953 ja se valmistui vuonna 1957. Muita silloisen Rovaniemen maalaiskunnan alueelle rakennettuja Kemijoen voimalaitoksia ovat vuonna 1959 valmistunut Pirttikosken voimalaitos, 1960 valmistunut Valajaskosken voimalaitos ja 1976 valmistunut Vanttauskosken voimalaitos. Kemijokeen Rovaniemen alueen ulkopuolelle rakennettuja voimalaitoksia ovat lisäksi Seitakorvan, Ossauskosken ja Taivalkosken voimalaitokset. (Pohjolan voima 2013; Enbuske ym. 1997, 386-388; Oy Vesirakentaja 2008, 151.)

Rovaniemen alueella pienempiä voimalaitoksia on rakennettu myös Kemijoen sivuvesistöihin. Näitä voimalaitoksia ovat Permantokosken, Kaarnin, Kaihuan ja Juotasjoen voimalaitokset. (Oy Vesirakentaja 2008, 151-152.)

Muita Kemijoen vesistöalueella olevia voimalaitoksia ovat Kitiseen rakennetut Kokkosnivan, Kurkiaskan, Kelukosken, Matarakosken, Vajukosken, Kurittukosken ja Porttipahdan voimalaitokset. Lisäksi Lurojoelle rakennettu Lokan ja Kemijärvelle Askanjokeen rakennettu Jumiskon voimalaitos. (Oy Vesirakentaja 2008, 152-155.)

Sodankylän kunnassa sijaitsevat Lokan ja Porttipahdan voimalaitokset ovat merkittäviä voimalaitoksia Kemijoen vesistöalueella. Kyseiset läntisen Euroopan suurimmat tekoaltaat ovat niin suuria että tulvien aikaan niistä ei tarvitse juoksuttaa vettä ollenkaan. Säännöstely Lokassa aloitettiin vuonna 1967 ja Porttipahdalla 1970 (Lapin ympäristökeskus 2007, 20; Kemijoki Oy 2012b).

3.3 Valjastamaton Ounasjoki

”Ounasjoki on suojeltu erillisellä lailla (703/1983), joka kieltää luvan myöntämisen voimalaitoksen rakentamiseen koko Ounasjoen vesistössä” (Oy vesirakentaja 2008, 158). Tästä syystä Ounasjoessa ei ole ainuttakaan voimalaitosta, eikä säännöstelyallasta. Täten Ounasjoen ja Kemijoen tulvahuippujen yhtäaikaista saapumista Rovaniemelle voidaan ehkäistä vain Kemijoen säännöstelyllä. Lisähaasteen tulvien ehkäisyyn tuovat Ounasjoen vesistöalueen vähäiset tulvavettä varastoivat järvet ja useat suuret luonnontilaiset sivujoet (Lapin ympäristökeskus 2007,12).

Suurimmat Ounasjoen tulvariskit piilevät nykytilanteessa jääpadoissa, joita on erittäin vaikea ennustaa. Koska joen pintaa ei voida säännöstelyllä tarvittaessa nostaa jäiden liikkeelle saamiseksi, tuo se omat haasteensa tulviin varautumisessa. Lisäksi Ounasjoessa on useita otollisia paikkoja jääpatojen muodostumiselle.

Esimerkiksi vuoden 1984 jääpatojen aiheuttama tulva vastasi suuruudeltaan kerran sadassa vuodessa tapahtuvaa tulvaa ja aiheutti tuntuvia vahinkoja jokivarren asukkaille. Tulvan aiheuttivat Nivankylän ja Tapionkylän välille sekä Kittilän Kaukoseen patoutuneet jäät. (Tvrdý 2011.)

4 TULVANTORJUNTA JA TULVIEN YHTEISKUNNALLISET VAIKUTUKSET

4.1 Tulvantorjunta ja viranomaisten vastuut

Tulvantorjunnalla voidaan pienentää tulvasta aiheutuvia vahinkoja ennen tulvaa ja tulvan aikana. Käytännössä tulvantorjunta tarkoittaa erilaisia toimenpiteitä ja yhteistyötä eri tahojen kanssa. Lapin elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen tulvantorjuntaorganisaatio vastaa Lapissa tulvatilanteen seuramisesta, ennakkotoimista ja tulvanaikaisista toimista. ELY –keskus tekee tulvantorjunnassa yhteistyötä kuntien ja pelastusviranomaisten kanssa. (Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2012; Valtion ympäristöhallinto 2012c) Eri viranomaisten vastuut ovat laeissa määrättyjä.

4.1.1 Laki elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksista

Laki elinkeino, liikenne- ja ympäristökeskuksista (2009/897) velvoittaa alueellisen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen valvomaan yleistä etua ympäristö- ja vesiasioissa, tuottamaan ja jakamaan ympäristöä koskevaa tietoa sekä parantamaan ympäristötietoutta, ehkäisemään ja torjumaan ympäristövahinkoja ja -haittoja, huolehtimaan valtion vesitaloudellisista luvista ja yksityisoikeudellisista sopimuksista sekä huolehtimaan ympäristö-, vesihuolto- ja vesistöiden toteuttamisesta. Tehtäviin kuuluu myös ympäristönsuojelu, alueiden käyttö, rakentamisen ohjaus, kulttuuriympäristön hoito, luonnon monimuotoisuuden suojeleminen ja kestävä käyttö sekä vesivarojen käyttö ja hoito. (Finlex 2009.)

4.1.2 Pelastuslain asettamia vaatimuksia

Pelastuslain (2011/379) tavoitteena on parantaa ihmisten turvallisuutta ja vähentää onnettomuuksia. Tavoitteena on myös onnettomuuden uhatessa tai sen tapahduttua pelastaa ihmisiä, turvata tärkeitä toimintoja ja rajoittaa onnettomuuden seurauksia. (Finlex 2011.)

Pelastuslaitos vastaa pelastustoimintaan kuuluvien tehtävien hoitamisesta, kun tulipalo, muu onnettomuus tai niiden uhka vaatii kiireellisiä toimenpiteitä ihmisen hengen tai terveyden, omaisuuden tai ympäristön suojaamiseksi tai pelastamiseksi eivätkä toimenpiteet ole onnettomuuden tai sen uhan kohteeksi joutuneen omin toimin hoidettavissa tai kuulu muun viranomaisen tai organisaation hoidettavaksi. Valtion ja kunnan viranomaiset, laitokset ja liike-

laitokset ovat velvollisia osallistumaan pelastuslaitoksen johdolla pelastustoiminnan suunnitteluun, sekä toimimaan onnettomuus- ja vaaratilanteissa niin, että pelastustoiminta voidaan toteuttaa tehokkaasti. Ympäristöviranomaiset ja maa- ja metsätalousviranomaiset sekä hallinnonalojen laitokset huolehtivat niitä koskevista säädöksissä määrätyn työnjaon mukaisesti öljy- ja kemikaalivahinkojen torjunnasta, ympäristönsuojelusta, tulvasuojelusta, tulvantorjunnasta ja patoturvallisuudesta. (Finlex 2011.)

