

Tartu Ülikool  
Loodus- ja täppisteaduste valdkond  
Ökoloogia ja Maateaduste instituut  
Geograafia osakond

Bakalaureusetöö loodusgeograafias (maht 12 EAP)

**SOOJA POOLAASTA TULVAD KASARI JÕGIKONNAS 2007-2015**

**Egert Indres**

Juhendaja: PhD Mait Sepp

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonna juhataja:

Tartu 2016

## **INFOLEHT**

### **Sooja poolaasta tulvad Kasari jõgikonnas 2007-2015**

Käesoleva uurimuse eesmärgiks on anda ülevaade Kasari jõgikonna sooja poolaasta (1. aprill – 31. oktoober) tulvadest ja nende erisustest aastatel 2007-2015. Uurimuse käigus kasutati Riigi Ilmateenistuse andmeid (saadud Keskkonnaagentuurilt) kuue jaama kohta: kolm hüdromeetriaama (Kasari, Valgu, Konuvere), kaks meteoroloogiaama (Lääne-Nigula ja Kuusiku) ja üks rannikujaam (Virtsu). Kolm hüdromeetriaama asuvad Kasari valgala piirides, sellest tulenevalt analüüsiti nende jaamade sademeid ja veetasemeid. Ülejäänud kolme jaama (Kuusiku, Lääne-Nigula ja Virtsu) on toetavad sademete andmetega, et võrrelda neid hüdromeetriaamade sademete andmetega. Lisaks antakse töö käigus ülevaade Kasari jõgikonnast ja sademetest Eestis. Töö käigus selgus, et kõik tulvad ei otseselt põhjustatud paduvihmadest ja kõik paduvihmad ei too kaasa järsku veetaseme tõusu.

Peamised mõisted: tulv, soe poolaasta, lävend, veetaseme tõus, sademete hulk.

CERCS: P500

## **ANNOTATION**

### **Kasari River flash floods in warm half-year in period of 2007-2015**

The aim of this research is to give an overview of Kasari River basin's flash flood cases that occurred between 1st April – 31st October. The researched period was 2007-2015. Research used data from Estonian Weather Service, the data was provided by Estonian Environmental Agency. The data included precipitation from six stations (Kasari, Konuvere, Valgu, Lääne-Nigula, Kuusiku, Virtsu) and water levels from three stations (Kasari, Konuvere, Valgu). Three of the stations (Kasari, Konuvere, Valgu) are situated in Kasari River basin, so they functioned as primary stations and three other (Kuusiku, Virtsu, Lääne-Nigula) as secondary stations to provide a comparison of precipitation data between the primary stations precipitation data. Furthermore, research gives a theoretical overview of Kasari River basin and about precipitation in Estonia.

Keywords: flash flood, warm season, water level rising, precipitation, level.

CERCS: P500

## Sisukord

SISSEJUHATUS.....	5
1. ÜLEUJUTUSED JA TULVAD .....	7
2. TULVADE TEKKEPÕHJUSED .....	8
2.1 Meteoroloogilised tegurid .....	8
2.2 Hüdrooloogilised ja geomorfoloogilised tegurid.....	8
2.3 Antropogeensed tegurid .....	9
3. KASARI JÕGI .....	9
3.1 Üldhüdroloogia .....	9
3.2 Olulisemad lisajõed.....	10
3.3 Kasari valgala loodusgeograafia .....	11
4. HOOGSAJUD JA PIKAAJALISED SAJUPERIOODID .....	11
4.1 Hoogsajud Eestis.....	12
4.2 Hoogsajud Lääne-Eestis .....	12
4.3 Pikaajalised sajuperioodid ning vihmajärg kestus Eestis.....	13
5. ANDMED JA METOODIKA .....	14
6. TULEMUSED.....	15
6.1 AASTA 2007.....	16
28.mai – 1.juuni .....	16
12. – 17. oktoober.....	17
6.2 AASTA 2008.....	18
4.-7. august.....	19
6.3 AASTA 2009 .....	22
4. - 7. juuni.....	22
13. – 17. juuni .....	23
19. – 24. juuli .....	24
14. – 20. august .....	25
3. – 6. oktoober .....	26
6.4 AASTA 2010.....	28
17. – 18. mai .....	29
18. – 20. august .....	30
6.5 AASTA 2011 .....	31
27.-31. juuli.....	32
6.6 AASTA 2012.....	33

21. – 23. mai .....	33
1.-3. juuni.....	34
23. – 28. juuni .....	35
15. – 19. juuli .....	35
6.7 AASTA 2013.....	36
29. mai – 1. juuni .....	37
6.8 AASTA 2014.....	38
26. – 30. august .....	39
6.9 AASTA 2015.....	40
28.aprill – 1.mai .....	41
1.-4. august.....	41
7. ARUTELU .....	43
8. KOKKUVÕTE.....	45
SUMMARY .....	46
KASUTATUD KIRJANDUS .....	47
LISA 1 .....	52

## SISSEJUHATUS

Tulvasid on defineeritud kui ootamatut veetõusu jõgedes, mis kaasneb intensiivse sajuhooga, kestes tavaliselt vähem kui kuus tundi ning veetaseme tõusud ja langused on järsud (Barredo, 2007 *cit.* USGS, 2005). Jonkman (2005) on väitnud, et tugevat hoogsadu võib pidada kui üheks tulva indikaatoriks (Barredo, 2007 *cit.* Jonkman, 2005). USA Rahvuslik Ohtlike Tormide Laboratoorium (NSSL) peab tulvasid kõige ohtlikumaks üleujutuse tüübiks, olles kombinatsioon ootamatusest ja vee hävitavast jõust, mida liigne vesi kaasa tuua võib (NSSL, 2016).

Eestis on suviste tulvade uurimine seotud suuresti ilmastikunähtuste uurimistega (äikesetormid, suured sajuhood, pikaajalised sajuhood), kus tulvad ise, kui sellised, on pigem tahaplaanile jäetud. Eriti Pärnu ja Tartu on Eesti kahe suurima jõe kallastele ehitatud ning nende linnade jõed on ühel poolt ka väga olulisel kohal majanduslikult kui vaatamisväärsuse kontekstis. Teiselt poolt valitseb aga oht, et Emajõgi ja Pärnu jõgi võivad ootamatu tulva käigus linnadele suurt kahju kaasa tuua. Ometigi on Eestis olnud ka väga sajurohkeid suvesid, kus sademete hulk ületab normi koguni kahe- või kolmekordselt. Sellistel puhkudel jõesängid täituvad veega, tuues kaasa üleujutuse (Järvet, 2015).

Kasari jõe tulvasid on teadaolevalt väga vähe uuritud, kuigi tegemist on suuruselt neljanda jõgikonnaga Eestis. Kasari jõgi on kuulutatud Teenuse suubumiskohast kuni suudmeni suurte üleujutusalaadega siseveekoguks. (RTL, 2004) Seega on Kasari jõe üleujutuste tekkimiste põhjuste uurimine väga oluline.

Kasari jõe valgala on korduvalt uuritud. Üks põhjalikke uurimusi on tehtud T. Jairuse (2014) poolt, kus uuriti Kasari jõe delta süsteemi arengut perioodil 2005-2013. Antud uurimuses on ka põgusalt räägitud kevadistest üleujutustest ning erinevatest teguritest, mis neid üleujutusi mõjutab. Lisaks on uuritud Kasari jõgikonna kliimat (Kütisaar, 1980) ja hüdroloogiat (Püüa, 1989). Mõlema töö puhul on välja toodud jõgikonna mikrokliimaatilised erisused ranniku ja mandri vahel ning maakatte kirjeldused. Nii mikrokliima kui ka maakate on olulised faktorid, mis põhjustavad üleujutusi Kasari jõgikonnas. M. Tsyrunikova (2013) käsitles Kasari jões lahustunud toitainete pikaajalist toitainete dünaamikat. Mainitud töös on lühidalt kirjeldatud Kasari jõe üldisloomustust.

Käesolevas töös uuritakse Kasari ja selle kahe lisajõe, Vigala ja Velise tulvasid ja suurveejuhtumeid aastatel 2007-2015 (aprillist-oktoobrini). Keskendutakse sooja poolaasta tulvajuhtumitele. Vaadeldaval perioodil toestati Kasari valgallal teostati sademete ja veetaseme mõõtmisi automaatjaamadega, mis fikseerivad meteoroloogilisi ja hüdrooloogilisi näitajaid iga tunni tagant. See võimaldab uurida sademete ja suviste tulvade vahelisi seoseid oluliselt täpsemalt kui varem. Soojaks poolaastaks on käesolevas töös võetud periood aprillist oktoobrini, mille sademed langevad maha vedelal kujul, põhjustades jõgedes kiireid ja järske veetaseme tõuse, mida antud juhul nimetamegi tulvadeks.

Töö eesmärkideks on:

1. Uurida Kasari jõgikonna tulvasid perioodil 2007-2015.
2. Uurida sademete ja tulvade omavahelisi seoseid.
3. Võrrelda tulvajuhtumeid omavahel, mille poolest tulvajuhtumid üksteisest erinevad ja mille poolest on tulvad sarnased.

## 1. ÜLEUJUTUSED JA TULVAD

Kitsas tähenduses on üleujutusi defineeritud kui ajutist maapinna kaetust veega, mis tuleneb pinnavee taseme olulisest tõusust või tugevatest sademetest (Barredo, 2006 *cit.* Kron, 2002). Euroopa Ühenduste Komisjon (CEC, 2006) defineeris üleujutust märksa laiemalt, mille kohaselt üleujutuseks nimetatakse olukorda, kus vesi katab maapinda, mis muidu tavaliselt veega kaetud ei ole (Barredo, 2006 *cit.* CEC, 2006). Üleujutusi tekitavad suurveed ja tulvad. Üleujutuse ja tulva peamine erinevus seisneb nende ajalisel kestuses kui suurvesi võib kesta mitu nädalat, siis tulva kestus varieerub mõnest tunnist mõne päevani (Barredo, 2006; NOAA, 2016). Ajalis-ruumiliselt jaotuvad tulvad ja üleujutused kolmeks suuremaks klassiks:

**Suurvesi** – tekivad üldjuhul intensiivsete ja/või pikaajaliste sadude (kestes mitu päeva või isegi mitu nädalat) tulemusena. Jõe üleujutus ulatus sõltub mitmest faktorist – piirkonna ilmast/kliimast, maakasutusest, üleujutuste vastasest kaitsevõimekusest, pinnasest. Euroopas võib seostada antud tüüpi üleujutusi sesoonsusega, tavaliselt põhjustavad tugevad vihmahood jõgedel tulvasid suvel-sügisel. Lisaks tuleb arvestada selle faktoriga, et kui maapind veest küllastub, siis liigne vesi jääb maapinnale ning tõstab ka jõe vooluhulka. Üheks näiteks on Suurbritannias aastal 2000 toimunud vihmahood, kui sügisel küündisid päevased maksimumid 150 mm ööpäevas. Kevadtalvisel ajal on jõgede üleujutused peamiselt põhjustatud lume ja jää sulamisest, kuid osalt ka sademetest, kui maapind on veel jäätunud ning vesi ei saa maapinda imbuda. Talvise tulva näiteks on 1993. aasta detsembri Reini jõe üleujutused Saksamaal, mille tõi kuu pikkune sademeterohke periood koos lume sulamisega (Barredo, 2006; Douben, Ratnayake, 2006).

**Tulvad** – tekivad ootamatu ning väga intensiivse vihmahoo tulemusena, mille tõttu veetase jões tõuseb väga kiiresti ja suhteliselt kõrgele. Tavaliselt tekivad need üsna väiksel määrisel alal (Barredo 2006 *cit.* Kron, 2002). mille tagajärjel veetase tõus ja langus ilmnevad järsult ajas ja ruumis (Barredo, 2006). 1998. aasta mais tappis selline mägedest alla tulnud tulv Lõuna-Itaalias 147 inimest. Paduvihmade tulemused pole tulvad haruldased ka tasasel alal. (Barredo, 2006).

**Ajuvete tulvad** – harva esinevad nähtused, kus tormituuled puhuvad vee kalda suunas, mis toob kaasa veetaseme tõusu jõe alamjooksul. Tavaliselt esinevad need mereäärsetel aladel või suurte järvedel kallastel (Barredo, 2006). Viimase aja näited on just 2005. aasta jaanuaritorm, mil rannikulinnades (Haapsalu, Pärnu, Kuressaare) kerkis veetase üle kriitilise taseme, tuues kaasa kahjusid linnaaladel. 2015. aasta novembris põhjustas tsüklon Gorm Saaremaal ja Lääne-Eesti rannaladel märkimisväärse veetaseme tõusu (Rooväli, 2015).

N. Douben ja R. M. W. Ratnayake (2006) eristavad viite tüüpi üleujutuste tüüpe. Lisaks kolmele eelnevale kirjeldatule, toovad mainitud autorid välja ka linnalise üleujutuse, mille all mõeldakse linnaaladel vihmahoogude tõttu aset leidvaid üleujutusi. Kanalisatsiooni

ummistusega ja/või pinnase võimetusega vett absorbeerida võib linnaline üleujutus olla väga kõrge veetasemega. Eristatakse ka järvede ja kanalite üleujutusi.

## **2. TULVADE TEKKEPÕHJUSED**

### **2.1 Meteoroloogilised tegurid**

Üheks tulvade meteoroloogiliseks põhjuseks on pikaajalised või intensiivsed sademed. Selliste sademete puhul, näiteks äikesetormid, tekib pinnase veega küllastatus jõe valgala, mistõttu väheneb oluliselt pinnase võime vett imada. Seetõttu voolab vesi kiiresti pinnase äravooluna jõeorgu, tuues kaasa tulva (Douben, Ratnayake, 2006).

Tulvad võivad tekkida ka väikeste sajuhulkade korral, eriti piirkondades, kus pinnamood on mägine, kui sademete korral kasvab jõe vooluhulk kiiresti mitmeid kordi. Lisaks ka kuiva kliimaga aladel, kus kuivanud pinnase absorbeerimisvõime on väike, mistõttu vihmavesi valgub otse jõeorgu (Douben, Ratnayake, 2006).

Eesti kliima kontekstis on suvistel ja sügisestel hoovihmadel väga selge mõju jõgede äravoolule, olles oma iseloomult nii ajalisel kui ka ruumisel juhuslikud (Arukaevu, 1994).

### **2.2 Hüdrooloogilised ja geomorfoloogilised tegurid**

Hüdrooloogilised tegurid tulvavete tekkes on seotud meteoroloogiliste teguritega. Üks võimalik eeldus on pinnase küllastumine lumesulamisveega, mistõttu vihmavesi ei saa enam pinnasesse imbuda ning vesi voolab otse jõeorgu ning jõe vooluhulk kasvab märkimisväärselt. 1995. aasta jaanuaris toimus äärmiselt suur üleujutus Saksamaal, Reini jõel, mis oli tingitud sellest, et 10 päevaga sadas 100 mm vihma, mis on 200% pikaajalise kuu keskmisest sademete hulgast. Saksamaa üleujutus võimendas see, et temperatuuri tõusmise järel hakkas lumi sulama, mille tagajärjeks oli pinnase veega küllastumine. Kuna pinnas oli küllastunud, siis vihmavesi ei imunud enam pinnasesse, vaid valgus otse jõeorgu (Fink jt., 1996 ; Ulbrich, Fink, 1996).

Suviste tulvade puhul on olukord sageli vastupidi, et läbi kuivanud pinnasele sadav paduvihm ei jõua mulda imbuda ja läheb otse jõeorgu (Barredo, 2006).

Tulvade tekke kontekstis on ka oluline piirkonna maastik. Tulvad tekivad suurema tõenäosusega aladel, mis on künklikud või mägised, mille korral pole kõige olulisem faktor enam sademete hulk, vaid jõe lang (Barredo 2006 *cit.* Perry, 2000). Tulvad võivad ka tekkida väga tasastel aladel, kus maapinna kalle on liiga väike, et vesi koheselt ära voolata saaks (Barredo, 2006 *cit.* Kron. 2002).

## 2.3 Antropogeensed tegurid

Maailmas on umbes 50% tulvadest seotud inimtegevusega. Jõesängi ümber suunamise, paisu ehitamise või tulvaseinte tõttu muutub jõe looduslik süsteem. Sellised rajatised tihti võivad vähendada jõe valgala loomulikku vee mahutavust, mistõttu tulvade puhul on veetase oluliselt kõrgem. Antropogeensete tegurite juures lisandub ka oht, et mõni jõe rajatis võib puruneda, näiteks tamm. Tehniline viperus või inimlik viga toob kaasa ootamatu vooluhulga suurenemise, mistõttu on üleujutuse tekkimise oht väga suur, kuna jõesäng ei suuda kogu veehulka korraga mahutada ning jõeäärsed alad ujutatakse üle (Douben, Ratnayake, 2006).

## 3. KASARI JÕGI

### 3.1 Üldhüdroloogia

Kasari jõgi on Väinamere vesikonna veerikkaim ja suurima valgala jõgi, mille lähe asub Hagudi külast umbes 10 km loodes ning suue on Matsalu lahe idarannikul. Jõe pikkus on 112 km ja valgala pindala on 3210 km<sup>2</sup>. Jõe kesk- ja ülemjooks asub Rapla maakonnas ning alamjooks Lääne maakonnas (Järvekül, 2001).

Lähte absoluutne kõrgus merepinnast on 64,5 meetrit ehk keskmine jõelang on 0,58 m/km. Jõe lang on suurim ülem- ja keskjooksul, olles stabiilselt jõe lähtest Konnaveski oja suudmeni 0,87 m/km või Märjamaa peakraavi suudmest Luiste jõe suudmeni 0,88 m/km. Lang muutub väga väikeseks alates Vigala jõe suudmest, kus antud näitaja on 0,15 m/km (Järvekül, 2001).