4.1.3 EU:n tulvadirektiivi

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2007/60/EY) tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta tuli lainvoimaiseksi 6.11.2007. Tulvadirektiivin avulla on tarkoitus pyrkiä vähentämään ja hallitsemaan tulvista aiheutuvia riskejä ihmisen terveydelle, ympäristölle, infrastruktuurille ja omaisuudelle. EU:n jäsenvaltioiden tulee suorittaa tulvariskien alustava arviointi ja laatia tulvariski-alueille tulvavaara- ja tulvariskikartat. Lopputuloksena jäsenvaltioiden tulee valmistella tulvariskien hallintasuunnitelmat tulvadirektiivin päätavoitteiden saavuttamiseksi. (Lapin ympäristökeskus 2007, 84-85.)

Laadituista tulvakartoista tulee käydä ilmi, minne tulva voi levitä ja millaista vahinkoa se voi saada aikaan. Hallintasuunnitelmista käy ilmi toimenpiteet tulvavahinkojen estämiseksi ja vähentämiseksi. Suunnitelmiin sisällytetään muun muassa maankäytön ja pelastustoimen suunnittelu ja tulvien ennustaminen sekä niistä varoittaminen. Lisäksi selvitetään tarve ja mahdollisuudet esimerkiksi vesistön säännöstelyn kehittämiseen ja tulvavesien pidättämiseen tai perkauksiin ja pengerryksiin. Suunnittelussa on otettava huomioon myös vesienhoidon tavoitteet. (Maa- ja metsätalousministeriö 2011.)

Rovaniemi kuuluu valtakunnallisesti merkittäviin tulvariskialueisiin ja tulvadirektiivin mukainen työ on parhaillaan käynnissä. Maa- ja metsätalousministeriö on asettanut päätöksellään 20.12.2011 Kemijoen vesistöalueen tulvaryhmän valmistelemaan tulvariskien hallintasuunnitelmaa, jonka tulee olla valmis viimeistään vuonna 2015. Lapin ELY –keskuksen vetämä Kemijoen vesistöalueen tulvaryhmä on nimeltään Rovaniemi-foorum. (Maa- ja metsätalousministeriön päätös 2011; Pesonen 2012, 9.)

4.2 Tulvantorjunnan keinot ja tulviin varautuminen

4.2.1 Hydrologinen havainnointi

Suomen ympäristökeskus on valtakunnallisesti vastuussa hydrologisesta seurannasta ja ylläpitää ajan tasalla olevia nettisivuja hydrologisista mittaus-tuloksista. Alueellinen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus vastaa valta-kunnallisten asemien rakentamisesta, laiteasennuksista, huollosta ja tarkis-tuksista. Havaintoasemat voivat kuitenkin kuulua ulkopuoliselle organisaatiol-le, jolla on velvoite seurata vesistön vedenkorkeuksien ja virtaamien muutos-ta. Tällaisia ulkopuolisia organisaatioita ovat muun muassa vesivoimalaitok-set, vesilaitokset ja teollisuus. Seurantavelvoite sisällytetään vesioikeudelli-siin säännöstely- ja vedenottolupiin. (Valtion ympäristöhallinto 2004.)

Hydrologinen havainnointi on merkittävä osa tulvatutkimusta, sillä hydrologi-sia havaintoja käytetään muun muassa vesistökohtaisien tulvaennusteiden teossa ja virtausmallien käytössä. Suomessa on olemassa hydrologisia ha-vaintoverkostoja, jotka mahdollistavat vedenkorkeuksien ja virtaamien jatku-van seurannan. Hydrologisen tilanteen seuranta ja tulvatilanteista tiedottami-nen on tärkeä osa ELY –keskusten toimintaa. (Valtion ympäristöhallinto 2004; Valtion ympäristöhallinto 2012c.)

Hydrologinen havainnointi aloitettiin Rovaniemellä 1935. Nykyään Rovanie-men kaupungin taajama-alueella hydrologisia havaintoasemia on käytössä neljä kappaletta. (Lapin ympäristökeskus 2007, 13,33) Havaintoasemilta saadut havainnot siirtyvät Lapin ELY –keskuksen ja Suomen ympäristökes-kuksen käyttöön.

4.2.2 Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmä

Suomen ympäristökeskus pitää yllä koko Suomen kattavaa Vesistömallijär-jestelmää. Monipuolinen Vesistömallijärjestelmä mahdollistaa paitsi vesistö-jen vedenkorkeuksien, virtaamien ja pohjaveden korkeuksien ennustamisen, myös tulvista ja kattojen lumikuormista varoittamisen sekä vesistöjen ravin-nekuormituksen laskennan koskien Itämeren. Järjestelmän avulla saadaan virtaama- ja vedenkorkeusennusteita yli 600 kohteeseen Suomessa, joita jaetaan internetin välityksellä tiedottamisen, säännöstelyn ja tulvantorjunnan

käyttöön. Järjestelmä tuottaa myös reaaliaikaisia vesitilannekarttoja ja hydrologista tietoa. (Valtion ympäristöhallinto 2012d)

”Vesistömalli on vesistön hydrologista kiertoa ja veden kulkeutumista vesistön uomissa ja järvissä kuvaava malli (Sane ym. 2006, 36).” Tietyn vesistön havaintoverkoston tietojen perusteella voidaan tuottaa vesistömallien avulla vesistökohtaisia ennusteita. Vesistömalleilla saatujen ennusteiden mukaan voidaan arvioida tulvariskiä, jääpatojen syntyajankohtaa ja suunnitella säännöstelyjen vesien käyttöä. Vesistömallin lähtötietoina toimivat säähavainnot ja -ennusteet sekä hydrologiset havainnot. Säähavainnoista erityisesti tarpeellisia tietoja ovat lämpötila, sadanta ja haihdunta. Hydrologisen havaintoverkon avulla saadaan tietoon vesistön vedenkorkeus- ja virtaamatiedot. (Valtion ympäristöhallinto 2013)

4.2.3 Tulvakartoitus

Tulvakartoituksella tuotetaan karttapohjaista tietoa erityisesti tulvaherkillä alueilla (Valtion ympäristöhallinto 2012b). Tulvakartoituksen tarkoituksena on selvittää alueet, joille tulvavesi eri vedenkorkeuksilla voi levitä. Täten tulviin voidaan varautua paremmin ja ehkäistä tulvien tuomia vahinkoja ja vaaratilanteita.

Tulvakartoituksen avulla tehdään tulvakarttoja, joista ilmenee tulvavesien levinneisyys erilaisissa tulvatilanteissa. Tulvakarttoja on erityyppisiä, joita ovat historia-tulvakartta, tulvan peittävyyskartta, tulvavaarakartta ja tulvariskikartta. Historia-tulvakartalla tarkoitetaan karttaa, jossa ilmaistaan jo toteutuneen tulvan todellinen levinneisyys määritetyllä alueella. Tulvan peittävyyskartalla tai tulvavaarakartalla voidaan esittää tulvien peittämät alueet halutuilla vedenkorkeuksilla, vaikka tulva ei olisikaan toteutunut. Tulvariskikartalla taas esitetään riskialueet, joille mahdolliset tulvavedet voivat levitä aiheuttaen esimerkiksi ympäristövahinkoja, yhteiskunnalle tärkeiden toimintojen keskeytymistä tai muuten taloudellisia vahinkoja. Tulvakarttoja voidaan käyttää muun muassa alimpia rakentamiskorkeuksia määrittäessä, maankäytön ja pelastustoimien suunnittelussa, tiedotuksiin, tulvariskihallintasuunnitelmiin ja tulvavahinkojen torjuntaan. (Valtion ympäristöhallinto 2012b.)

Tulvakartoituksen pohjana on oltava riittävän tarkka ja luotettava lähtöaineisto. Lähtöaineistoksi tarvitaan tulva-alueelta digitaalinen maanpinnan korkeusmalli, joka kuvaa alueen topografian riittävällä tarkkuudella. Tiedossa tulee olla myös uomien poikkileikkaukset sekä vedenkorkeus- ja virtaamatiedot. Vedenpinnan korkeudet erilaisissa tulvatilanteissa voidaan määrittää toistuvuusanalyysillä vedenkorkeushavaintojen perusteella tai numeerisesta vesistömallista. Lisäksi jokivesistöissä on selvitettävä joen virtaamatiedot niin ikään toistuvuusanalyysin perusteella tai numeerisesta vesistömallista. (Lapin ympäristökeskus 2007, 40,44)

Toistuvuusanalyysi tehdään menneisyydessä tapahtuneiden havaintojen perusteella sillä oletuksella, että tulevaisuudessa tulee samankaltaisia tapahtumia. Myös vallitsevat sääolot oletetaan pysyvän samankaltaisina. Nykypäivänä ilmastonmuutos kuitenkin vaikuttaa sääoloihin kymmenien vuosien havaintojaksojen aikana, jolloin tapahtumien toistuvuus voi ilmastonmuutoksen vaikutuksesta hieman muuttua. (Linjama 2007, 10.)

Rovaniemelle on laadittu tulvavaarakartoitus Suomen ympäristökeskuksen toimesta. Rovaniemen alueen tulvaherkin alue sijoittuu Saarenkylään, johon tulvavaarakartoitus tehtiin vuonna 2003. Myöhemmin vuonna 2007 tulvakartoitus laajennettiin käsittämään koko Rovaniemen taajama-alue. (Lapin ympäristökeskus 2007, 41.) Tulvakartoitukseen tarvittava korkeusaineisto saatiin Rovaniemen kaupungilta ja sitä täydennettiin Maanmittauslaitoksen korkeuskäyräaineistolla. Hydrologiseen seurantaan perustuvat vedenkorkeus- ja virtaamatiedot saatiin Kemijoki Oy:ltä ja ympäristöhallinnon Hertta – tietojärjestelmästä. Uomien poikkileikkaustiedot olivat Kemijoen ja Ounasjoen osalta Kemijoki Oy:n mittaamia ja Saarenputaan osalta vanhan Rovaniemen maalaiskunnan maastomalliin, sekä Kemijoki Oy:n maatutkaustietoihin pohjautuvia. (Lapin ympäristökeskus 2007, 44-45.) Tällä hetkellä Rovaniemeltä on olemassa tulvavaarakartat kerran 20, 50, 100 ja 250 toistuvista tulvista.

Alkuvuodesta 2013 on valmistumassa Rovaniemen taajama-alueen käsittävä uusi tulvakartoitus, joka pohjautuu entistä tarkempaan laserkeilauksella tuotettuun maanpinnan digitaaliseen korkeusmalliin. Uuden korkeusmallin ansiosta tulvavesien leviämistä voidaan mallintaa entistä paremmin. (Tiermas 2013)

4.2.4 Tulviin vaikuttaminen säännöstelemällä

Säännösteleminen on olennainen osa tulvantorjuntaa. Rovaniemen suurjokien, Ounasjoen ja Kemijoen, tulvahuippujen ajoitukseen voidaan vaikuttaa säännöstelemällä vain Kemijoessa. Rovaniemelle vaikuttavana säännöstelyaltaana toimii Kemijärven säännöstelyallas. Kemijärven säännöstelyä on toteutettu vuodesta 1965 lähtien Seitakorvan voimalaitoksella. Kemijärven säännöstelyaltaan avulla voidaan rajallisesti ehkäistä Ounasjoen ja Kemijoen tulvahuippujen yhtäaikaista ajoitusta Rovaniemen kohdalle. Kemijärven allas on tilavuudeltaan varsin pieni ja sen avulla voidaan viivyttää suurimpia virtauksia vain muutamien päivien ajan. Rovaniemeä uhkaavassa tulvatilanteessa voidaan hakea poikkeuslupaa Pohjois-Suomen aluehallintovirastolta Kemijärven säännöstelyn ylärajan tilapäiseksi ylittämiseksi. Suuressa tulvatilanteessa Rovaniemeä uhkaa etenkin Saarenkylän kastuminen ja Kemijärvellä tulva-altaan ylittyminen. (Lapin ympäristökeskus. 2007,11,24,39.)



Kuvio 3. Suuressa tulvatilanteessa Rovaniemeä uhkaa etenkin Saarenkylän kastuminen. Saarenkylä rajattu kuvassa punaisella katkoviivalla.

Rovaniemen taajama-alueen luonnollinen vedenpinta on noussut huomattavasti voimalaitosrakentamisen myötä. Etenkin Valajaskosken voimalaitoksen

valmistuminen vuonna 1960 nosti selvästi taajama-alueen vedenpintaa. Voimalaitosrakentamisen Rovaniemelle tuoma vedenpinnan korkeuden nousu ei kuitenkaan vaikuta tulva-aikaiseen vedenpinnan nousuun olennaisesti, sillä veden pintaa pystytään tasaamaan tehokkaasti säännöstelyn avulla.