Tabel 1. Kasari ja kahe peamise lisajõe hüdromeetrilised andmed. (Järvekül, 2001)

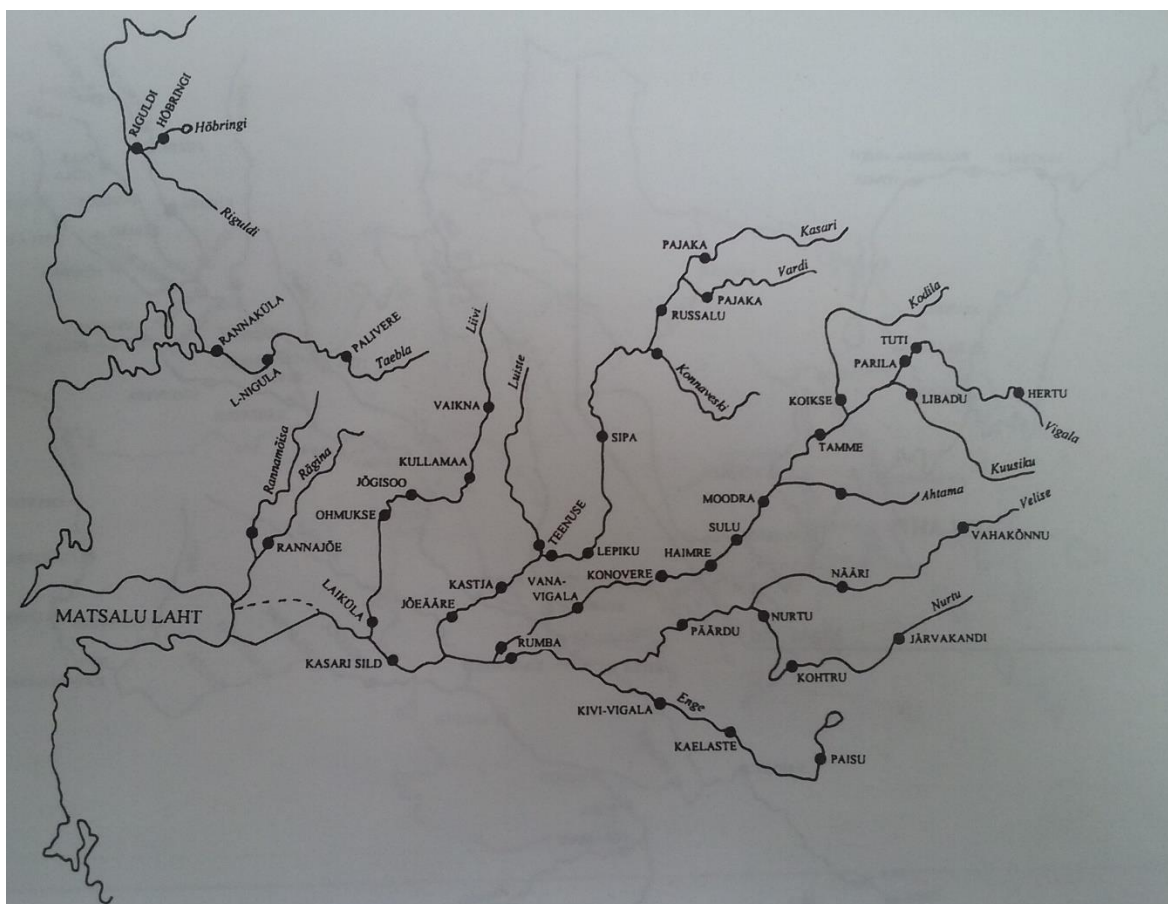
Hüdromeetiline näitaja	Kasari jõgi	Vigala jõgi	Liivi jõgi
Ülemjooksu sängi laius	2-20 m	4-5 m	8-10 m
Ülemjooksu sügavus	0,5-2 m	0,7-1,2 m	0,5-1 m
Keskjooksu sängi laius	20-40 m	8-20 m	5-100 m (kesk. 7 m)
Keskjooksu sügavus	0,6-6 m	0,4-1,3 m	0,2-3,2 m
Alamjooksu sängi laius	30-60 m	15-20 m	5-40 m (kesk. 8 m)
Alamjooksu sügavus	2-12 m	0,3-1,3 m	0,2-3,6 m
Vooluhulga miinimum	0,8-1,0 m <sup>3</sup> /s	0,6 m <sup>3</sup> /s	0,0-0,1 m <sup>3</sup> /s
Vooluhulga maksimum	500-750 m <sup>3</sup> /s	498 m <sup>3</sup> /s	1,8-2,0 m <sup>3</sup> /s
Vooluhulga keskmine	23-28 m <sup>3</sup> /s	14,3 m <sup>3</sup> /s	40-50 m <sup>3</sup> /s

Kasari jõe vooluhulk Teenuse lävendis on vooluhulga pikaajaline keskmisena (vaatlusperiood 1947-1990) 6,17 m<sup>3</sup>/s, Kasari lävendis 24,7 m<sup>3</sup>/s (17,5 km suudmest,

vaatlusperiood 1925-1990) (Järvekülg, 2001 *cit.* Reap, 1995). Olulisemad hüdromeetrilised andmed Kasari jõgede kohta on toodud tabelis 1.

### 3.2 Olulisemad lisajõed

Peajõel on mitu suurt lisajõge, moodustades lehviku kujulise valgala. Tähtsamad lisajõed, mis vasakult kaldalt suubuvad: Vardi jõgi, Konnaveski oja, Vigala jõgi, Tuudi jõgi. Paremtalt kaldalt suubuvad Jutapere oja, Ellamaa oja, Vaikna peakraav, Liivi jõgi (joonis 3.1). (Järvekülg, 2001)



Joonis 3.1. Kasari jõgi koos kõikide lisajõgedega. (Järvekülg, 2001:21)

Lisajõgedest on suurim Vigala jõgi, seda nii pikkuse ning vooluhulga poolest. Jõgi saab alguse Kaeva raba põhjaservas ning suubub Kasari jõkke vasakult kaldalt. Eesti NSV jõgede, ojade ja kraavide ametlik nimestiku (EJOKN) järgi on jõe pikkus 95 km ning valgala 1580 km<sup>2</sup> (Järvekülg 2001 *cit.* EJOKN, 1986). Valdavalt osa jõest paikneb Rapla maakonna territooriumil, vaid jõe alamjooksu suudme-eelne osa jääb Lääne maakonda (Järvekülg 2001).

Teine oluline lisajõgi on Liivi jõgi, mille lähe asub Õmmasoo põhjaservas ning suubub peajõkke paremtalt kaldalt (14,5 km suudmest), jõe pikkuseks on märgitud 48 km ning

valgalaks 257 km<sup>2</sup> (Järvekül, 2001). Jõgi asub täies ulatuses Lääne maakonnas ning jääb loodusgeograafiliselt Lääne-Eesti madalikule.

### **3.3 Kasari valgala loodusgeograafia**

Kasari jõe valgala asub loodusgeograafiliselt tasasel maastikul, valdavalt Lääne-Eesti madalikul. Osade lisajõgede ning peajõe ülemjooksud jäävad Põhja-Eesti lavamaale (Raukas, 1995). Jõe voolutee ülemjooksul kulgeb läbi soiseid või metsaseid maastikke, mis on väheasustatud. Kesk- ja alamjooksul läheb jõe voolutee läbi põldude, metsade, soode ja kultuurniitude. Lisaks puuduvad jõe kaldal linnataolised asulad, suuremad külad on Sipa (ca 350 elanikku), Teenuse (ca 150 elanikku) ja Kirbla (ca 300 elanikku). Jõe alamjooksu sängist mõni kilomeeter lõuna suunas asub Lihula linn (ca 1250 elanikku) (Statistikaamet, 2016; Järvekül, 2001).

Kasari valgala suured alad on kaetud viirsaviga, mille paksus kohati ulatub kuni 20 meetrini. Valgalale jäävad ka mõned sood – Lihula-Lavassaare, Laiküla, Tõra ja Kesusoo. Kuigi Kasari valgala on mullastiku poolest mitmekesine, kus võib leida nii õhukesi rähkmuldi kui ka soostunud soomuldi, siis liigniiskete muldade osakaal Kasari valgalal on väga kõrge, üle 90% (Kütisaar, 1980).

Kasari jõe valgala mikrokliimaatilised temperatuurid ja sademete hulgad erinevad aastaegade kaupa. Novembrist jaanuarini on rannikul kuni 1,5 °C soojem kui valgala mandripoolsemas osas, märtsiks on tavaliselt temperatuurid ühtlustunud. Alates aprillist kuni augustini on mandril soojem kui rannikul. Aasta keskmine on rannikul (5,5 °C) umbes kraadi võrra kõrgem kui mandril (4,5 °C). Absoluutsed miinimumid on jäänud jaanuarisse-veebruariesse, maksimumid juuli-augusti paiku (Püüa, 1989).

Sademetes aastane summa varieerub 620-700 mm rannikualadel ning mandripoolsel alal on keskmine sademete hulk aastas 700-760 mm. Umbes kaks kolmandikku sademetest sajab aprilli-oktoobri jooksul. Kuude lõikes sajab keskmiselt enim juulis-augustis (kuni 80 mm), kõige vähem märtsis-aprillis (30 mm). Suurimad valgala sademete erinevused ranniku ja mandri vahel on juunis-juulis, kui vahe võib ulatuda kuni 20 millimeetrini (Püüa, 1989).

## **4. HOOGSAJUD JA PIKAAJALISED SAJUPERIOODID**

Kuna peamiseks sooja poolaasta üleujutuste põhjuseks on hoogsajud ja pikaajalised sajuperioodid, siis järgnevalt käsitleme neid lähemalt. Hoogsajud ehk paduvihmad on väga intensiivsed vihmad, kui lühikese aja jooksul langeb atmosfäärist vedelal kujul sademeid suurel hulgal (Tarand jt., 2013). Eesti kontekstis loetakse tugevaks ja ohtlikuks vihmasajuks, kui sademeid on 12 tunni või lühema aja jooksul vähemalt 15 mm ning eriti ohtlikuks vihmasajuks loetakse sademeid intensiivsusega 30 mm/h või vähemalt 50 mm 12 tunni või lühema aja jooksul (Ilmateenistus, 2016; Tammets, 2008).

## 4.1 Hoogsajud Eestis

Üks esimesi teadaolevaid uudiseid paduvihmast Eesti ajakirjanduses on Puka lähedalt 1897. aastal, mis tõi kaasa raudteeõnnetuse (Tarand jt., 2013). Paduvihmade rikas aasta oli 1935, mil juuni- ja juulikuus esines mitmel pool Ida-Eestis ägedaid vihmasadusid (Tarand jt., 2013).

1930ndate teisel poolel oli veel erakordseid paduvihmasid – 1936. aastal oli Kohtla-Järvel juhus kui sadas korruga maha 100 mm ning 1937. aastal Sõrves 120 mm ööpäevas. Ööpäevane sademete hulga rekord kuulub Saaremaal asuvale Metskülale, kui 4.07.1972 sadas maha 148 mm. Eesti territooriumil tervikuna on „Eesti ilma riskide“ teatmikust (Tammets, 2008) pärit andmete põhjal esinenud 12 juhtumit (perioodil 1961-2006), mil ööpäevas sadas maha enam kui 100 mm vihma.

Tarand jt (2013) on eraldi välja toonud tabeli Tallinna sademete kohta, mille andmetel on seal esinenud üle 50 mm/ööpäevas sademete hulka perioodil 1985-2012 10 korda. Neist pooled leidsid aset aastatel 2004-2012, millest võib järeldada, et paduvihmad on sagedasemaks muutunud.

T. Tammetsa ja O. Jakovleva (2001) ägedate sajuhoogude uurimusest järeldub, et keskmine sademete intensiivsus perioodil 1966-2000 on tähtajaliste mõõtmise puhul suurenenud keskmiselt 22% ja pluviograafiliste mõõtmiste puhul 38%. Lisaks on ägedad sajuhooed Eestis muutunud sagedamaks, pluviograafidega mõõdetud sajuhoogude arv on kasvanud keskmiselt 34 sajult 38 sajuni (Tammets, Jakovleva, 2001).

O. Mätliku ja P. Posti (2008) järgi esines perioodil 1961-2005 Eesti ilmajaamades 199 ööpäeva jooksul 509 juhtu, kus ööpäevane sademete hulk ületas 50 mm. 87% päevadest, mil Eesti vaatlusjaamade päevane sademete hulk ületas 50 mm, jäid suvekuudesse – juunis 66 päeva, juulis 65 päeva ja augustis 42 päeva. Kui vaatlusperiood jagada viisaastakuteks, siis enim tugevate vihmasadude päevi esines 1986-1990 (Mätlik, Post, 2008).

## 4.2 Hoogsajud Lääne-Eestis

Paduvihmad (50 mm/ööpäevas või enam) Lääne-Eestis on üsna harvad nähtused. Lisaks tuleb mainida fakti, et Lääne-Eestit tabanud tugevaimad paduvihmad, mis meteoroloogiajaamades mõõdetud, on jäänud enamasti 20. sajandi keskpaika (Tarand jt., 2013). „Eesti ilma riskide“ (Tammets, 2008) andmeil on perioodil 1961-2006 registreeritud Lääne-Eestis (Ristna, Vilsandi, Virtsu, Pärnu, Kuusiku, Kihnu, Sõrve, Lääne-Nigula) 27 juhtumit, kus ööpäevane sademete hulka ületab 50 mm (joonis 4.1). Enim on neid registreeritud Virtsus, kus on sellist sademete hulka esinenud seitsmel korral, Pärnus pole nii suurt sademete hulka kordagi esinenud (Tammets, 2008).

Perioodil 1961-2006 esinenud tosinast hoogsajust, mille sademete hulk ööpäevas ületas 100 mm, on Lääne-Eestis esinenud kolm: Metskülas (Saaremaal), Konuveres (Raplamaal) ja Rohukülas (Läänemaal). Lääne-Eestis toimusid vihmajärgid aastatel 1972-1991 (Tammets, 2008).



Joonis 4.1. Tugevate vihmajärgide esinemised päevades Lääne-Eestis aastatel 1961 – 2005. Ristidega (x) on tähistatud kohad, kus on mõõdetud 24h sademete hulga üle 100 mm (Mätlik, Post, 2008).

### 4.3 Pikaajalised sajuperioodid ning vihmajärgi kestus Eestis

Tihti on just pikad sajuperioodid või pikad vihmajärgid veetaseme tõusu põhjustajateks, tuues kaasa üleujutusi siseveekogusid ümbritsevatele maa-aladele. Kohati võivad vihmajärgid kesta üle 48 tunni. Pikim sadu Eestis leidis aset Väike-Maarjas, kui vihma sadas 57 tundi järjest, alates 29. oktoobrist kuni 31. oktoobrini (Tammets, 2008). Just Väike-Maarjas esinebki kõige sagedamini sadusid, mille kestus ületab 12 tundi. Kuude jaotuses on leitud, et 1981-2005 andmetel esineb pikki vihmajärgid kõige enam oktoobris (Tammets, 2008).

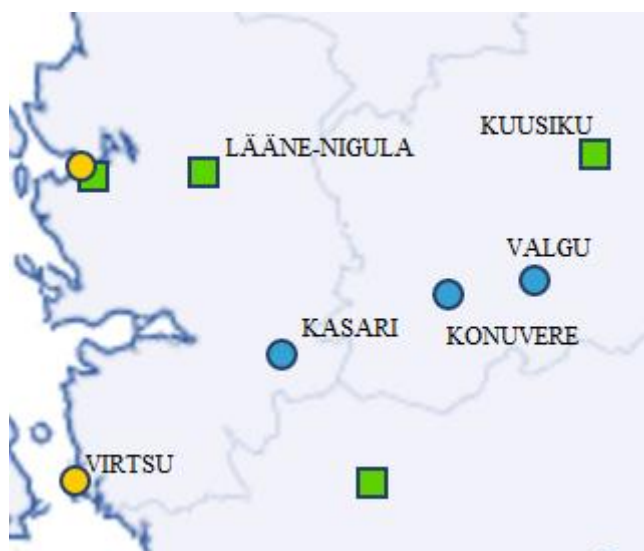
Kliimaatiliselt on mitme päevaste sajuperioodide põhjustajaks Läänemere kohal tekkiv püsiv õhuvool, kust liiguvad pidevalt tsüklonid Eesti kohale koos vihmajärgidega. Eesti kontekstis võib pidada sademeterikkaks päeva, kui ööpäevane sademete hulk ületab 10 mm, selliseid päevi on enim juulis-augustis (Tammets, 2008).

Pikaajaliste sademetega kaasnevad omakorda liigsajupäevad ehk päev, kui koos 9 eelneva päevaga on ööpäevane sademete hulk keskmiselt vähemalt 10 mm. Selliseid päevi on perioodil 1961-2006 esinenud ainult juunist novembrini. Nimetatud perioodil paistsid eelkõige silma 1978. ja 1986. aasta, kusjuures esimesena mainitud aastal esines ka enim liigsajupäevi – 20, nii Tõrvas kui Praagal (Tammets, 2008).

## 5. ANDMED JA METOODIKA

Käesolevas töös on kasutatud (joonis 5.1) kolme hüdrometriaajaama (Valgu, Konuvere, Kasari), kahe meteoroloogiaajaama (Lääne-Nigula, Kuusiku) ja ühe rannikujaama (Virtsu) sooja poolaasta sademete ja veetaseme (hüdrometriaajaamades) andmeid aastatel 2007-2015. Käesoleva töö jaoks sai valitud just selline periood, kuna siis hakkasid tööle automaatjaamad.

Andmed on esitatud tunnise sammuga. Andmed on saadud Keskkonnaagentuuri vahendusel Riigi Ilmateenistusest, millest sorteeriti välja sooja poolaastal tehtud mõõtmised st. 1.aprillist kell 00 UTC kuni 31.oktoobrini kell 23 UTC.