Vedenpintaa voidaan tarpeen mukaan säännöstellä sitä nostamalla tai laskeamalla. Veden juoksutukseen on olemassa juoksutusta rajoittavia sääntöjä. Muun muassa Rovaniemellä Valajaisen voimalaitoksen suurin sallittu padotuskorkeus voimalaitoksen kohdalla on $N_{43} + 74,00$ m korkeimman hallinto-oikeuden 9.5.1964 antaman päätöksen mukaisesti. Padotuskorkeutta tulee kuitenkin virtaaman suuruuden mukaan tarvittaessa laskea siten, että Rovaniemen kaupungin kohdalla Kirkonjyrhämällä vedenpinnan korkeus saa olla enintään $N_{43} + 74,00$ m luonnollisen virtaaman ollessa alle $2\,400\text{ m}^3/\text{s}$. Virtaaman ollessa suurempi saa vedenpinta Kirkonjyrhämässä nousta luonnollisessa vallinneita tulvaveden korkeusarvoja noudattaen. (Lapin ympäristökeskus 2007, 23-24.)

Valajaisen voimalaitoksen ja Rovaniemen välillä on Kemijoessa luontaisesti padottavia kohtia, jotka tuovat haasteita suurilla virtaamilla. Erityisesti Pahtajan kapeikko, joka on altis jääpatojen muodostumiselle. Valajaisen voimalaitoksen voimakkaan ohijuoksuttamisen seurauksena voimalaitoksen yläpuolisen uomaosuuden vedenpinta laskee, jolloin jäidenlähdön aikaan jäämassat voivat tarttua joenpohjaan aiheuttaen jääpadon muodostumisen riskin. Nykyisillä Kirkonjyrhämän säännöstelyn rajoituksilla on jääpatoriskiä kasvattavia vaikutuksia. Juoksutussäännön muutoksella voitaisiin Valajaisen yläpuolisella osuudella pienentää jääpatoriskiä huomattavasti veden pintaa korottamalla. Tämä tarkoittaisi sitä, että Kirkonjyrhämällä taso $N_{43} + 74,00$ m tulisi saada ylittää jo virtaaman ollessa alle $2\,400\text{ m}^3/\text{s}$. (Lapin ympäristökeskus 2007, 23, 25, 27)



Kuvio 4. Rovaniemen ja Valajaisen voimalaitoksen uomaosuudella on luontaisesti padottavia kohtia, kuten Pahtajan kapeikko.

Suurtulvatilanteessa Lokan ja Porttipahdan suurten tekoaltaiden merkitys Rovaniemen tulvaveden korkeuteen voi olla jopa metrin. Tällaisessa tilanteessa suuri osa sulamisvesistä tulisi kuitenkin päätyä Lokan ja Porttipahdan tekoaltaisiin. Tulvavettä voitaisiin siten pidättää altaissa tarvittavan ajan alapuolisten alueiden tulvavahinkojen vähentämiseksi. (Tiermas 2013.)

4.2.5 Kaavoitus ja rakennusvalvonta

Tulvien aiheuttamia vahinkoja voidaan ehkäistä tulvat huomioonottavalla maankäytöllä. Rakentamisen tarkalla sijoittelulla ja rakennusmääräyksillä pystytään ennalta ehkäisemään tulvien aiheuttamia ongelmia. Rovaniemellä tulvien huomioonotto onkin kaavoituksen ja rakennusvalvonnan työssä hyvin tavallista.

Lapin ympäristökeskus, eli nykyinen Lapin ELY-keskus, on määrittänyt Rovaniemellä alimmat sallitut rakentamiskorkeudet Kemijoen ja Ounasjoen vesistöihin (Lapin ympäristökeskus 2007, 29). ”Säännösteltyjen vesistöjen rannoille rakennettaessa on rakennuksen kastumiselle alttiit rakenteet sijoitettava vähintään 0,5 metriä HW 1 / 100 tason yläpuolelle. Luonnontilaisessa vesistössä HW 1 / 100 korkeuteen lisätään vesistöä riippuva lisäkorkeus (0,3 – 1,5 m). Erityisen tärkeiden kohteiden (ihmisten turvallisuus ja terveys, yhteiskunnan elintärkeät toiminnot sekä ympäristön kannalta riskialttiit toiminnot) rakentamiskorkeuksia määritettäessä vesikorkeutena pidetään HW 1 / 250 tai vieläkin harvinaisempaa korkeutta.” (Rovaniemen kaupunki 2007, 13-14.)

Kaava-alueilla alimmat rakentamiskorkeudet rakennuspaikoille ilmoitetaan kaavamääräyksin. Haja-asutusalueilla rannoille rakennettaessa tarvitaan poikkeuslupa, jossa lisäkorkeus otetaan huomioon harkinnan mukaisesti. Esimerkiksi Ounasjoki kuuluu luonnontilaisiin jokiin, jossa on otettava huomioon 0,3 – 1,5 metrin lisäkorkeus. Lisäkorkeuden määrään vaikuttaa muun muassa alueella vallitseva jääpatoriski, joka vaikuttaa alimpaan rakentamiskorkeuteen korottavasti. Jääpatoriski katsotaan olevan alueilla, joilla merkittävä jääpato on muodostunut historian aikana.

Alinta rakentamiskorkeutta on nostettu aikojen saatossa tarkempien tulvaennusteiden perusteella. Esimerkiksi Saarenkylän Citymarket on rakennettu alimman rakentamiskorkeuden ollessa $N_{43} + 78.00$ m. Nykyään alin rakentamiskorkeus tuolla kohtaa on $N_{43} + 78.80$ m. Tästä syystä osissa kaava-alueista kaavamääräyksissä on alimpien rakentamiskorkeuksien osalta vanhentunutta tietoa.