Joonis 5.1. Uurimusega seotud jaamade asukohad. Hüdrometriaajaamad on sinised ringid, meteoroloogiaajaamad on rohelised ruudud ja rannikujaam on kollane ring.

Andmete puhul on sademete hulgad esitatud millimeetrites (0,1-millimeetrise täpsusega) ja veetasemed sentimeetrites (0,01-sentimeetrise täpsusega) jaama graafiku nulltaseme suhtes. Ajaliselt on andmed esitatud maailmaaja (UTC), st Eesti suveaja järgi +3 tundi.

Antud andmete kvaliteedis esineb puudujääke, eriti Valgu hüdrometriaajaama andmete puhul, kus alates 2014. aasta juunist puudusid nii sademete kui ka veetaseme näidud. Lisaks registreeris Valgu hüdrometriaajaam kahel korral tunni sademete hulgaks üle 40 mm, mis on kahtlusäratav Eesti kliima kontekstis. Käesolevas töös on siiski tulemuste analüüsimisel antud näitudega arvestatud. Teine suurem andmeauk esines Kuusiku meteoroloogiaajaama andmetes, kus puudusid juuli 2009 - oktoober 2010 sademete andmed. Lisaks esines ka väiksemaid ja keskmisi andmeauke, mis varieerusid mõnest tunnist kuni paari nädalani, kuid need suure tõenäosusega ei avaldanud mõju käesoleva töö tulemustele. Andmeaugud on automaatjaamade puhul suhteliselt tavalised, nagu ka ekstreemsed mõõtetulemused, mis olid eriti kevadel tavalised automaatjaamades (Alber, 2012).

Tabel 2. Kasari lävendi sooja poolaasta pikaajalised keskmised ja maksimaalsed veetasemed üle graafiku nulli perioodil 1924 – 2011. (Hüdroloogiline bülletään, 2014a, 2014b, 2015a)

KUU	PIKAAJALINE KESKMINE (cm)	PIKAAJALINE MAKSIMUM (cm)
Aprill	93	249
Mai	43	219
Juuni	32	190
Juuli	31	208
August	35	214
September	39	242
Oktoober	57	216

Andmete töötlemise eesmärgiks oli leida üles kõik sooja poolaasta tulvajuhtumid, k.a. sügisesed suurveed perioodil 2007-2015. Tulvade ja sügise suurvete uurimine on juhtumi põhine. Selleks koostati uuritavate hüdromeetriaajaamade andmetest diagrammid sademetest ja veetasemetest terve vaadelda perioodi kohta. Diagrammide alusel eristati perioodid, mille mõnes vaadeldavas lävendis tõusis veetase võrreldes algtasemega väga kiiresti. Need perioodid varieerusid kahest ööpäevast kuni ühe nädalani, seejuures lühemad perioodid defineeriti tulvadeks ja pikaajalisemad sündmused suurveejuhtumiteks. Tegemist on autori subjektiivse isikliku otsusega. Tulvajuhtumiks kuulutati sellised olukorrad, kus veetase tõusis eelneva perioodi taseme suhtes silmatorkavalt järsult. Käesolevas töös peetakse ohtlikuks tulvasid, mille puhul veetaseme tõus tulvaeelse taseme ja tulva maksimumi vahel on 100 cm ja rohkem, olenemata sellest, kas tulva maksimum ületab lävendi pikaajalise maksimumtaseme (Kasari lävendi puhul tabelis 2 toodud maksimumväärtused).

Sademetes andmetes ilmnesid mõõtmistulemused, mis Eesti kontekstis peaksid olema väga väikese tõenäosusega. Kuuest uurimuse all olevast jaamast neljal esines sademete hulka, mis ületas 25 mm/h (ca 0,42 mm/min). Antud näitude puhul on küsitav, kas tegelikult sajuhood tegelikult niivõrd intensiivsed olid või on pigem tegemist automaatjaama mõõtmisveaga. Kuigi tegemist on ilmselt ebausaldusväärsete andmetega, kasutatakse neid käesolevas töös, et välja tuua see, kuna nende intensiivsete sajuhoogude tagajärjel tõusis veetase mitme ööpäeva jooksul.

## 6. TULEMUSED

Tulemusi esitatakse aastate kaupa, kus iga aasta sissejuhatavaks osaks on sooja poolaasta meteoroloogiline ülevaade Eesti, Lääne-Eestis ja Kasari valgala. Meteoroloogilises ülevaates tuuakse välja sooja poolaasta sademete hulga kõigis kuues jaamas, kasutades meteoroloogia aastaraamatuid ja Keskkonnaagentuurist saadud mõõtejaamade andmeid. Tehakse üldine võrdlus Eesti ja Lääne-Eestis vahel ning Lääne-Eestis võrdlus Kasari lävenditega.

Tulemusi kirjeldatakse tulvajuhtumi kaupa. Kirjeldatakse tulvast tingitud veetaseme tõusu, seda põhjustanud sademete hulka ja tulva ajalisi parameetreid. Ülevaatliselt on tulvade peamised parameetrid (veetaseme muut ja sajuhulgad) jaamade kaupa esitatud lisas 1.

## 6.1 AASTA 2007

2007. aasta sademete rohkemad kuud olid juuli ja september, kõige kuivem kuu oli aprill. Samuti oli 2007. aasta keskmisest soojem. Mai ja juuni olid üsna sademetevaesed kuud, mistõttu jõgede veetasemed olid madalad võrreldes pikaajalise keskmisega (Hüdroloogiline aastaraamat, 2008).

Suvi oli soojem, ent sademete jaotus oli üle riigi ebaühtlane. Narva-Jõesuus sadas kõigest 30% normist, kuid Ristnas oli see näitaja üle 200%. Üldiselt oli Eestis juuni ja august normist pisut kuivemad ning juuli ja september sajuemad. Jõgede äravoolud juunis olid samuti ebaühtlased, kui erinevates Eesti piirkondades moodustasid äravoolud 20-90% pikaajalisest keskmisest, saartel ületas äravool keskmist. Jõgedes olid suvel veetasemed pikaajalistest keskmistest 2-56 cm madalamad (Hüdroloogiline aastaraamat, 2008).

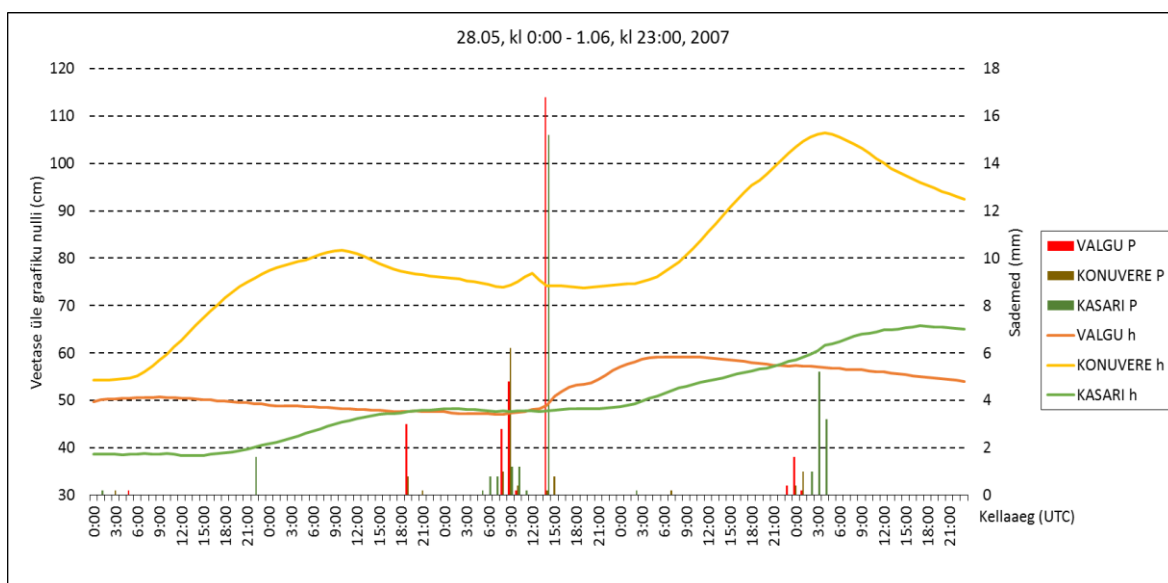
Lääne-Eesti oli 2007. aastal kõige sajuem piirkond Eestis. Kuusikul mõõdeti sooja poolaasta sademete summaks 483 mm. Kuuest Lääne-Eesti jaamast mõõdeti oluliselt vähem sademeid Konuveres, kus sooja poolaasta sademete summaks mõõdeti 347 mm. Kõikide teiste jaamade sademete hulk (va Lääne-Nigula) ületas 450 mm (Meteoroloogiline seire, 2007a, 2007b, 2007c).

Kasari jõgikonna lävendites mõõdeti sademeid järgmiselt: Kasaril 461 mm, Valgu 457 mm, Konuveres 347 mm. Kasari jõgikonnas oli 2007. aastal kaks tulvajuhtumit. Kuigi tulvade maksimumid olid *ca* kaks korda suuremad kui vastava kuu pikaajaline keskmine, siis ei olnud kumbki tulv ohtlik.

### 28.mai – 1.juuni

2007. aasta esimene tulvajuhtum oli mai lõpus ja juuni alguses.

Kuigi veetaseme tõus oli märgatav kõigis kolmes lävendis, toimus see erinevates jaamades pisut erinevalt. Valgu jaamas mõõdeti 30.mail (kell 14 UTC) sademeid tunni jooksul 16,8 mm. Valgu jaam mõõdis Velise jõel 12 cm (Lisa 1) veetaseme kerkimise (47 cm-lt 59 cm-ni), ning veetaseme tipp-periood püsis kaheksa tundi (joonis 6.1) 31.mail (kl 4 UTC – kl 12 UTC) varahommikust kuni keskpäevani.



Joonis 6.1. 28.05 - 1.06. 2007 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetase (h) Valgu, Konuvere ja Kasari hüdromeetriaamades.

Konuveres oli aga tulva käik Valgu omast erinev. 28. ja 29. mai hakkas sealne veetase kerkima saavutades oma esimese, kuid madalama tipu 29.mai keskpäevaks, seejärel hakkas veetase langema. Selle tõusu põhjustas tõenäoliselt paduvihm, mida vaadeldavad jaamad ilmselt ei tabanud, sest ainult Virtsus mõõdeti 28. mail, kell 22 UTC 6,6 mm. 30. mai hommikul sadas Konuveres kell 8 – 10 UTC 7,6 mm vihma, veetase tegi kiire tõusu, seejärel stabiliseerus. Alates 31.mai hommikust hakkas veetase taas kerkima, kuid see polnud põhjustatud sademetest, vaid ilmselt ülemjooksult keskjooksule jõudnud sademete vesi. Tulva tipp oli 1.juuni varahommikul. Kui veetase Konuveres 28.mail oli 52 cm üle jaama nulli, siis 1.juuniks oli veetase tõusnud 106 cm peale, kuid keskkööks vastu 2.juunit oli veetase langenud 14 cm.

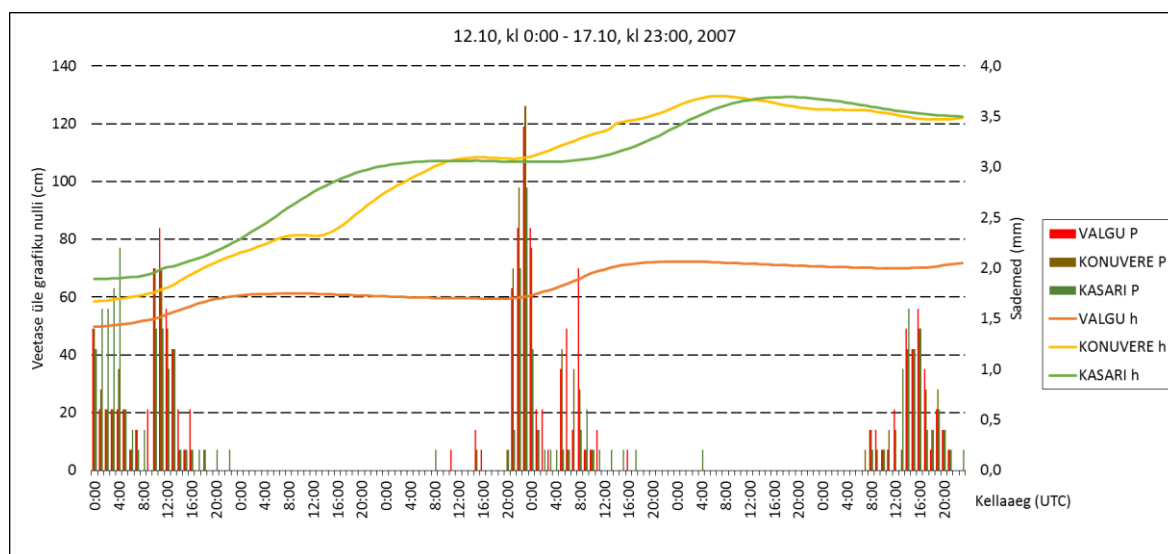
Kasarile jõudis see tuld üsna nõrgana. Kui võrrelda Konuvere jaama veetaseme käiguga, siis pigem sarnaneb Kasari veetaseme tõus Valgu mustriks. Kui 30.mai pärastlõunal Kasaril sadas tunniga 15,2 mm vihma, siis veetasemele sellest mõju ei tekkinud. Kasari jõe veetase tõusis ülemjooksu lisajõgedest tulnud tulvavetest. 43 tunni jooksul (30.05, kl 22 UTC – 01.06, kl 17 UTC) kerkis veetase Kasaril 18 cm (48 cm-lt 66 cm-ni), saavutades oma tipu 1.juuni õhtutundidel, kogu tulvaperioodi oli Kasari veetaseme muut 27 cm (Lisa 1).

## 12. – 17. oktoober

2007. aasta teine tulvajuhtum oli tegelikult sügisene suurvesi. Oktoobri keskel tõusis kõigis kolmes hüdromeetriaamases veetase järsult, kuid tulvale iseloomulikku kiiret veetaseme vähenemist sellele ei järgnenud. Valgu jaamas oli veetaseme tõus oluliselt väiksem kui Konuveres ja Kasaril (Lisa 1).

Konuvere ja Kasari veetaseme käik oli antud ajavahemikul üsna sarnased, kuid seda ajalise nihkega. Konuvere tulvaeelne veetase oli 58 cm üle jaama nulli, Kasaril oli sama näitaja 66 cm. 12. oktoober oli sajune päev, kui Kasaril oli sademete hulk 16,4 mm/ööp ja Konuveres 13 mm/ööp. Sademetest tingituna hakkasid mõlema lävendi veetasemed tõusma, Kasaril kiiremini kui Konuveres. 14. oktoobriks olid mõlema lävendi veetasemed üsna võrdsed, Konuveres isegi pisut kõrgem. Kasari veetase oli 14. oktoobriks (kl 8 UTC) kerkinud 107 cm peale. Konuveres samal kuupäeval (kl 13 UTC) oli vastav näitav 108 cm. Teise sajuhoo tulemusena, kui Kasaril ja Konuveres olid 12 tunni (14.10, kl 21 UTC – 15.10, kl 9 UTC) sademete summad vastavalt 8,8 mm ja 14,4 mm, kerkis veetase veelgi. Mõlema lävendi tulvatipud olid 129 cm üle jaama nulli (joonis 6.2), Konuvere tipp saabus 16. oktoobril, kl 5 UTC, Kasari tipp saabus 16. oktoobril, kl 16 UTC. Kogu perioodi jooksul kerkisid Kasari ja Konuvere veetasemed vastavalt 63 cm ja 71 cm (Lisa 1).

Valgu jaamas oli kogu ajavahemiku jooksul veetaseme tõus 22 cm. Samas Valgus mõõdeti kolmest lävendist ajavahemiku jooksul enim sademeid. 12. oktoobri sademete tagajärjel kerkis Valgus veetase 11 cm, olles kerkinud 61 cm peale üle jaama nulli. Seejärel veetase langes 2 cm, siis 12 tunni jooksul (14.10, kl 21 UTC – 15.10, kl 9 UTC) sadas Valgus 10,4 mm, tuues kaasa 13 cm veetaseme tõusu. Valgu tipp saabus 15.oktoobril, kl 23 UTC, kui veetase oli 72 cm üle jaama nulli (joonis 6.2), püsidis sel tasemel paari sentimeetrise kõikumisega kuni ajavahemiku lõpuni (17.10, kl 23 UTC).



Joonis 6.2. 12.10 – 17.10, 2007 suurveejuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Valgu, Konuvere ja Kasari hüdromeetriaamades.

## 6.2 AASTA 2008

2008. aasta oli vaatlusperioodi sademeterikkaim aasta. Kevadel (aprillis-mais) oli küll sademeid normist vähem, kuid suvi oli sademeterikas, kus juunis ja augustis sadas normist enam. Kevadine suurvesi jõgedes saavutas oma kõrgtaseme aprilli alguses. Kevadine

keskmise äravool Eestis jäi normi piiresse. Sademete rohke suvi tõi kaasa jõgedel veetaseme tõusu, eriti augustis, kui sademete hulgad ületasid Eestis 200%, kohati isegi 300% normist. Purtse ja Keila jõgedel ületas augusti veetase isegi kevadise suurvee taset. Kuigi september oli normist sademetevaesem, ületasid jõgede vooluhulgad pikaajalisi keskmisi (Hüdroloogiline aastaraamat, 2009).