Tällä hetkellä keskimäärin kerran sadassa vuodessa esiintyvän tulvan tulvavaara-alueella on Rovaniemellä noin 550 rakennusta, joista pääosa on omakotitaloja. Yli 400 tulvavaara-alueen rakennuksista sijaitsee Saarenkylässä. (Alatalo – Mikkola 2012)

4.2.6 Rakennelmat tulvavahinkojen torjumiseksi

Tilapäisiä nopeasti pystytettäviä tulvasuojelurakenteita käytetään etenkin vähäjärvisissä jokivesistöissä, joissa virtaaman nousu tulvan aikaan on tyypilli-

sesti nopeaa. Perinteiset keinot tulvavahinkojen pienentämiseksi on kohteiden suojaaminen tilapäisillä tai pysyvillä rakenteilla, esimerkiksi seinämillä, penkereillä ja hiekkasäkeillä. Tilapäisten tulvantorjuntarakenteiden tulee olla riittävän tiiviitä ja korkeita, jotta ne suojaisivat tulvavahingoilta. Rakenteiden vedenpitävyys voidaan varmistaa erillisillä muovikalvoilla tai muilla vastaavilla vesieristeillä. Rakenteiden tulee kestää myös veden aiheuttamaa painetta, jotta rakenteet eivät liikkuisi, kaatuisi tai murtuisi tulvatilanteessa. Siltoja voidaan tarvittaessa sulkea settipatojärjestelyin, mikäli silta mahdollistaa settipatojen käytön. Muun muassa siltoihin rakennettavilla settipadoilla tulvavettä voidaan ohjata riskialueiden ulkopuolelle. (Lapin ympäristökeskus 2007, 73, 77-78; Valtion ympäristöhallinto 2012c.)

4.2.7 Varautuminen jääpatoihin

Jääpatojen varalta jään paksuutta seurataan ja jääpatojen syntymistä pyritään ehkäisemään jäänsahauksilla ja hiekoituksilla. Jo syntyneitä uhkaavia jääpatoja voidaan tarpeen tullen räjäyttää, mikäli niitä ei saada koneellisesti purettua esimerkiksi kaivinkoneen avulla. (Valtion ympäristöhallinto 2012c.) Ennakoivaa tulvantorjuntaa voidaan tehdä myös joenpohjan ruoppauksilla. Ruoppaus sopii etenkin mataliin kohtiin, joihin jäämassat pyrkivät usein takerumaan kiinni aiheuttaen jääpatoja. Säännöstellyissä vesistöissä jääpatoihin voidaan vaikuttaa nostamalla veden pintaa jääpatojen liikkeelle saamiseksi.



Kuvio 5. Patoutunutta jäätä Kirkonjyrhämällä keväällä 2009. (Kuva: Sakari Hyytinen)

4.3 Tulvien yhteiskunnalliset vaikutukset

Tulvien yhteiskunnallisina vaikutuksina voidaan pitää tulvariskialueilla tulvista johtuvia seurauksia ihmisen terveydelle ja turvallisuudelle. Tulvat voivat olla uhkana välttämättömyyspalveluiden kuten vesihuollon, energiahuollon, tietoliikenteen, tieliikenteen tai muun vastaavan toiminnan sekä yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja turvaavan taloudellisen toiminnan pitkäaikaiselle keskeytymiselle. Tulvista voi seurata myös pitkäkestoinen ja laaja-alainen vahingollinen vaikutus alueen ympäristölle ja kulttuuriperinnölle. (Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 1.)

5 LASERKEILAUS APUNA SINETÄN TULVARAJAMÄÄRITYKSESSÄ

5.1 Yleistä Sinetästä

Sinetän kylä sijaitsee noin 20 kilometriä Rovaniemeltä pohjoiseen. Kylä on kasvanut kahden joen, Sinettäjoen ja Ounasjoen varsille. Kylän läpi kulkeva Sinettäjoki laskee Sinettäjärvestä Ounasjokeen, joka on Kemijoen lisäksi toinen Rovaniemellä virtaavista suurjoista. Ounasjoki on Kemijoen sivujoki, joka yhdistyy Kemijokeen Rovaniemen kaupungin kohdalla.

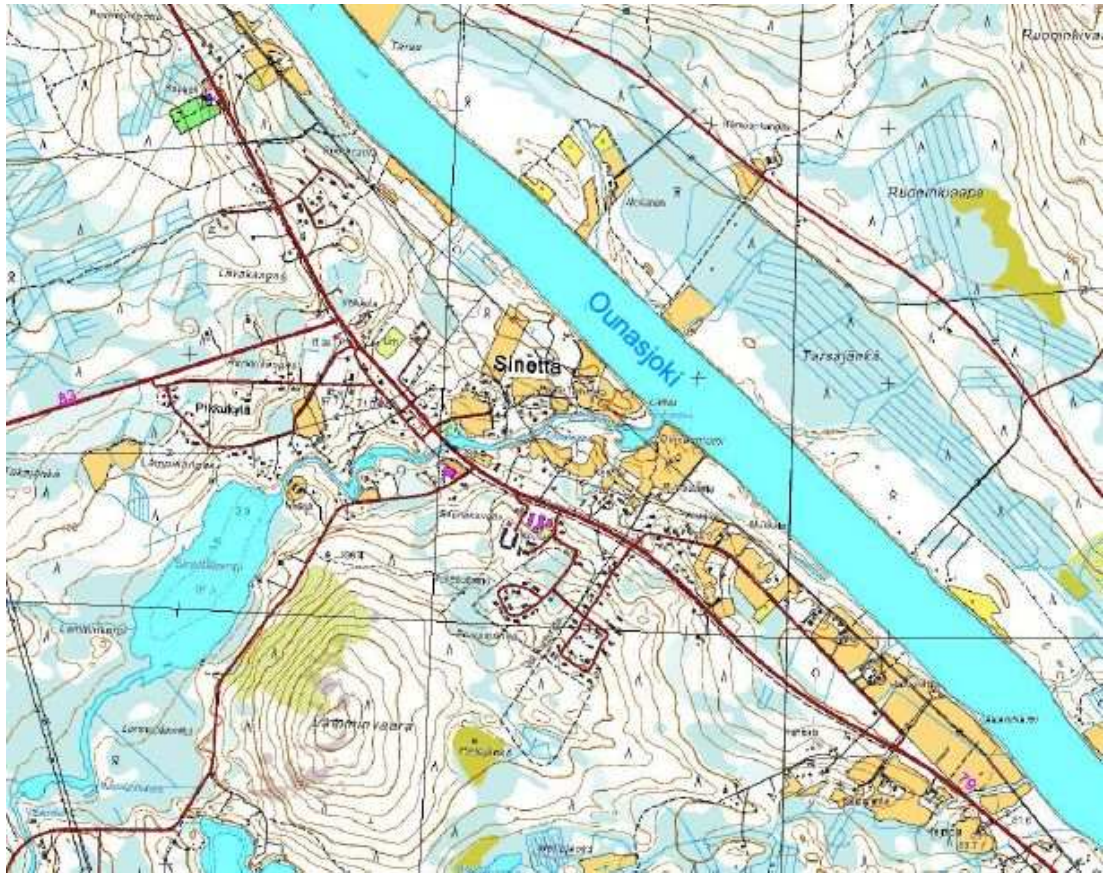
Sinetän kylästä löytyy monia palveluita, kuten kirjasto, päiväkotia, neuvola, hammashoitola, kauppa, huoltoasema, koulu ja urheiluhalli. Sinettä on Rovaniemen palvelukylästä nopeimmin kasvava. Vuonna 2004 Sinetän asukasluku oli 633 asukasta. Vuonna 2010 asukkaita oli 640. Vaikka asukkaiden lisääntyminen ei ole ollut vuosien 2004 ja 2010 välillä järin suurta, silti kylän jatku-neesta kasvusta kertoo vuosina 2004 – 2008 Sinettä rakennetut 42 uutta omakotitaloa. (Heiskanen 2011, 4; Rovaniemen kaupunginhallituksen pöytäkirjanote 2009, 2)

Sinettä on kulttuuriympäristöltään arvokasta aluetta. Sinetän nykyistä kulttuurimaisemaa on rakennettu jo yli 200 vuotta. Kulttuurimaisema koostuu lähinnä maatalouden kulttuurimaisemasta, saha- ja myllymaisemasta, sekä 1960-luvun jälkeen rakentuneesta kyläkeskuksesta. (Heiskanen 2011, 66-68.) Kulttuurillisesti arvokkaita kohteita pyritään suojelemaan ja osa Sinetän kulttuurillisesti arvokkaista kohteista onkin tulvien vaikutusalueella.

Kylän kasvaminen ja kulttuurimaiseman suojeleminen onkin tärkeimpiä syitä tulvarajojen määrittämiselle Sinetässä. Tulvarajojen määrittämisen tavoitteena on kartoittaa alueet ja kohteet, jotka ovat tulvariskialueilla. Tulvariskialueilla jo olevien arvokkaiden kohteiden suojelemiseen ja turvallisuuden varmistamiseen pystytään siten varautumaan poikkeuksellisen suurten tulvien varalta. Uusien rakennusten entistä tarkemmalla sijoittelulla ja rakennusmääräyksillä taas pystytään ennalta ehkäisemään tulvien aiheuttamia ongelmia.

Suurimman tulvariskin Sinettä aiheuttavat Ounasjoen arvaamattomat jääpadot. Niiden ennustaminen on erittäin vaikeaa, sillä jääpadot voivat muodostua Ounasjokeen useisiin otollisiin paikkoihin. Ounasjoessa ei ole tulva-

altaita eikä voimalaitoksia, joten veden korkeuteen ei siten voida vaikuttaa jääpatojen liikkeelle saamiseksi. (Tiermas 2013.)



Kuvio 6. Sinetän kylä on kasvanut Ounasjoen ja kylän läpi kulkevan Sinettäjoen varrelle.

5.2 Ilmalaserkeilaus Sinetän tulvarajamäärityksessä

5.3.1 Sinetän osayleiskaavahanke

Sinetän tulvarajamääritys on osa Sinetän osayleiskaavahanketta. Sinetän oikeusvaikutteinen suoraan rakennuslupaan oikeuttava osayleiskaava on vielä keskeneräinen kaavahanke. Kaavan tavoitteena on säilyttää Sinetän kylä elinvoimaisena ja kehittää elinympäristöä kunnan eri osa-alueilla. (Rovaniemi 2012) Kaava tulee voimaan vuonna 2013.

5.3.2 Mitä on ilmalaserkeilaus?

Ilmalaserkeilaus voi tapahtua joko helikopterista tai lentokoneesta käsin. Lentokoneeseen tai helikopteriin asennettu laserkeilain mittaa kohteen etäisyyden lähettämällä pulssin laservaloa maahan ja rekisteröimällä ajan, joka kuluu heijastuneen pulssin palaamisen. Pulssin palattua tapahtuu pisteen tal-

lennus. Keilaimen mittaussnopeus voi olla jopa 250,000 pistettä sekunnissa. Laserkeilauksen tuloksena syntyy niin sanottu pistepilvi.

Helikopterissa tai lentokoneessa on samaan aikaan toiminnassa digitaalikaamera, joka ottaa kuvia 0.5 sekunnin välein. Tarkka koneen sijainnin ja asennon seuranta tapahtuu käyttäen GPS- paikannusta ja inertiajärjestelmää (IMU).

5.3.3 Tulvarajamäärityksessä käytetty laserkeilausaineisto

Sinetän tulvarajamäärityksessä on käytetty aineistona Maanmittauslaitoksen ilmalaserkeilauksella tuottamaa aineistoa. ”Maanmittauslaitos tuottaa laserkeilausaineistoja, joiden perusteella tuotetaan uutta valtakunnallista korkeusmallia. Maanmittauslaitoksen laserkeilauksia on suunnattu ensisijaisesti tulvaherkille ja tiheään asutuille alueille, joissa tulvakarttojen laadintaan tarvitaan entistä tarkempaa korkeustietoa (Maanmittauslaitos 2012).”

Maanmittauslaitoksen mukaan laserkeilausaineistossa olevien pisteiden korkeustarkkuudeksi on määritelty 15 senttimetriä (Maanmittauslaitos 2012). Sinettä on ensimmäinen kohde Rovaniemellä, missä tulvarajamääritys on tehty laserkeilausaineistoa apuna käyttäen. Rovaniemen seudulla laserkeilaus on suoritettu vuonna 2011.

5.3.4 Laserkeilausaineiston tarkkuuden arviointi

Laserkeilausaineiston tarkkuuden arviointi perustuu GPS/GNSS –mitattuihin pisteisiin Sinetästä. Maastomittauksia tehtiin paikka paikoin GPS/GNSS –mittauksina Rovaniemen kaupungin toimesta, jotta laserkeilausaineiston korkeustarkkuutta voitaisiin verrata GPS/GNSS –mitattujen pisteiden korkeuksiin.

Arvioinnissa käytetty laserkeilausaineisto oli alkuperäiseltä pistetiheydeltään harvennettu aineisto. Tämä oli sikäli hyvä asia, sillä alkuperäisen aineiston pistemäärä olisi ollut niin suuri, että käytössäni olevan ohjelmiston ja työaseman ominaisuudet eivät olisi riittäneet aineiston jouhevaan tarkasteluun. Laseraineiston käsittelyyn käytin apuna 3D-Win –ohjelmistoa.

Sinetän tulvarajamääritys on tehty alueelle, jossa maasto on metsä- ja peltoa. GPS/GNSS –mitattuja pisteitä alueelta oli yhteensä 582 kappaletta.