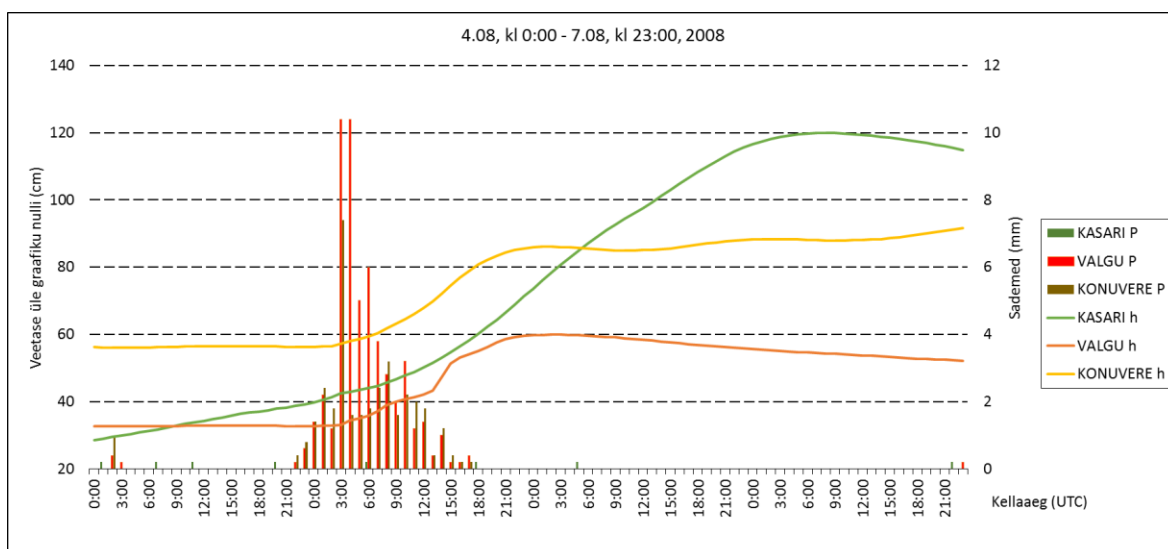
Eriti sajune suvi oli Kirde-Eestis, kui 25.-26. augustil mõõdeti Jõhvis 24 tunni sademete hulgaks 116 mm, mis ületas eelmist rekordit (mõõdetud 2003. aastal) 26 mm võrra. (Hüdroloogiline aastaraamat, 2009)

Lääne-Eesti oli pikaajalisest keskmisest märksa sajusem. Kuigi kevadkuud oli kuivemad normist, siis suvi oli sajune, augustis ulatusid jaamade sademed 224 millimeetrini (Valgu). Väga sajune kuu oli oktoober kui keskmine sademete hulk Lääne-Eestis (kuue jaama põhjal) oli 133 mm. Kõige kuivemaks kuuks osutus mai, kui kuu sademete summad jäid valdavalt alla 20 mm. Sooja poolaasta sademete summad varieerusid 515 mm (Lääne-Nigula) ja 607 mm (Valgu) vahel (Meteoroloogiline seire, 2008a, 2008b, 2008c).

Kasari lävendites oli 2008. aastal kokku kolm tulvajuhtumit, koos suurveega. Neist kahel tõusis vesi lühikese ajaga üle 100 cm ning oktoobri tulv ulatus Kasaril pikaajalise maksimumi lähedale. Oktoobri suurvesi registreeriti kõigis kolmes hüdrometriaajas ning suurvee tase ületas kevadise suurvee taseme (Hüdroloogiline aastaraamat, 2009).

#### **4.-7. august**

2008. aasta esimene tulvajuhtum sai alguse 5. augusti sademetest, mil 20 tunni jooksul ca 30 mm sademeid. Selle peale tõusis Konuvere ja Valgu lävendis veetase kiirusega 1,4-1,5 cm/h, jõudes maksimumini 5. augusti südaööks. Kasari lävendis mõõdeti antud perioodil vaid 1,6 mm sademeid (joonis 6.3), mis viitab mõõteaparaadi rikkele. Kasaril jõudis veetase maksimumini 7. augustil, kell 6 UTC. Kõigis kolmes lävendis jäi veetase stabiilselt enam-vähem maksimumi tasemele, mistõttu on tegemist pigem suurvee, kui tulvaga. Kuigi Kasari veetaseme tõus oli küllaltki suur, ei saa seda pidada ohtlikuks veetaseme tõusuks.



Joonis 6.3. 4.08 - 7.08 2008 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Kasari, Valgu ja Konuvere hüdromeetriaaamades.

## 12.-16. august

Teine tulvajuhtum 2008. aasta suvel oli augusti keskpaigas, kui kõigis kolmes Kasari jõgikonna hüdromeetriaaamas mõõdeti veetaseme tõus, võimsamad ja pikemaajalised olid need Kasaril ja Konuveres. Valgus oli veetaseme tõus väiksem ning ka lühemaajaline nähtus.

Valgus oli veetaseme tõus küll väiksem, aga sademete hulk, mille Valgu jaam mõõtis 12.augusti pärastlõunal ja õhtul on üsna ebatõenäoline – viie tunniga sadas seal 65,6 mm vihma (tipphetk oli 40,2 mm/h) ehk 80% kuu normist. Samas veetaseme tõus oli üsna kiire, 12 tunni jooksul kerkis veetase 30 cm (45 cm-lt 75-ni). Pärast seda aga veetaseme tõus aeglustus oluliselt, kuid jätkas kerkimist. Tulvavesi saavutas oma tipu 13.augusti hilisõhtul, kui veetase oli 81 cm üle jaama nulli.

Kuigi Konuveres ja Kasaril nii võimsat sajuhoogu ei olnud, kui Valgu jaama mõõdetud, siis oli sealsed tulvad märksa võimsamad. Kui Kasaril sadas perioodil 12.08 (al kell 12 UTC) kuni 16.08 (kl 11 UTC) 48,4 mm vihma, siis Konuveres oli see näitaja 55,4 mm, Kasari ja Konuvere jaamades oli sadu kõige tugevam 12. augusti õhtupoolikul.

Veetaseme tõus kulges Kasaril ja Konuveres üsna erinevalt. Konuvere muster pigem sarnanes Valgule, kui veetase kerkis kõige kiiremini vahetult pärast intensiivset sajuhoogu, kui 12 tunniga kerkis veetase 61 cm. 14.augusti hommikuks oli veetase kerkinud 16 cm võrreldes 24 tunni taguse ajaga. Tulva tipp Konuveres oli 15.augusti hommikul, kui veetase oli 174 cm üle jaama nulli.

Kasaril oli veetaseme tõus samuti kiire, kuid ühtlane, kui veetase kogu perioodi vältel kerkis 118 cm (75 cm-lt 193-ni üle jaama nulli), saavutades oma tipu 14.augusti pärastlõunal. Tulvatipu tase püsis 15.augusti varahommikuni (13 tundi), seejärel hakkas veetase Kasaril

järjest kiiremini langema. 24 tundi hiljem oli veetase alanenud pea 20 cm võrra. Nii Kasaril kui Konuveres oli veetaseme tõus üle 100 cm, mis käesoleva töö definitsiooni järgi on tegemist ohtliku tulvaga (Lisa 1).

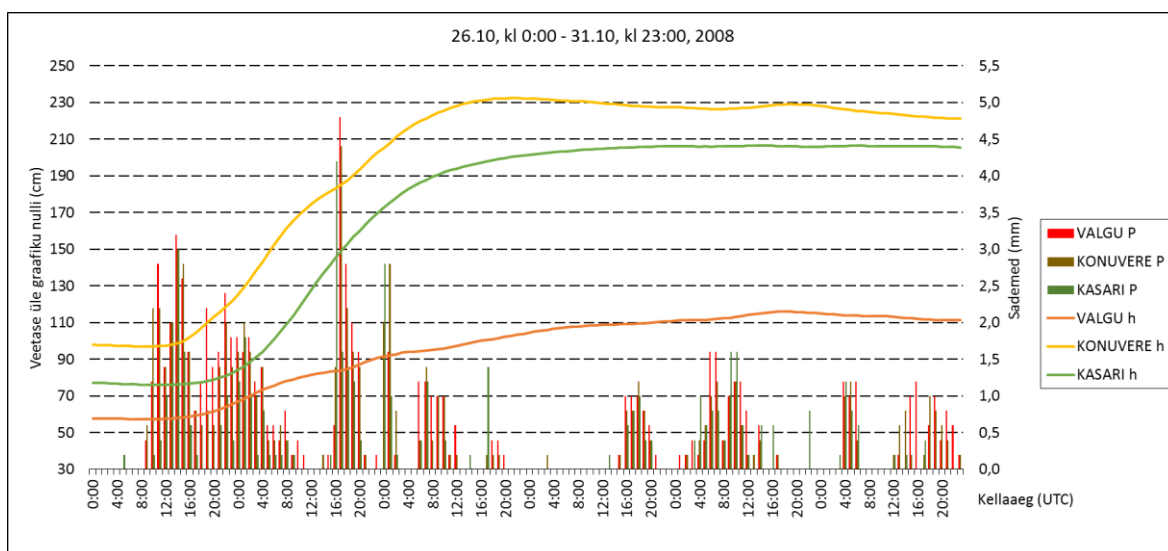
## **26. – 31. oktoober**

2008. aasta oktoobri lõpp oli Kasari jõgikonnas sajune. Sademeid oli pidevalt ja pika kestusega ja sellest tulenevalt oli jõgede veetase kõrge. 26.oktoobril oli Kasari lävendis veetase ca 20 cm kõrgem kui oktoobrikuu pikaajaline keskmine (tabel 2, joonis 6.3). Suurvee aeg sai alguse 26. oktoobri keskpäevast, kui Kasaril sadas keskööks vastu 27.oktoobrit 11,6 mm vihma. Sademeid tuli juurde ja intensiivsemaltki, mistõttu veetase jõeorus hakkas ühtlase kiirusega kerkima (ca 5 cm tunnis). Kui 26.oktoobri keskpäeval oli veetase 76 cm üle jaama nulli, siis 24 tundi hiljem see näit juba 123 cm. Veetaseme tõus hakkas aeglustuma alles siis, kui see oli 190 cm üle jaama nulli. Nelja ööpäevaga tõusis veetase 130 cm, keskööl vastu 30. oktoobrit oli veetase Kasaril jõudnud 206 cm üle jaama nulli (joonis 6.4). See on vaid 10 cm vähem kui Kasari lävendi pikaajaline maksimumtase (tabel 2).

Konuveres oli veetase suhteliselt veelgi kõrgem kui Kasaril. 26. oktoobril oli Konuveres veetase 98 cm ja 28. oktoobri õhtuks 232 cm üle graafiku nulli. Veetase kerkis 58 tunniga (26.10, kl 11 UTC – 28.10, kl 21 UTC) 135 cm (joonis 6.4) ehk keskmine veetaseme kerkimise kiirus oli 2,3 cm/h. Lisaks mõõdeti Konuveres kuue ööpäeva sademete summaks 74,8 mm, mis on pisut enam kui kuu norm (Meteoroloogia aastaraamat, 2010). Kiireim veetaseme kerkimine oli 27. oktoobri varahommikul, kui veetase kerkis 4,6 – 4,8 cm/h.

Valgu veetõusu käik oli erinev. Kuigi kuue ööpäevaga oli Valgu sademete summa 83,2 mm, siis nii suurt veetaseme tõusu ei järgnenud kui Kasari ja Konuveres. Valgu jaamas mõõdeti kõrgeim veetase 30. oktoobri õhtul (kl 18-19 UTC), kui veetase oli 116 cm üle jaama nulli, see on võrreldes algtasemega 58 cm kõrgem (joonis 6.4). Üldiselt oli Valgus veetaseme tõusu kiirus märksa väiksem, ca 1,5 cm/h.

Võrdluses Kasari jaamadega sadas kuue ööpäevaga Lääne-Nigulas 36,8 mm, Kuusikul 61 mm ja Virtsus 32,6 mm (Lisa 1). Need sademete hulgad on märksa väiksemad kui Kasari jaamades mõõdetud.



Joonis 6.4. 26.10 – 31.10, 2008 suurveejuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Valgu, Konuvere ja Kasari hüdrometriaajaamades.

### 6.3 AASTA 2009

Sarnaselt 2008. aastale oli kevadkuud üsna sademetevaesed, kuid suvi ja oktoober sajuised. Suvekuud, peale juuni, olid keskmisest soojemad. Jõgede suurvee algus hilines, kuid veetaseme tõus oli äkiline ning suurvee tasemed olid aastakümnete ühed kõrgeimad, kuid sajuvaese kevade tõttu jõgede summaarne äravool suur. Suvekuude rohked sademed tõid kaasa ka keskmisest suuremad vooluhulgad. Juunis ületasid jõgede vooluhulgad pikaajalisi keskmisi 60% võrra. Juulis olid äravoolu näitajad suhteliselt kõrgemad saartel, väiksemad Lääne-Eestis mandriosas. Kuigi september oli sademetevaesem, ületasid suvised vooluhulgad Eestis keskmist 12% võrra (Hüdroloogiline aastaraamat, 2010).

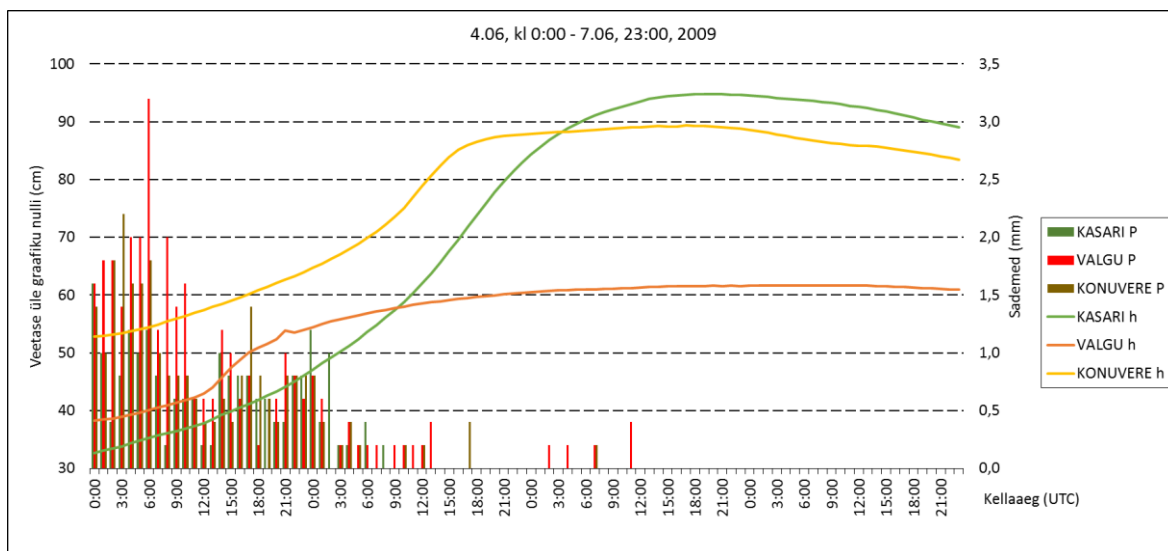
2009. aasta soojal poolaastal oli Lääne-Eesti kuue jaama keskmine sademete summa 549 mm, jäädes napilt alla 2008. aastale. Virtsus mõõdeti seitsme kuu sademete summaks 413 mm, Kuusikul 683 mm. Kuusiku oli ka kogu Eesti sajuseim paik. Sademete rohke oli ka Valgu, kus mõõdeti seitsme kuuga 625 mm sademeid. Kõige sajusemaks kuuks osutus oktoober, kui kuue jaama keskmine sademete summa oli 136 mm (Meteoroloogiline seire, 2009a, 2009b, 2009c).

Kasari jõgikonnas oli 2009. aasta tulvade rohkeim aasta, kui koos suurveejuhtumitega registreeriti kuus tulvajuhtumit.

#### 4. - 7. juuni

2009. aasta esimene tulv sai alguse pikaajalisest sajust, mil Kasari lävendis mõõdeti 32 tunniga (4.06, kl 0 UTC – 5.06 kl 8 UTC) 20 mm sademeid, sajuhoo intensiivsus oli 0,2

mm/h – 1,6 mm/h, selle tagajärjel hakkas veetase tõusma kõigis kolmes lävendis (joonis 6.5), kuid suhteliselt kiiremini tõusis veetase Kasaril. Kui 4. juuni keskööl oli veetase 33 cm üle jaama nulli, siis sajuhoo lõpuks oli veetase kerkinud 24 cm ning veetase jätkas kerkimist. Pärast sajuhoogu oli ka veetaseme kerkimine kõige kiirem, kui tõus oli ca 2 cm/h. Ajaliselt oli see 5. juuni pärastlõunast kuni keskööni vastu 6. juunit (joonis 6.5). Tolvavee tipp oli Kasaril 6. juuni õhtul (kl 18 – 21 UTC), kui veetase oli 95 cm üle jaama nulli, misjärel veetase hakkas langema.

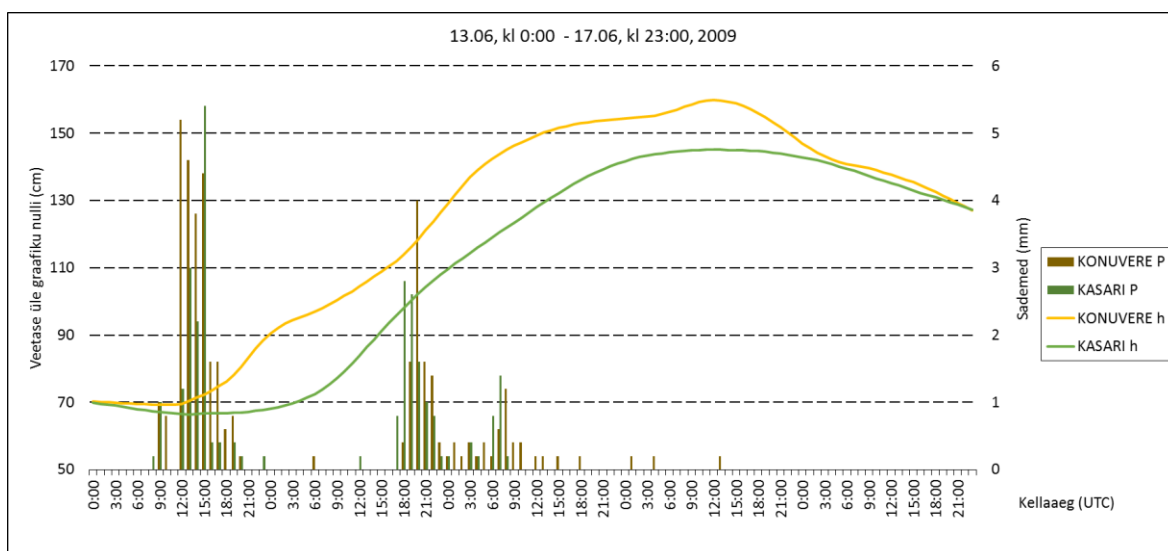


Joonis 6.5. 4. – 7.06, 2009 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Kasari, Valgu ja Konuvere hüdrometeoroloogiajaamades.

### 13. – 17. juuni

Sademete rohke juuni tõi kaasa veel teisegi tulvajuhtumi. Konuvere ja Kasari hüdrometeoroloogiajaamades mõõdeti kahe sajuhoo tulemusena sademete summaks vastavalt 40 mm ja 28 mm (joonis 6.6). Lääne-Nigulas sadas viie ööpäevaga 43,2 mm ja Kuusikul 42,5 mm (Lisa 1).

Konuveres sadas 13. juunil 12 tunniga (kl 9 – 21 UTC) 25 mm, kusjuures intensiivsem periood on pärastlõunal, kui tunnine sademete intensiivsus oli 3,8 – 5,2 mm/h. Enne sajuhoogu oli Konuvere jaama veetase 70 cm üle graafiku nulli, 14. juuni keskpäevaks oli veetase kerkinud 31 cm. Kahe sajuhoo vahel kerkis veetase Konuvere keskmiselt 2,5 cm/h. Teine sajuhoog, mis sai alguse 14. juunil, kell 18 UTC, kestis 16 tundi ning veetaseme kasvu kiirus kerkis 2,7 cm/h. Pärast teist sajuhoogu veetaseme kasvu kiirus aeglustus. Konuveres saabus tolvavee tipp 16. juuni keskpäeval, kui veetase oli 160 cm üle jaama nulli (joonis 6.6), tipp püsis kaks tundi, seejärel veetase hakkas langema.



Joonis 6.6. 13.06 – 17.06, 2009 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Konuvere ja Kasari hüdromeetriaaamades.

Konuveres sadas 13. juunil 12 tunniga (kl 9 – 21 UTC) 25 mm, kusjuures intensiivsem periood on pärastlõunal, kui tunnine sademete intensiivsus oli 3,8 – 5,2 mm/h. Enne sajuhoogu oli Konuvere jaamas veetase 70 cm üle graafiku nulli, 14. juuni keskpäevaks oli veetase kerkinud 31 cm. Kahe sajuhoo vahel kerkis veetase Konuvere keskmiselt 2,5 cm/h. Teine sajuhoog, mis sai alguse 14. juunil, kell 18 UTC, kestis 16 tundi ning veetaseme kasvu kiirus kerkis 2,7 cm/h. Pärast teist sajuhoogu veetaseme kasvu kiirus aeglustus. Konuveres saabus tulvavee tipp 16. juuni keskpäeval, kui veetase oli 160 cm üle jaama nulli (joonis 6.6), tipp püsis kaks tundi, seejärel veetase hakkas langema.

Kasaril oli veetaseme kerkimine ajalise nihkega ja laugem. Kui enne esimest sajuhoogu Kasaril veetase oli langevas joones, siis pärast esimest sajuhoogu (14 mm), alates 13. juuni keskööst (kell 21 UTC) hakkas veetase kerkima. Veetaseme kerkimise kiirus oli enamuse perioodist 1,3-2,0 cm/h. Kerkimise kiirus hakkas langema 15. juuni õhtul (al kell 21 UTC), kui tulv hakkas saavutama oma tippu. Tulvavee tipp oli 16. juunil, kell 11 – 13 UTC (joonis 6.6), kui veetase oli 145 cm üle nulli ehk 79 cm kõrgem võrreldes tulva algusega veetasemega, oli 13. juuni õhtul. Veetase oli 17. juuni ööks (kell 23 UTC) alanenud 18 cm.

## 19. – 24. juuli

Kolmas suvine tulvajuhtum oli kõige intensiivsem Konuvere hüdromeetriaaamas. Konuveres sadas antud ajavahemikul 42,6 mm, sellest 28,8 mm tuli nelja tunniga 19. juulil (kl 15 – 19 UTC). Konuverele lähimas jaamas Valgus mõõdeti samal perioodil 48,8 mm sademeid, kuid seal suuremat veetaseme tõusu ei mõõdetud. Väga kõrgeid sademete summasid mõõdeti Lääne-Nigulas ja Virtsus (Lisa 1). Veetaseme tõus Konuveres viibis mitu päeva, kuna intensiivsemad sajuhood jäid vaadeldava ajavahemiku algusesse, ent suurem veetaseme tõus ilmnes perioodi lõpus. Kõige madalam veetase Konuveres oli keskööl vastu 20. juulit, kui näit oli 60 cm üle jaama nulli. Seejärel hakkas veetase tasapisi kerkima, kui

teise sajuhooga sadas 9,4 mm (21. juuli, kl 8 – 12 UTC). Veetase kiirem tõus hakkas 22. juulist, kell 9 UTC ning tulv saavutas oma tipu 23. juulil kell 15 UTC, kui veetase oli 97 cm üle jaama nulli. 20 tundi hiljem oli veetase alanenud 6 cm võrra.

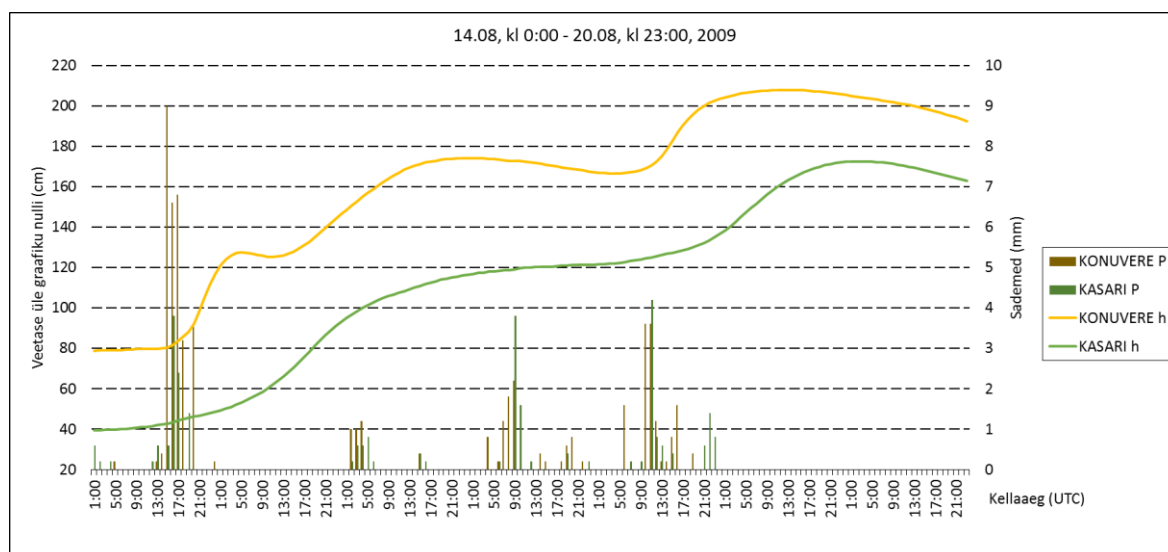
#### **14. – 20. august**

Tegemist oli 2009. aasta võimsaima suvise tulvajuhtumiga, mille tõid suured sajuhood, mis tol nädala pikkusel perioodil esinesid. Valgul mõõdeti sademete summaks 50 mm, Konuveres 56 mm ja Kasaril 29 mm. Konuveres sadas 14. augustil kolme tunniga (kl 15 – 17 UTC) 22,4 mm, mis tõi kaasa äärmiselt kiire veetaseme tõusu. Mõlema lävendi maksimumid olid võrreldavad kevadise suurveega. Teistes jaamades mõõdeti sademete hulgaks antud ajavahemikul 27 mm Virtsus, 18,4 mm Lääne-Nigulas ja Kuusiku andmed puudusid. Kogu nädala sademete summad lähenesid pikaajalise augustikuu keskmise sademete kuu summale (Lisa 1).

Konuveres lävendis oli veetase perioodi alguses 79 cm üle jaama nulli ning see püsis stabiilsena, kuni 14. augusti pärastlõunal tabas Konuveres lävendit paduvihm, mis avaldas suurt mõju veetasemele. Paduvihma järgselt kerkis veetase 12 tunniga (14.08, kl 17 – 15.08, kl 5 UTC) 43 cm (joonis 6.7), kusjuures intensiivsem veetaseme tõus ulatus 7 cm/h (14.08, kl 21-22 UTC). Seejärel veetase alanes paar tundi, kuid alates 15.08 pärastlõunast (kl 12 UTC) hakkas uuesti kerkima 1,5-2,0 cm/h. Keskööks vastu 17. augustit oli veetase kerkinud veel 49 cm. Sademeid Konuveres oli sel perioodil (15.08, kl 5 – 17.08, kl 0 UTC) 3,6 mm. Alates 17. augusti keskööst langes veetase 29 tunniga 8 cm, kuid selle perioodi sees oli 11,6 mm sademeid. 18. augustil mõõdeti Konuveres sademete summaks 13,2 mm ning antud 13-tunnine sajuperiood tõi kaasa järgmise veetaseme tõusu, mille järel tulv Konuveres ka oma tipu saavutas, 208 cm, 19. august, kl 11 UTC (joonis 6.7), tipu tase püsis paar tundi. Seega ajavahemiku madalaima ja kõrgeima veetaseme erinevus oli 129 cm. Veetase oli 20. augusti hilisõhtuks langenud 16 cm võrra.

Kasaril oli veetaseme käik sarnane Konuverele, kuid veetaseme langemisi enne tulva tippu seal ei esinenud. Arvestades seda, et Kasaril sadas kogu perioodi jooksul peaaegu kaks korda vähem (29 mm) kui Konuveres, siis võib eeldada, Vigala tulvaveed avaldasid mõju ka Kasari lävendi veetasemele. Kasaril sadas 14. augusti pärastlõunal (kl 15 – 17 UTC) 6,2 mm (joonis 6.7), mis on pea neli korda vähem kui Konuveres samal ajal. Veetaseme tõus Kasaril polnud nii intensiivne kui Konuveres, kuid kerkis üsna stabiilselt, mõningase aeglustumisega 17. – 19. augusti vahel. Kui perioodi alguses oli Kasari veetase 40 cm üle jaama nulli, siis 17. augustil, kl 13 UTC jõudis see maksimumini, 120 cm üle jaama nulli. 17. augustist kuni 19. augustini mõõdeti Kasari lävendi sademete hulgaks 11,4 mm. Koos Vigala jõest suubuva tulvaveega tõusis Kasari veetase veelgi. Tulva tipp oli Konuveres omast mõnevõrra hilisem, saabudes 20. augustil, kl 2 UTC, kui veetase oli 173 cm üle jaama nulli, püsidis paar-kolm tundi enne kui veetase alanema hakkas (joonis 6.7). Kuigi Kasari tulva tipu veetase oli madalam, siis madalaima ja kõrgeima veetaseme erinevus oli Konuveres omast suurem – 133 cm.

Kui Kasaril ja Konuveres oli veetaseme tõus käesoleva töö definitsiooni kohaselt ohtlik, siis Valgu sademete hulk ja veetaseme tõus oli suhteliselt tagasihoidlik (Lisa 1).

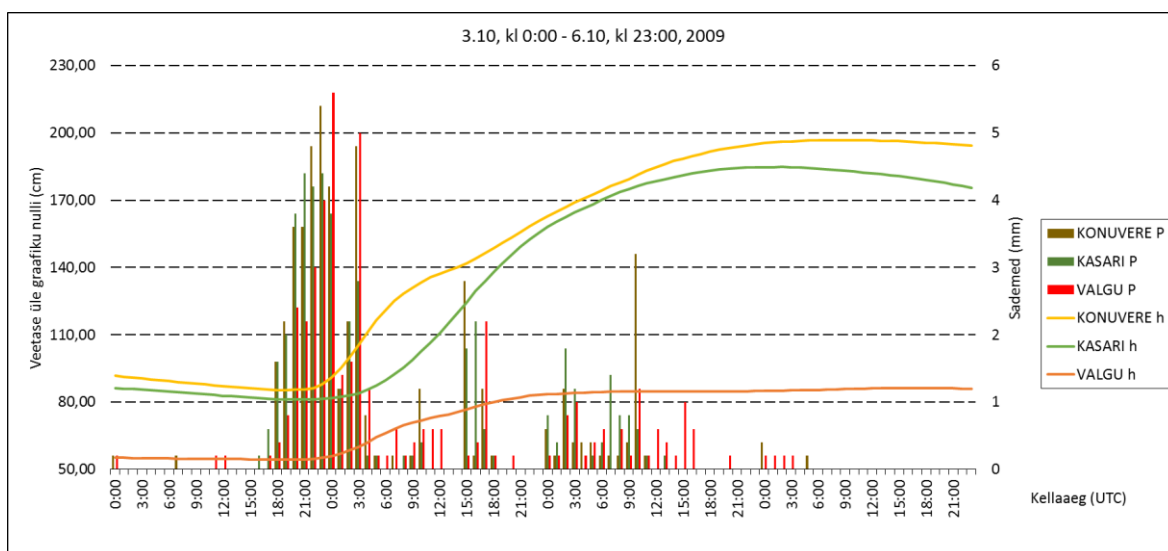


Joonis 6.7. 14.08 – 20.08, 2009 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Konuvere ja Kasari hüdromeetriaajamades.

### 3. – 6. oktoober

Antud juhtum oli üsna sarnane 2008. aasta oktoobri lõpu suurvee juhtumile, kus suurte sademete hulkade toel tõusevad veetasemed Kasari ja Konuvere jaamades kõrgele, kuid Valgus oli veetaseme tõus tagasihoidlikum. Suurem osa sademeid langes 12-tunnise perioodi (3.10, kl 17 UTC – 4.10, kl 5 UTC) jooksul, kui Konuveres sadas 34,6 mm, Kasaril 31,4 mm ja Valgus 28 mm. Virtsus ja Lääne-Nigulas olid sademete hulgad samal ajavahemikul vastavalt 21,2 mm ja 38,6 mm.

Kasaril hakkas veetase kerkima pärast suurt sajuhoogu. Keskööl vastu 4. oktoobrit oli veetase 81 cm üle jaama nulli. Ent 4. oktoobri varahommikust hakkas veetase kerkima ning veetaseme tõusu kiirus ületas kohati 4 cm/h. Niivõrd kiire tõusu tagajärjel tõusis veetase keskööks vastu 6. oktoobrit 185 cm üle jaama nulli (joonis 6.8), kuid 24 tundi hiljem oli veetase alanenud 10 cm.



Joonis 6.8. 3. – 6.10, 2009 suurveejuhumi sademed (P) ja veetasemed (h) Konuvere, Valgu ja Kasari hüdromeetriaamades.

Konuveres hakkas veetase kerkima pisut varem kui Kasaril ning veetaseme kerkimine oli samuti kiirem. 9 tunniga (3.10, kl 22 UTC – 4.10, kl 7 UTC) kerkis veetase Konuveres 39 cm ehk 3,8 cm/h, kuid kohati oli see näitaja isegi 6 cm/h (4.10, kl 3-4 UTC). Tipp saabus 6. oktoobril, kell 7 UTC, kui veetase oli 197 cm üle jaama nulli, püsidel sel tasemel viis tundi (joonis 6.8).

Valgus oli veetaseme tõusu käik erinev. Kuigi veetase kerkis sajuhoo järel 30 cm, siis sajuhoo järgne veetase Valgus püsis kogu ülejäänud ajavahemiku stabiilsena paari sentimeetrise kõikumisega.

## 18. – 22. oktoober

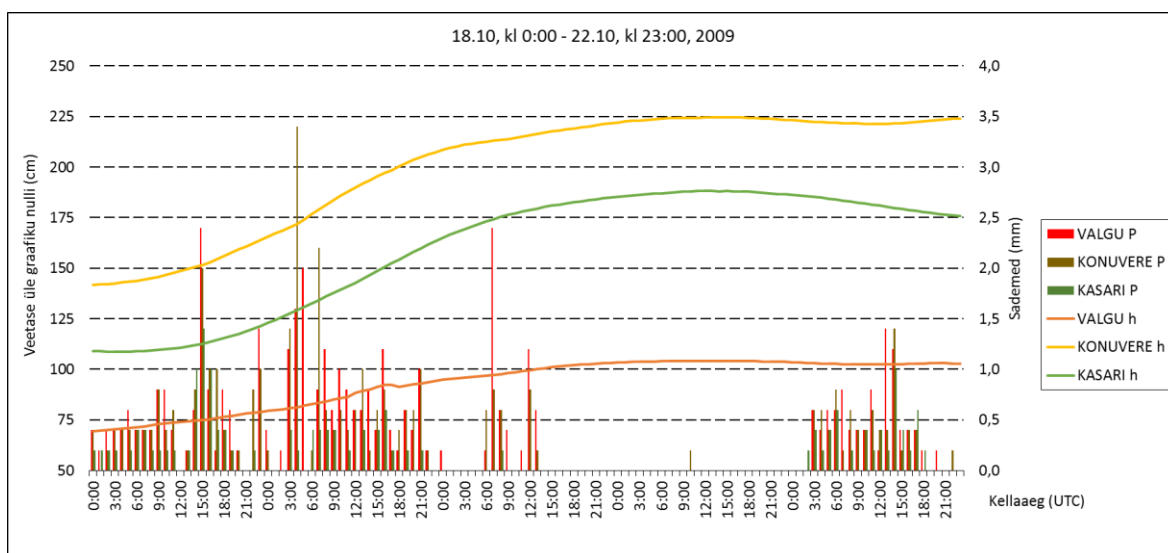
Oktoobri keskpaik oli sademeterikas. Valgus sadas vaadeldava viie ööpäevaga 44,2 mm, Konuveres 39,2 mm ja Kasaril 17,6 mm. Ümbruskonna jaamades mõõdeti sademete hulgaks 28,6 mm Lääne-Nigulas ja 15,8 mm Virtsus (Lisa 1). Kuusiku sademete kohta puudusid antud ajavahemiku andmed. Pikk sajuperiood tõi oodatult kaasa veetaseme tõusu.