Poimin laserkeilausaineistosta 3D-Win –ohjelmistoa hyväksi käyttäen ne pisteet, jotka olivat 1 metrin säteellä GPS/GNSS –mitatuista pisteistä. Täten sain aineiston varsinaista korkeustarkkuuden arviointia varten, olettaen että maastonmuodot eivät 1 metrin etäisyydellä GPS/GNSS –pisteistä muuttuisi merkittävästi. Tarkkuuden arviointiin tulevien kohteiden määräksi tuli 194 kohdetta. Kohteiden alhainen määrä johtui laserkeilausaineiston pisteistön harvennuksesta.

Laserkeilauspisteiden Z-tarkkuus	Pisteiden lkm	% - osuus
≤ 15 cm	145	74,7 %
15 - 20 cm	16	8,3 %
≤ 20 cm	161	83,0 %
20 - 25 cm	13	6,7 %
≤ 25 cm	174	89,7 %
25 - 30 cm	5	2,6 %
≤ 30 cm	179	92,3 %
30 - 35 cm	5	2,5 %
≤ 35 cm	184	94,8 %
35 - 40 cm	2	1,0 %
≤ 40 cm	186	95,8 %
> 40 cm	8	4,2 %
	yht. 194	100 %

Kuvio 7. Laserkeilauspisteiden Z –koordinaattien tarkkuuden vertailu GPS/GNSS –mitattujen pisteiden Z -koordinaatteihin.

Tutkiessani laserkeilausaineiston pisteiden korkeustarkkuutta sain tulokseksi, että esimerkiksi noin 75 % aineiston pisteistä vastaa tarkkuudeltaan ≤ 15 cm ja noin 90 % pisteistä ≤ 25 cm. Tarkkuudeltaan > 40 cm eroavia pisteitä oli noin 4 %. Yli 40 senttimetrin virheellisyyttä pidin riittämättömänä tarkkuutena. Aineistoja käsiteltyäni päädyin kuitenkin tulokseen, että yli 40 senttimetrin virheellisyydet johtuivat selvästi GPS/GNSS –mittauksessa tapahtuneista virheellisyyksistä.

Tulosten suhteen on muistettava siis GPS/GNSS –mittauksessa mahdollisesti tulleet virheet. GPS –tekniikka ei omien kokemusten perusteella ole parhaimmillaan peitteisissä maastoissa, jolloin mitatun pisteen mittaustietoihin voi tulla useiden senttimetrien virhe. Takymetrimittauksella olisi suurempi todennäköisyys saada luotettavampia mittaustietoja, mutta etenkin metsäisessä maastossa takymetrin käyttö olisi huomattavasti työläämpää.

Mitattaessa tulleet mahdolliset virheet ja maaston nopeat pinnanmuotojen vaihtelut huomioon ottaen korkeuksien vertailun lopputulos käytetyllä menetelmällä on varsin hyvä ja tarkkuus on tarkoitukseen nähden riittävä. Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineiston pisteille lupaama 15 senttimetrin korkeustarkkuus ei arvioinnissani täysin toteudu.

6 YHTEENVETO

Rovaniemen historiassa on koettu useita suuria tulvia. Suuria tulvia tullaan kokemaan Rovaniemellä varmasti myös tulevaisuudessa. Rovaniemen taajama-alueella tulviin varautuminen on ehdottoman tärkeää, sillä poikkeuksellisen suuren tulvan tapahtuessa veden nousu voi uhata satoja rakennuksia. Erityisen tulvaherkkä alue Rovaniemen taajama-alueella on Saarenkylä.

Rovaniemi kehittääkin viranomaisten yhteistyöllä kaiken aikaa varautumistaan tulevaisuuden suuriin tulviin käyttäen nykyaikaisia keinoja. Laserkeilausaineistot mahdollistavat aikaisempaa tarkemman tulvamallinnuksen, joka vastaa Rovaniemen tarpeisiin. Tulvamallinnusten ja ennusteiden pohjalta voidaan varautua tarvittaviin toimenpiteisiin erilaisissa tulvatilanteissa.

Keilausaineistojen hyväksikäyttö onkin tulvamallinnuksessa nykypäivänä yleistä. Suuren pistemäärän ansiosta aineistosta saadaan varsin yksityiskohmainen numeerinen maanpinnan korkeusmalli. Metsäisissä maastoissa korkeustarkkuus voi hieman vaihdella mutta kovilla pinnoilla, kuten asfaltilla, tarkkuus on parempaa.

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena olikin arvioida laserkeilausaineiston korkeustarkkuutta verrattuna GPS/GNSS –mitattujen pisteiden korkeuksiin. Arviointiin käytetty laserkeilausaineisto oli keilattu alueelta, jossa maasto on metsä- ja peltomaata. Arvioinnin tuloksena kaikki tarkkuusvertailuun käytetyt laserkeilausaineiston pisteet vastasivat korkeustarkkuudeltaan alle 40 senttimetrin tarkkuutta ja 75 % prosenttia pisteistä ylsi alle 15 senttimetrin tarkkuuteen. Laserkeilausaineiston korkeustarkkuutta voidaan siten pitää varsin tarkkana. Lisäksi laseraineiston suuri pistetiheys mahdollistaa mallin yksityiskohtaisuuden, jollaiseen perinteisin mittausmenetelmin olisi hyvin vaikea yltää.

Ounasjoen ja Kemijoen ranta-alueet ovat ilmalaserkeilattu Rovaniemen alueella ja tulevaisuudessa onkin mahdollista, että ranta-alueilta tehtäisiin Rovaniemen kaupungin toimesta keilausaineiston pohjalta uudet korkeuskäyrät. Nykyiset korkeuskäyrät voivat etenkin haja-asutusalueilla olla metrejä pielessä. Siten ilmalaserkeilausaineiston avulla pyritään parantamaan korkeuskäyrien tarkkuutta ja luotettavuutta. Korkeuskäyräaineiston tarkentuminen

vaikuttaisi olennaisesti muun muassa rakennusvalvonnan lupapäätöksen tekoon, kun tulvaherkillä alueilla olevilla rakennuspaikoilla olisi tiedossa luotettava korkeussijainti. Nykyisin tulvaherkillä rakennuspaikoilla joudutaan tarvittaessa tekemään erikseen tarkistusmittauksia rakennusluvan myöntämisen perusteiksi.