Valgus ei olnud veetaseme tõus niivõrd märkimisväärne, võrreldes Kasari ja Konuverega, kuigi sealne sademete summa oli kolmest hüdromeetriaamast suurim. 18. oktoobri keskööl oli Valgu veetase 70 cm üle jaama nulli. 48 tunni jooksul mõõdeti Valgu sademete hulgaks 29 mm, kuid veetaseme tõus oli üsna aeglane. Valgu tulva tipp saabus 21. oktoobril, kl 9 UTC, kui veetase oli 104 cm üle jaama nulli ning see püsis suhteliselt sarnasel tasemel kogu ülejäänud ajavahemiku kuni 22. oktoobrini, kl 23 UTC (joonis 6.9).

Konuveres oli veetase küllaltki kõrge enne veetaseme kerkimist, sest veetase polnud veel eelmisest tulvast alanenud, olles 142 cm üle jaama nulli. Konuvere 18. ja 19. oktoobri sademete summaks mõõdeti 28 mm ja veetase hakkas sajuhoo toimel tõusma. Mitte väga

intensiivselt, kuid stabiilselt ühtlases tempos. Konuvere tipp saabus 21. oktoobril, kl 8 UTC, kui veetase oli 224 cm üle jaama nulli, püsidel sel tasemel 10 tundi (joonis 6.9). Samal kuupäeval lisandus veel sademeid, mis taaskord tõstis Konuvere veetaset 224 cm peale üle jaama nulli keskööks vastu 23. oktoobrit.

Kasariil oli Konuverega üsna sarnane veetaseme tõusu käik. Seda aga jaama nulli suhtes madalama veetaseme juures. Ajavahemiku alguses (18.10, kl 0 UTC) oli Kasari veetase 109 cm üle jaama nulli. 48 tunni jooksul mõõdeti Kasariil sademete hulgak 11,8 mm ja 21. oktoobril (kl 11-16 UTC) oli Kasariil veetase 188 cm üle nulltaseme (joonis 6.9). millest võib järeldada, et ka Vigala ja ka teistest jõgedest saabuvad tulvaveed aitasid kaasa Kasari veetaseme tõusule. Erinevalt Konuverest, hakkas pärast tipp-perioodi Kasari veetase suhteliselt kiiresti langema. 22. oktoobril, kl 23 UTC oli Kasari veetase alanenud 12 cm võrra.



Joonis 6.9. 18.10 – 22.10, 2009 suurveejuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Valgu, Konuvere ja Kasari hüdromeetria jaamades.

## 6.4 AASTA 2010

2010. aasta soe poolaasta oli keskmisest pisut sajusem, Eesti sademete keskmine tuli 477 mm (norm 424 mm). Kõige sajusemaks kuuks osutus august, kui keskmine sademete hulk Eestis oli 124 mm (norm 76 mm). Temperatuuri kontekstis oli soe poolaasta keskmisest soojem, eriti suvi. Kevadine temperatuur oli pisut üle normi, kuid suvised temperatuurid olid keskmisest märksa kõrgemad. Suviseks keskmiseks temperatuuriks arvutati 18,1 °C, juulis oli sama näitaja 21,8 °C, mis ületab pikaajalist juuliku keskmit viie kraadiga. Suvised maksimumid jäid siiski augustisse, kui Narva-Jõesuus mõõdeti 7. augustil 35,4°C, mis jääb absoluutsele maksimumile alla kõigest 0,2 °C (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2012a).

Suurveeperiood oli üsna veerohke, arvestades, et paks lumikate hakkas suhteliselt kiiresti sulama ning sellele lisandusid ka sademed, mistõttu mitmel jõel (Põltsamaa, Kääpa, Pärnu (Türi-Alliku), Kunda, Luguse) registreeriti äärmiselt kõrged veetasemed, mida peetakse ajaloolisteks. Ka Emajõe veetase kerkis väga kõrgele 16.aprillil, 331 cm üle jaama nulli. Kevadised vooluhulgad olid keskmistest oluliselt suuremad. Suvise perioodi kõrged temperatuurid ja kuiv juulikuu avaldasid jõgedele mõju – Valgu ja Alajõe jaamades jäi ainult 2 cm puudu ajaloolisest miinimumist. Kuigi august ja september olid sademeterikkad, jäid suuremates jõgedes (Pärnu ja Kasari) keskmised veetasemed alla normi, kuid Lõuna-Eestis olid normist kõrgemad, eriti Emajõel, aga ka Narva jõel (Hüdroloogiline Aastaraamat, 2011).

Lääne-Eestis oli soe poolaasta pisut sademetevaesem võrreldes Eesti keskmisega, mis on ka loomulik, kuna ainult Lääne-Nigulas sadas pikaajalisest keskmisest pisut rohkem (485 mm). Hoolimata sajusest augustikuust Virtsu ja Kuusiku olid sademete poolest kuivemad. Õhutemperatuurid olid võrreldavad Eesti pikaajalise keskmisega. (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2012a).

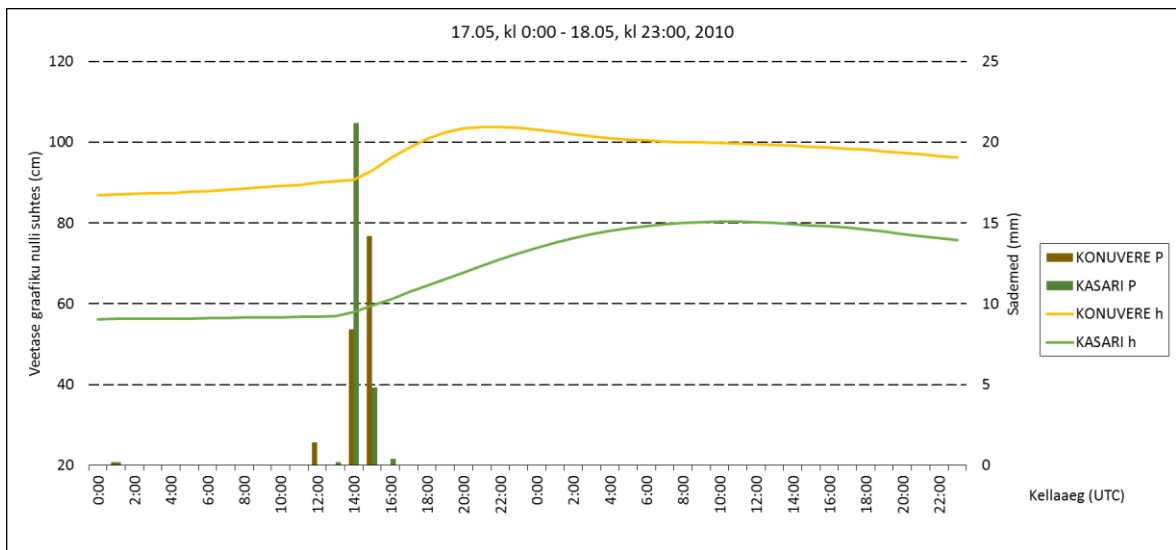
Üllatavam on Kasari hüdromeetriajaama augustikuu sademete summa, milleks oli 223 mm. Pool sellest summast sadas alla 12 tunniga (18.08, kl 13 – 19.08, kl 1 UTC), millest võib oletada automaatjaama mõõtmisviga. Kasari jõgikonna aladel registreeriti 2010. aastal kaks tulvajuhtumit – mais ja augustis.

## **17. – 18. mai**

Esimene tulvajuhtum toimus mai keskpaigas, kui Kasari ja Konuveres jaamades registreeriti 17.05 lõunal paduvihmahoo, Kasaril sadas (17.05, kl 14 UTC) 21,2 mm. Kasari ja Konuveres Samas Virtsus sadas kahe ööpäeva jooksul vaid 1 mm. Vähe sademeid oli ka Lääne-Nigulas, kui sealne sademete summa nendel kahel ööpäeval oli 3,2 mm (Lisa 1).

Konuveres sadas 17. kuupäeva pärastlõunal maha 22,6 mm vihma ning sellele järgnevalt hakkas veetase tõusma (17.05, kl 14 – 21 UTC), tõus oli 13 cm (joonis 6.10). Veetaseme langus oli suhteliselt aeglane, 18. mai pärastlõunal oli veetase 100 cm üle jaama nulltaseme.

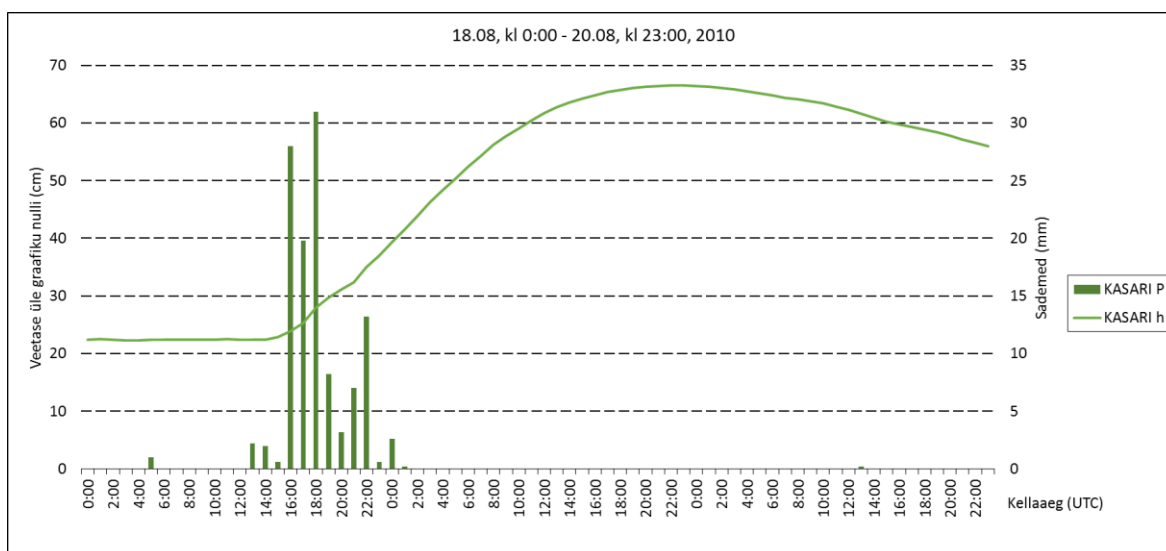
Sarnaselt Konuverele, registreeris jaam 17.05 pärastlõunal paduvihma, kui sademeid mõõdeti 26 mm. Sel hetkel oli veetase 57 cm üle jaama nulli. Kasaril oli veetaseme tõus pisut aeglasem kui Konuveres, kuid suhteline tõus oli samas suurem. Tulvavee tipp saabus 18.05 lõunapoolikul (kl 10-12 vahel), kui veetase jõudis 80 cm-ni üle jaama nulli. Seejärel hakkas veetase aeglaselt alanema, 18.05 hilisõhtuks oli veetase alanenud 5 cm (joonis 6.10).



Joonis 6.10. 17.05 – 18.05 2010 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetase (h) Kasari ja Konuvere hüdromeetriaajaamades.

### 18. – 20. august

Kasari hüdromeetriaajaam registreeris 18. augusti lõunast kuni keskööni 118,4 mm sademeid. Eesti kontekstis on väga ebatõenäoline, et 150% kuu sajunormist tuleb alla kõigest 12 tunniga. Tõenäoliselt on tegemist mõõtmisveaga, kuid ilmselt oli väga tugeva sajuga, kuna see tõi kaasa küllaltki arvestatava veetaseme tõusu ja tulva olukorra. Tulva tippaeg oli öösel vastu 20. augustit, kui veetase oli tõusnud 67 cm-ni üle jaama nulli, ehk 45 cm. (joonis 6.11). Konuvere ja Valgu lävendites suuremat veetaseme tõusu ei olnud märgata. Nende kahe jaama sademete summa 18. - 20. augustil oli vastavalt 17,2 mm ja 25,6 mm. Virtsus ja Lääne-Nigulas mõõdeti samal perioodil vastavalt 22,4 mm ja 39 mm (Lisa 1). Nende nelja jaama sademete summad pigem toetavad oletust, et Kasari mõõtetulemused on vigased.



Joonis 6.11. 18.08 – 20.08, 2010 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetase (h) Kasari hüdromeetriaajas.

## 6.5 AASTA 2011

2011. aasta ei olnud sademete poolest eriline. Üldiselt esines sademeid normi piires, Eesti keskmiseks arvutati soojal poolaastal 422 mm. Õhutemperatuuri poolest olid näitajad keskmistest kõrgemad, eriti suvekuudel, kui 2011. aasta suve keskmine õhutemperatuur oli 18,1 °C, (pikaajaline keskmine on 15,7 °C) (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2012b). Kevad oli samuti pisut soojem, kuid sademetevaene, ent sellest hoolimata olid veetasemed osades jõgedes väga kõrged, kuna talv oli lumerohke. Näiteks Tartus oli Emajõe veetase ohtlikust tasemest (239 cm üle jaama nulli) kõrgem 32 päeva. Lisaks mõõdeti Piusa jõel, Korela hüdromeetriaajas ajalooliselt kõrge veetase. Suurvee alanemine oli sujuv, kuid suurematel jõgedel (Narva, Emajõgi, Ahja) jäi veetase keskmisest kõrgemale tasemele. Hoolimata suvekuude kõrgetest temperatuuridest jäid Kasari, Ahja ja Emajõe veetasemed keskmistest kõrgemaks, lisaks ka Loode- ja Kirde-Eesti jõgedes. Madalamad veetasemed olid Edela-Eesti jõgedes. Sügisesed ilmad olid kuivemapoolsed, mistõttu jäi ka septembri-oktoobri jõgede äravoolud üldiselt alla keskmise (Hüdroloogiline Aastaraamat, 2012; Hüdroloogiline Aastaraamat, 2013).

Lääne-Eesti oli võrreldes Eesti keskmisega sajusem, kõige enam sadas Lääne-Nigulas (sooja poolaasta sademete summa 473 mm). Õhutemperatuuri keskmised lähedased Eesti keskmisele, st pikaajalisest keskmisest pisut kõrgemad (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2012b). Kasari jõgikonnas olid automaatjaamade mõõdetud sademete hulgad pisut üllatavad. Kuigi aprilli kohta polnud piisavalt andmeid, et kuu sademete summat arvutada, siis mai-oktoober perioodi jooksul mõõtsid Valgu, Konuvere ja Kasari automaatjaamad sademeid isegi enam, kui seda Virtsus, Kuusikul või Lääne-Nigulas aprill-oktoober perioodil. 2011. aastal oli Kasari lävendites üks tulvajuhtum.

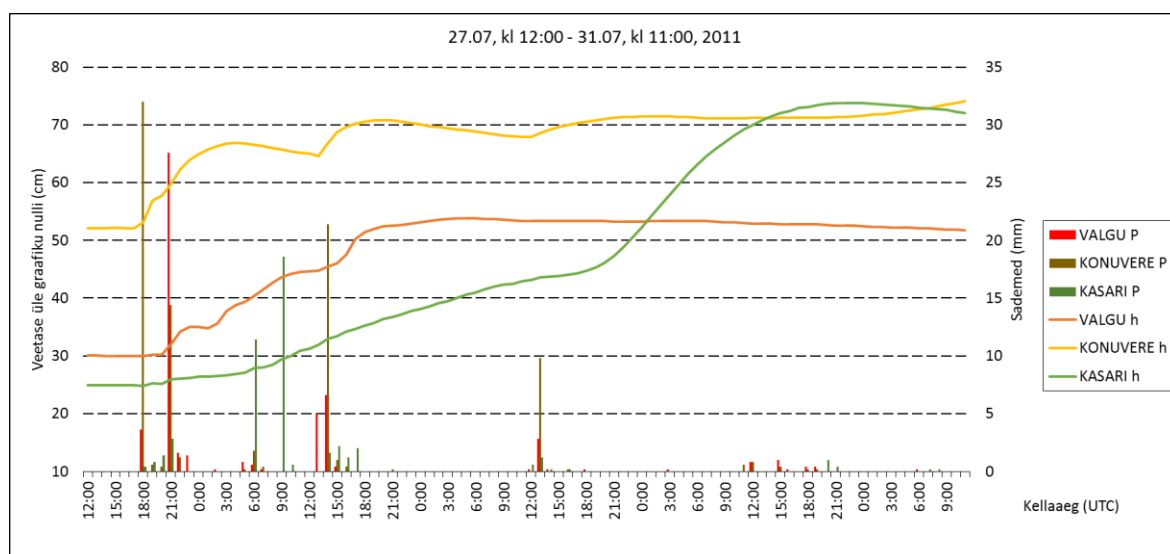
## 27.-31. juuli

Juuli lõpp osutus väga sademete rohkeks perioodiks, kui Kasari jõgikonna hüdromeetriaajaamad registreerisid mitmeid paduvihmasid, kus tunnine sademete hulk ületas 20 mm. Intensiivseim sadu mõõdeti Konuveres, kui 27. juuli õhtul sadas tunniga maha 32 mm vihma. Samas üsna intensiivsed sajuhood olid ka Virtsus, Lääne-Nigulas ning Kuusikul, kui nelja tunniga (27.07, kl 19-22 UTC) mõõdeti sademete hulgaks vastavalt 13,1 mm, 15,4 mm ja 20,7 mm. Tulvavee tipud jäid vaadeldava ajavahemiku teise poolde ehk 29.07 ja 30.07.

Valgu jaamas mõõdeti 27. juuli hilisõhtul tunniseks sademete hulgaks 27,6 mm, kuid veetase tõusis 36 tunniga 24 cm. Tulvavee tipp saabus 29. juuli varahommikul, kui veetase oli jaama nulltasemest 54 cm kõrgemal (joonis 6.12).

Konuveres oli veetaseme tõus Valguga võrreldes pisut väiksem ning tulvavesi tõusis lainetena. 27. juuli õhtul sadas tunniga 32 mm, kuid veetaseme tõus oli 15 cm ning seegi hakkas alanema järgmisel hommikul kuni uus paduvihm tõi kaasa täiendavad veed ning veetase kerkis taas napid 6 cm, jõudes 71 cm peale üle jaama nulli (joonis 6.12).

Kasaril oli olukord hoopis teistsugune. Kuigi 26.07-28.07 vahemikul oli kolm suuremat paduvihma, lisaks ka väiksemad vihmahood, mõõtis sealne jaam sademete hulgaks 65 mm ehk peaaegu kuu normi. 28.07 keskööl oli Kasari veetase 38 cm üle jaama nulli. Alates 29. juuli hilisõhtust hakkas Kasaril veetase suhteliselt kiiret tõusu näitama. Tulvavee tipp saabus keskööl vastu 31.07, kui veetase oli 73 cm üle jaama nulli. Veetase kerkis 26 tunniga ca 30 cm (joonis 6.12). Tulvavee tipp püsis umbes 2-3 tundi, seejärel hakkas veetase langema.



Joonis 6.12. 27.07 – 31.07, 2011 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetase (h) Kasari, Konuvere ja Valgu hüdromeetriaajaamades.

## 6.6 AASTA 2012

2012. aasta oli Eestis suhteliselt sajune. Valdavas osas Eestis sadas normist märksa rohkem, aprilli-oktoobri perioodi keskmiseks sademete summaks mõõdeti 562 mm, mis on 134% normist. Lisaks esines sagedalt jahedamaid perioode. Mitme kuu Eesti keskmised õhutemperatuurid jäid pikaajalisest keskmisest madalamaks. Kõige sajusem kuu oli oktoober (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2013).

Sajuse kevade tulemusena osutus jõgede äravool kuni 60% pikaajalisest keskmisest suuremaks. Suurimad normi ületamised olid Lääne- ja Loode-Eestis (Hüdroloogiline Aastaraamat, 2013). Suvine vihmrohkus rasis enim Lääne-Nigula piirkonda, kus sadas maha 397 mm ning 7. juulil sadas seal 103 mm. Õhutemperatuuri poolest oli 2012. aasta suvi Eestis keskmine (15,6 °C) (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2013). Suvised äravoolu hulgad ületasid Eesti pikaajalist keskmist kuni 40%, kusjuures Põltsamaa jõel küündis augustikuu maksimum kevadise maksimumi lähedale (Hüdroloogiline Aastaraamat, 2013). Sügis oli samuti väga vihmane, oktoober osutus ka kõige sajusemaks kuuks (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2013) ning paljudel jõgedel (Pärnu, Kasari, Keila, Luguse, Vihterpalu, Lõve) tõi sajune sügis kaasa ka suurvee tipud (Hüdroloogiline Aastaraamat, 2014).

Lääne-Eesti ning Kasari ümbrus olid Eestiga võrreldes isegi pisut sajusem. Sademeterikkaim piirkond oli Lääne-Nigula, kus soojal poolaastal sadas 754 mm (norm 434 mm), olles terve Eesti üks sajusemaid kohti (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2013). Eriti huvitav mõõtmine tuli Valgu jaamast, kui 21.05 pärastlõunal mõõdeti seal tunniga 43,8 mm sademeid. Lääne-Eesti ja Kasari kõrge sademete hulk väljendus ka jõgede veetasemes – sooja poolaastal esines neli tulvajuhtumit.

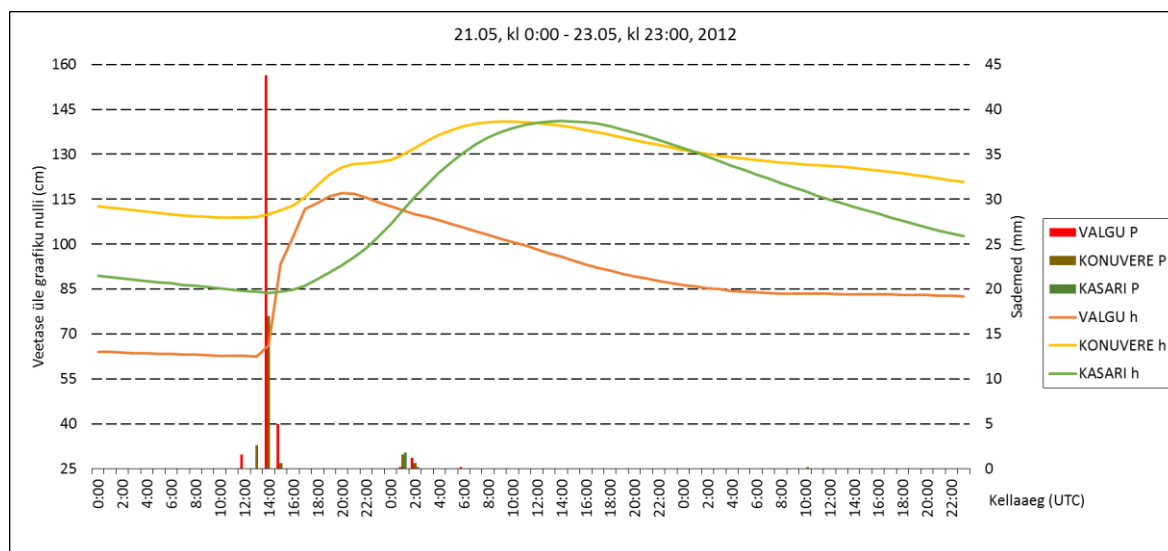
### 21. – 23. mai

Esimene tulvajuhtum leidis aset 21.05-23.05, mille registreerisid ära kõik kolm Kasari hüdromeetriaama. Valgus registreeris automaatjaam 21.05, kell 14 UTC 43,8 mm sademeid, mis võib olla automaatjaama mõõteviga (joonis 6.13), sest Kasari sadas kolme ööpäevaga vaid 2,2 mm ja Konuveres oli see näitaja 23 mm. Lisaks Kuusikul ja Lääne-Nigulas ei mõõdetud antud ajavahemikul sademeid ja Virtsus oli see näit 1,7 mm (Lisa 1).

Vaatamata kahtlustäratavatele mõõtmistulemustele Valgus oli tõenäoliselt tegemist äärmiselt tugeva vihmajuga. Antud juhtumil tuleb ilmekalt välja „kronoloogiline“ tulvatippude saabumine. Kõige varem saabus tipp Valgul, kus veetase tõusis 7 tunniga 54 cm (joonis 6.13), saavutades tipu 21.mai õhtul kell 20 UTC. Kui tulp Valgus oli oma tipu saavutanud, hakkas veetase kiiresti alanema, 23.mai varahommikuks oli veetase langenud 30 cm.

Järgmiseks jõudis tulp Konuverre. oli juba perioodi alguses veetase suhteliselt kõrge, 109 cm graafiku nullist kõrgemal. Sealsed sademed ja Valgust saabuva vee koosmõjul tõusis

veetase Konuveres veel 40 cm (joonis 6.13), saavutades oma tippu 22.mai hommikutundidel. Seejärel langes veetase oluliselt aeglasemalt kui Valgus, veel 23.mai hommikul oli veetase 125 cm üle graafiku nulli.

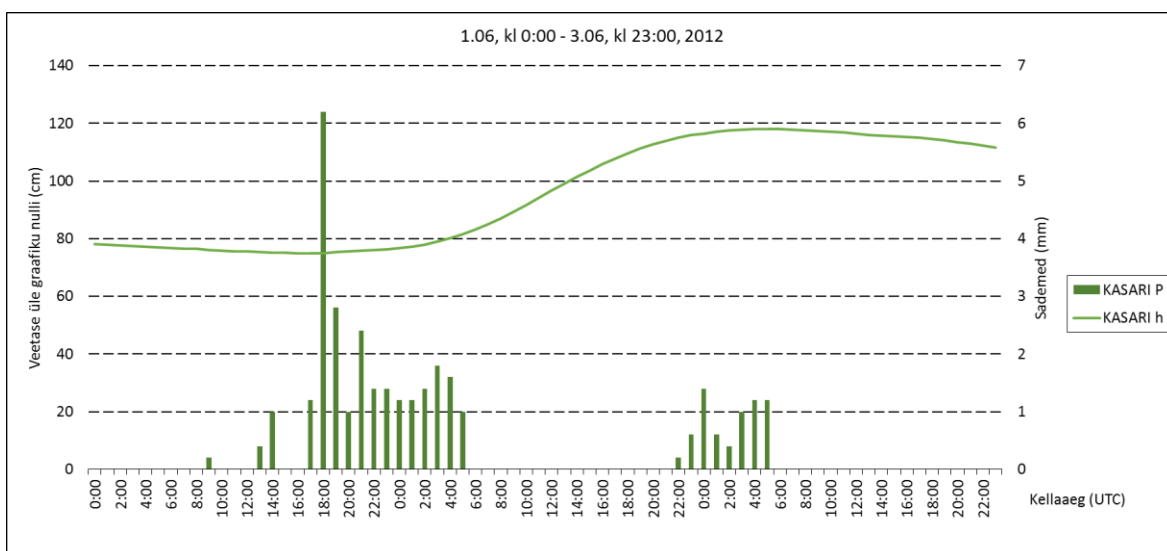


Joonis 6.13. 21.05 – 23.05, 2012 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetase (h) Valgu, Konuvere ja Kasari hüdromeetriaamades.

Kasarile saabus tulvavee tipp 17 tundi hiljem kui Valgus (22.05, kl 13 UTC), mis teeb tulva liikumise kiiruseks *ca* 2,6 km/h. Veetase tegi olulise tõusu 24 tunni jooksul, alates 21.mai pärastlõunast kuni 22.mai pärastlõunani, kui veetase tõusis 58 cm (joonis 6.13) (83 cm-lt 141 cm-ni). Seejärel hakkas veetase langema ja seda suhteliselt kiiremini kui Konuveres ja Valgus. Tulva impulss liigub Velisest Kasari lävendisse *ca* 2,6 km/h.

### 1.-3. juuni

Juuniku algas Kasari peajõel tulvaga, kui seal aset leidnud 12-tunnise vihmajuu toimel hakkas veetase kerkima. Kasaril mõõdeti 12 tunni (1.06, kl 17 UTC – 2.06, kl 5 UTC) sademete summaks 25 mm. Veetaseme tõus ei olnud järsk, vaid pigem stabiilne ja suhteliselt ühtlane (joonis 6.14). Tulvale andis jõudu juurde öine vihmajuu vastu 3.juunit, kui tuli lisaks veel 7 mm. Kui veetase oli enne sademeid ja esimese pikaajalise sajuhoo alguses 75 cm üle jaama nulli ning sajuhoo lõpuks oli veetase kerkinud 7 cm. Järgmise 24 tunniga kerkis veetase veel 36 cm, saavutas tulv oma tippu 3.juuni varahommikul. Veetaseme tõus oli kiireim 2.juuni lõunast kuni õhtupoolikuni, kui veetaseme kerkimise kiirus oli 2-2,5 cm/h (joonis 6.14). Valgu ja Konuvere lävendites registreeriti kolme ööpäeva jooksul vastavalt 12,2 mm ja 19,6 mm sademeid, kuid olulisemat veetaseme tõusu ei esinenud.



Joonis 6.14. 1.06 – 3.06, 2012 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetase (h) Kasari hüdromeetriajaamas.

### 23. – 28. juuni

2012. aasta jaanipühade tulv mõõdeti Kasari ja Konuvere lävendis, kui sajuse jaanilaupäeva järel hakkas Kasari ja Konuvere lävendites veetase märkimisväärselt tõusma. Kuue ööpäeva jooksul mõõdeti Kasari sademete hulgaks 36,8 mm, Konuveres 39,6 mm. Teistes jaamades mõõdeti järgmised sademete summad: Valgus 41,2 mm, Virtsus 37,7 mm, Lääne-Nigulas 56,8 mm ja Kuusikul 40,6 mm (Lisa 1).

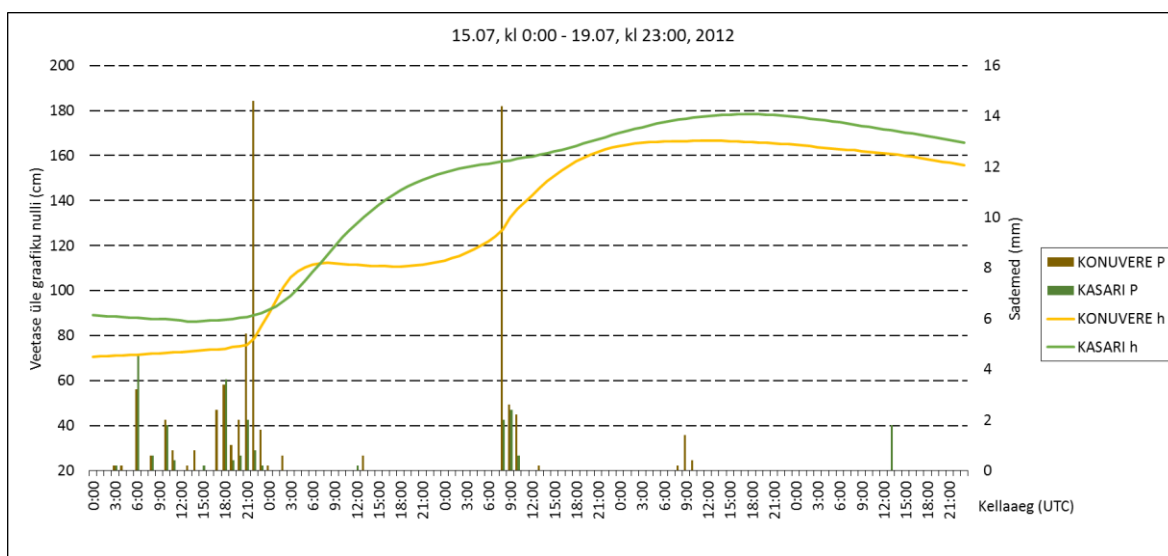
Kasari oli sademete eelne veetaseme näit 52 cm üle jaama nulli, kuid 23. juunil mõõdeti Kasari sademete summaks 20,8 mm, misjärel hakkas veetase kerkima. Ülejäänud perioodi jooksul esines ka väiksemaid sajuhooge, mis andsid veetaseme tõusule hoogu juurde. Kogu perioodi ulatuses oli Kasari veetaseme tõus üsna stabiilne, kerkides pidevalt kuni 27. juuni kella 16 UTC, kui veetase oli 107 cm üle jaama nulli, seejärel veetase hakkas langema. 28. juuni hilisõhtuks (kl 23 UTC) oli veetase langenud 10 cm.

Konuveres oli veetaseme tõusu käik aeglasem, kuigi 23. juuni sademete summa oli 25,6 mm. Enne sajuhooge oli Konuvere veetase 64 cm üle jaama nulli. Tipp saabus Konuveres märksa varem kui Kasari, kui 25. juunil, kell 22 UTC oli veetase 93 cm üle jaama nulli.

### 15. – 19. juuli

Neljas tulv oli juuli keskel, kuupäevadel 15-19, kui Kasari ja Konuvere jaamades tuli mitmeid sajuhooge ja 15. kuupäev oli üldiselt sadudega täidetud. Sademetest tingituna hakkas veetase kerkima. Ka Lääne-Nigula ja Kuusiku meteoroloogiajaamad mõõtsid suuri sademete hulkasid, vastavalt 42,8 mm ja 82,3 mm, Virtsu sadas vähem, 26,1 mm (Lisa 1).

Konuverel sadas 15.juuli hilisõhtul 22,4 mm vihma ning sajuhoog avaldas kohest mõju jõe veetasemele. 16.juuli hommikuks oli veetase Konuvere jaamas kerkinud 36 cm (76 cm-lt 112-ni). Veetase püsis sel tasemel pea terve päeva kuni hilisõhtuni, kui veetase öösel vastu 17.juulit taaskord hakkas kerkima. Veetaseme kerkimist võimendas ka hommikune sajuhoog, kui mõõdeti 19,2 mm sademeid ning veetase kerkis kogu 17.juuli päeva. Tulvavee tipp oli 18. juuli hommikul (kl 9-11 UTC), kui veetase oli 166 cm üle jaama nulli ehk kogu ajavahemiku jooksul oli veetase kerkinud 90 cm (joonis 6.15). Veetaseme langust võis märgata andmetest 18.juuli õhtupoolikust alates.



Joonis 6.15. 15.07 – 19.07, 2012 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetase (h) Konuvere ja Kasari hüdrometriaajaamades.