LÄHTEET

- Ahvenainen, J. 1967. Tulviva Kemijoki. – teoksessa Entinen Kemijoki. (toim. Linkola, Martti), 123. Helsinki: Weilin + Göös
- Ahvenainen, J. 1970. Tulvat. – teoksessa Rovaniemen historia II 1632-1960. Kuopio: Kirjapaino Oy, Savo.
- Enbuske, M. – Runtti, S. – Manninen, T. 1997. Kosket valjastetaan – teoksessa Rovaniemen historia vuoteen 1990 – Jokivarsien kasvatit ja junantuomat (toim. Veikko Kallio), 386-388. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Finlex 2009. Laki elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksista 20.11.2009/897. Osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090897>. 9.9.2012
- Finlex 2011. Pelastuslaki 29.4.2011/379. Osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>. 9.9.2012
- Tvrđý, J. 2011. Sinetän oikeusvaikutteinen osayleiskaava - Hulevesien hallintaa ja tulvariskialueita koskeva selvitys. FCG Finnish Consulting Group Oy.
- Heiskanen, J. 2011. Sinetän rakennetun ympäristön selvitys. FCG Finnish Consulting Group Oy.
- Kemijoki Oy 2012a. Historia. Osoitteessa http://www.kemijoki.fi/kejo-fi/sp_ContentA0FA3. 8.9.2012
- Kemijoki Oy 2012b. Voimalaitosesitteet. Osoitteessa http://www.kemijoki.fi/kejo-fi/sp_Content4CFA2. 8.9.2012
- Kämäräinen, J-P. 2012. Kuvio 2. Lapin elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskuksen vesistöinsinööri.
- Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011. Ehdotus Lapin merkittäviksi tulvariskialueiksi.
- Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2012. Tulvat. Osoitteessa <http://ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/LapinELY/Vesivarojenkayttojahoito/tulvat/Sivut/default.aspx>. 9.9.2012
- Lapin ympäristökeskus 2007. Rovaniemen taajama-alueen tulvien aiheuttamien vahinkojen rajoittamisen yleissuunnitelma.
- Linjama, T. 2007. Tulvasuojeluvaihtoehtojen edullisuusvertailu – esimerkkitaupauksena Pori. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 5/2007. Osoitteessa <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=73442&lan=fi>. 11.1.2013.

- Maa- ja metsätalousministeriö 2011. Suomessa 21 merkittävää tulvariskialuetta. Osoitteessa http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/tiedotteet/111220_tulvariskialueet.html. 9.9.2012
- Maa- ja metsätalousministeriön päätös 20.12.2011. Tulvaryhmien asettaminen. Osoitteessa http://www.mmm.fi/attachments/vesivarat/6468hjBgm/MMM_tulvaryhmat_20122011_pdf.pdf. 9.9.2012
- Maanmittauslaitos 2012. Laserkeilaamalla tuotetaan uutta korkeusmallia. Osoitteessa <http://www.maanmittauslaitos.fi/laserkeilaus>. 2.9.2012
- Alatalo, H. - Mikkola, M. 2012. Rovaniemen alueen tulvariskien pienentäminen kerran 100 vuodessa toistuvassa tulvatilanteessa. Maveplan Oy
- Outakoski, A. 1952. Rovaniemen suurista tulvista. – teoksessa Totto I. (toim. Viola Kuoksa-Wave, Seija Suoja ja Antti Ruokanen), 22-24. Kotiseutuyhdistys Rovaniemen Totto ry:n julkaisu. Rovaniemi: Sanomalehti Rovaniemi Oy.
- Oy Vesirakentaja 2008. Voimaa vedestä 2007. Osoitteessa <http://www.vesirakentaja.fi/html/vesistot/65%20Kemijoki.pdf>. 10.1.2013
- Sane, M. - Alho, P. - Huokuna, M. – Käyhkö, J. – Selin, M. 2006. Opas yleispiirteisen tulvavaarakartoituksen laatimiseen.
- Pesonen, A. 2012. Miten Rovaniemi varautuu tulviin? Kemijoki Oy:n sidoslehti, Virtautiset 1/2012, 9.
- Pohjolan voima 2013. Isohaara. Osoitteessa <http://www.pohjolanvoima.fi/voimalaitokset/vesivoima/isohaara>. 10.1.2013
- Rovaniemen kaupunki 2007. Rovaniemen kaupungin rakennusjärjestys. 16.4.2007
- Rovaniemen kaupunki 2012. Sinetän osayleiskaavan tiedot. Osoitteessa <http://www.rovaniemi.fi/suomeksi/Palveluhakemisto/Kaavat-ja-kiinteistot/Kaavatori/Yleiskaava?showmodul=213&CityPlanID=bd7406f2-ae99-4a8e-8bf4-b992bfe1de60>. 8.1.2013
- Rovaniemen kaupunki 2013. Rovaniemen kotiseutumuseo. Osoitteessa <http://rovaniemi.fi/suomeksi/Palveluhakemisto/Kulttuuripalvelut/Museot/Rovaniemen-kotiseutumuseo/Rakennukset>. 8.1.2013
- Rovaniemen kaupunginhallituksen pöytäkirjanote. 23.2.2009. Rovaniemen palvelukylien kaava- ja tonttiselvitys.

- Salolahti, M. 2009. Laserkeilauksen mahdollisuudet – Mika Salolahti. Osoitteessa http://www.terrasolid.fi/fi/presentations/laser_data_and_image_processing/laserkeilauksen_mahdollisuudet_mika_salolahti. 14.1.2013
- Tiermas, K. 2013. Rovaniemen kaupungin turvallisuuspäällikön haastattelu 9.1.2013.
- Valtion ympäristöhallinto 2004. Hydrologia. Osoitteessa <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8378&lan=fi>. 8.9.2012
- Valtion ympäristöhallinto 2012a. Kemijoen suurtulvat Rovaniemen seudulla. Osoitteessa <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=71060>. 12.7.2012
- Valtion ympäristöhallinto 2012b. Tulvakartoitus. Osoitteessa <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=240792&lan=fi&clan=fi>. 7.1.2013
- Valtion ympäristöhallinto 2012c. Tulvantorjunta. Osoitteessa <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=3529&lan=fi>. 9.9.2012
- Valtion ympäristöhallinto 2012d. Vesistöennusteet, tulvaennusteet, pohjavesiennusteet, lumikuormavaroitukset, vesitilannekartat ja ravinnekuormitus. Osoitteessa <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=423101&lan=fi>. 8.1.2012
- Valtion ympäristöhallinto 2012e. Vesivarojen käyttö. Osoitteessa <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1554&lan=fi>. 9.9.2012
- Valtion ympäristöhallinto 2013. Yleistietoa vesistömallijärjestelmästä. Osoitteessa <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11404&lan=fi>. 8.1.2013