Kasaril oli veetaseme tõusu käik mõnevõrra erinev. 15.juulil mõõdeti Kasaril 15,4 mm sademeid ning veetase hakkas kerkima peale sajuhooge. Veetaseme tõus oli suhteliselt kiirem kui Konuveres, 16.juulil oli tõus 62 cm (joonis 6.15) (90 cm-lt 152 cm-ni). Veetase jätkas Kasaril kerkimist, kuid tõusu kiirus polnud enam niivõrd suur. Tulv sai uut hoogu juurde 17.juuli hommikuse sajuhooga, mil sadas 5 mm vihma kolme tunniga. Pärast seda suuremaid sajuhooge Kasaril ei olnud, kuid veetase kerkis 18.juuli õhtuks veel 26 cm. Sarnaselt Konuverele, oli Kasari ajavahemiku veetaseme tõus umbes 90 cm. Hoolimata suurest veetaseme tõusust, ei saa antud suurvee juhtumit käesoleva töö definitsiooni järgi ohtlikuks pidada.

## 6.7 AASTA 2013

Eestis oli aprillist oktoobrini keskmiselt 336 mm sademeid, mis jääb mõnevõrra alla normile (419 mm). Ainult maikuu oli sademete hulk normist kõrgem, kui vihma sadas 62 mm (norm 40 mm). August oli sademete poolest mõõdukas, teised kuud aga kuivemapoolsed. (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2014) Kuna aga õhutemperatuur oli kevadel keskmisest madalam siis suurveeperiood viibis ning aprillis oli jõgede veetasemed keskmisest

kõrgemad. Suvi oli keskmisest soojem ning sademetevaesem, mis tõi kaasa ka jõgede veetasemete alanemise ning need jäid oluliselt pikaajalisest keskmisest madalamateks (Hüdroloogiline Aastaraamat, 2014). Sama tendents jätkus ka septembris-oktoobris, mistõttu jätkus ka madalseis Eesti jõgedes (Hüdroloogiline Aastaraamat, 2015) Hoolimata sajuvaesest aastast toimus ka kolm tõsiselt tugevat sadu mai keskel – Haapsalus sadas kahe tunniga 65 mm, Sõrve ööpäevane sademete hulk oli 110 mm ja Jõhvis 42 mm (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2014).

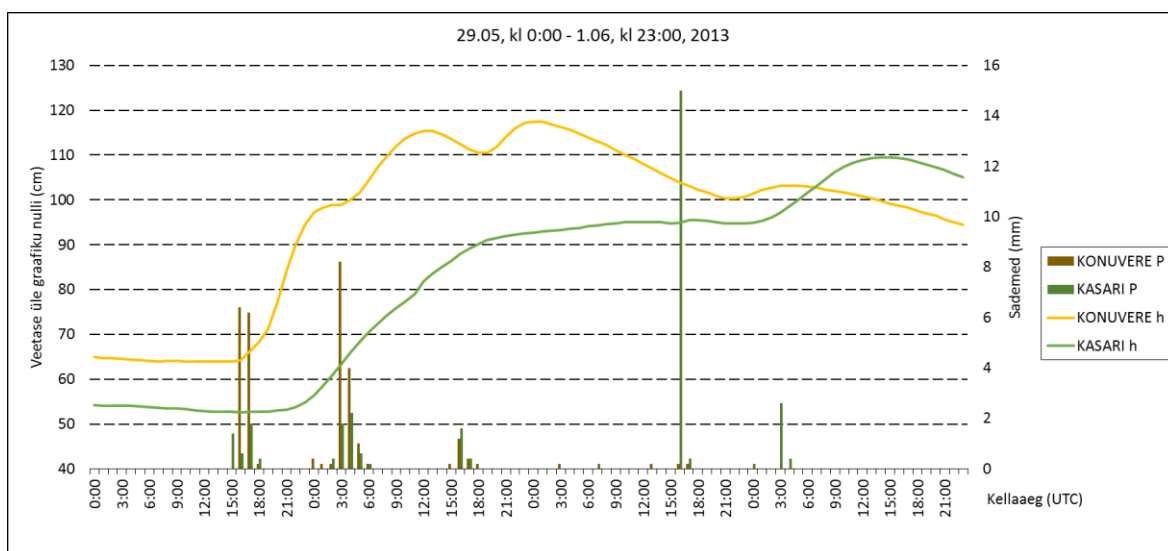
Lääne-Eesti oli Eesti keskmisega võrreldes mõnevõrra sajusem, kui Lääne-Nigulas mõõdeti aprilli-oktoobri sademete summaks 384 mm ja Virtsus 372 mm (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2014). Kasari automaatjaam mõõtis mai-oktoobri sademete summaks 364 mm, kusjuures augustis sadas 127 mm. Valgu ja Konuvere jaamades sadas kuue kuu jooksul maha vastavalt 341 mm ja 377 mm. Vaatamata mõnevõrra sajusemale aastale, suuri tulvasid ei tekkinud ja veetase oli üldiselt allpool pikaajalist keskmist (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2014). Kasari jõgikonnas võib rääkida ühest tulvast mai lõpus.

## **29. mai – 1. juuni**

2013. aasta ainus tulvajuhtum oli 29.05-01.06 kui nelja ööpäevaga sadas 30 mm, millest valdav enamus tuli 29. mai ööl vastu 30. maid. Sademetest tingituna hakkas Vigala jõe veetase kiiresti tõusma, kõige kiirem veetaseme tõus oli 29.05 õhtul (kl 19-23 UTC), kui nelja tunniga kerkis veetase 23 cm. Antud tulvajuhtumi teeb huvitavaks see, et sel oli nii-öelda kaks tippu – esimene neist oli 30.05 lõunal, kui veetase oli kerkinud 115 cm üle graafiku nulli ehk 50 cm võrreldes tulva eelse veetasemega (joonis 6.16). Seejärel veetase langes 5 cm. Teine tipp oli 30. mai keskööl, kui veetase hakkas uuesti hilisõhtul kerkima, saavutades oma tipu 117 cm peal graafiku nulli suhtes.

Kasari veetaseme käik oli selgelt erinev Konuvere omast (joonis 6.16). Kuigi oli pisut sademeid ka Kasari lävendis, siis esimene veetaseme tõus oli pigem tingitud Vigala jõe tulvavetest, mis Kasari jõe veetaset tõstis. 31. maiks (kl 12 UTC) oli Kasari veetase 95 cm üle jaama nulli ning püsis stabiilsena kuni neli tundi hiljem mõõdeti tunniseks sademete hulgaks 15 mm, mis omakorda tõi kaasa järjekordse veetaseme tõusu. Kasari tipp saabus 1. juunil, kl 15 UTC, kui veetase oli 110 cm üle jaama nulli, olles ajavahemiku jooksul kerkinud 57 cm (Lisa 1).

Sademed olid suhteliselt lokaalsed, Lääne-Nigula ja Kuusikul olid tugevad sajuhood, Virtsus aga ei sadanud peaaegu üldse (Lisa 1).



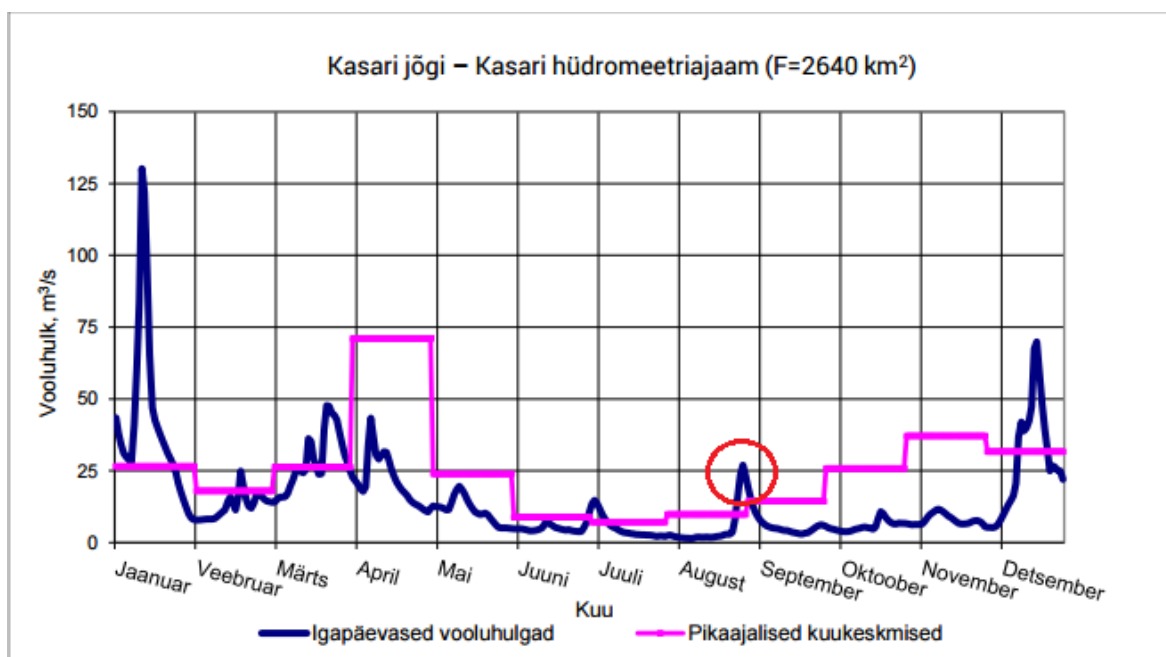
Joonis 6.16. 29.05 – 01.06, 2013 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Konuvere ja Kasari hüdrometriaamades.

## 6.8 AASTA 2014

2014. aasta soe poolaasta (aprill-oktoober) oli keskmisest soojem, kuid pisut kuivem. Sademeid kogunes Eestis soojal poolaastal keskmiselt 390 mm (norm 422 mm). Normidega võrreldes olid kuivemad kuud aprill, juuli, september ja oktoober, kui sademete hulk moodustas kuni 60% normist. Eriti sajune oli august, kui Eesti keskmiseks arvutati 124 mm sademeid (norm 75 mm) (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2015a). Selline sademete ebäühtlane jaotumine oli nähtav ka jõgedes, kui kuiva aprilli tõttu moodustasid jõgede vooluhulgad moodustasid kuni 50% pikaajalisest keskmisest ning tugevamate sajuhoogude tagajärjel jõudsid vooluhulgad keskmise lähedastele näitudele (Hüdroloogiline bulletin, 2014a). Juuli alguses ja augusti teises pooles tõid sademed kaasa jõgedes veetaseme tõusu, kusjuures mõne jõe (Kasari, Kunda, Pärnu ja Leivajõgi) aasta maksimum saabus augustikuu suurte sajuhoogudega (Hüdroloogiline bulletin, 2014b). Sooja poolaasta viimased kuud olid keskmisest sademetevaesemad (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2015a), mistõttu jätkus jõgedes madalseis, mõnel (Tagajõgi ja Alajõgi) juhul langes veetase lausa ajaloolise miinimumini lähedale (Hüdroloogiline bulletin, 2014b, 2015a).

Lääne-Eestis ning Kasaril oli soe poolaasta keskmisest sademetevaesem, kõige sajusem oli Kuusikul, kus sademeid mõõdeti 399 mm (norm 469 mm). kõige kuivem oli Virtsus, kus sademete summaks mõõdeti 281 mm (norm 388 mm) (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2015a). Kasaril mõõdeti kuue kuu (mai-oktoober) sademete summaks 311 mm. Kõigi mõõdejaamade puhul oli sajuseim kuu august, kui sademeid oli 81-133 mm (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2015a). Augusti lõpust pärineb ka ainuke 2014. aasta tulvajuhtum Kasari jõgikonnas, mis avaldus Konuvere ja Kasari hüdrometriaamade veetasemete näitudes (joonis 6.17). Sademete vähesus viis Kasari jõe veetaseme ning

vooluhulga pikaajalisest keskmisest madalamale enamuse soojast poolaastast (Hüdroloogiline bulletin, 2015a).

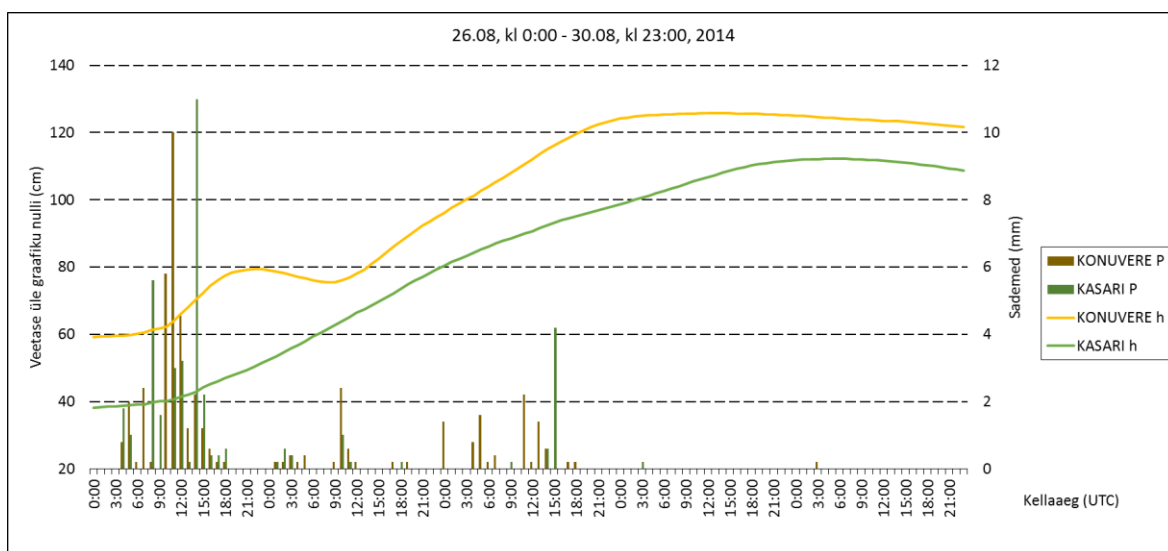


Joonis 6.17. Kasari jõe 2014. aasta vooluhulgad võrdluses pikaajalise keskmisega. Ringiga on tähistatud augustikuu tulvajuhtum. (Hüdroloogiline bulletin 2014 IV kvartal).

## 26. – 30. august

2014. aasta ainuke tulvajuhtum toimus Konuveres ja Kasaril, 26.-30. augustil. Pärast mitmepäevast sajuperioodi, kui Kasaril sadas viie ööpäeva jooksul (26.08-30.08) vihma 38,8 mm, Konuveres 46,2 mm, Lääne-Nigulas 20,1 mm ja Kuusikul 31,7 mm (Lisa 1), hakkasid Vigala ja Kasari jõgede veetasemed tõusma. Kasari jões hakkas veetase kerkima sajuperioodi ajal, kerkides nelja ööpäeva jooksul 73 cm (joonis 6.18). Veetase saavutas oma tipu 30. augusti varahommikul, olles 112 cm üle graafiku nulli. Sama kuupäeva õhtuks oli veetase seal langenud neli sentimeetrit.

Sarnaselt Kasarile, hakkas Vigala jõe veetase tõusma Konuveres samuti sajuperioodi ajal. Veetaseme tõus oli märkimisväärne, kerkides 50 cm kahe ööpäeva jooksul (joonis 6.18). Huvitav on asjaolu, et veetase hakkas Kasaril kerkima varem kui Vigala jões ning veetase Konuveres jaama juures saavutas oma tipu 29. augusti hommikul ehk ööpäev varem võrdluses Kasariga.



Joonis 6.18. 26.08 – 30.08, 2014 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Konuvere ja Kasari hüdromeetriaamades.

## 6.9 AASTA 2015

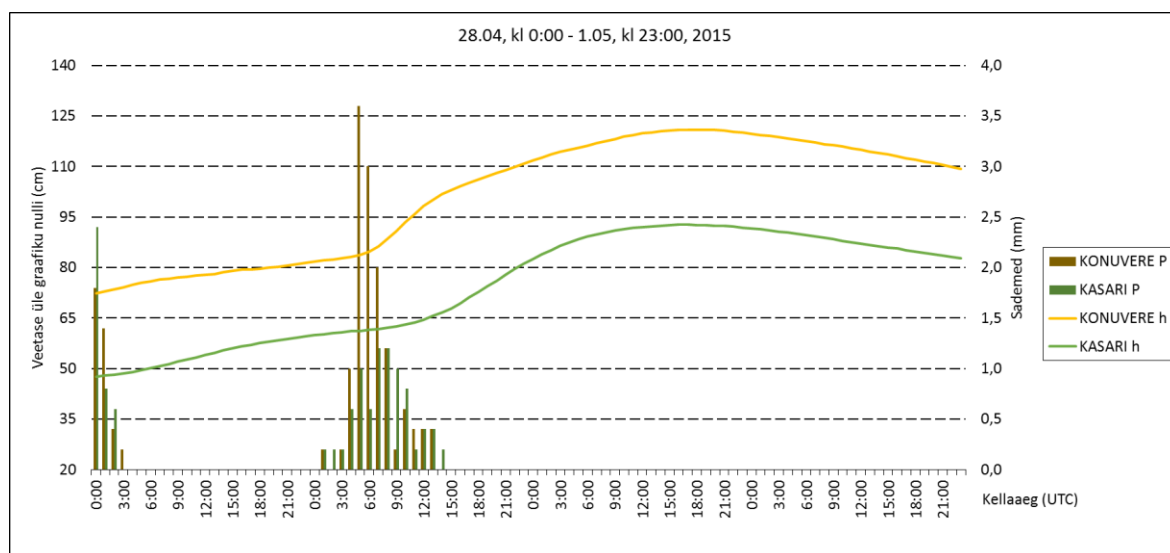
Eestis sadas soojal poolaastal keskmiselt 331 mm (norm 430 mm). Keskmisest sajusemad kuud olid aprill ja juuli, kuid eriti kuiv oli oktoober, kui kuu keskmine sademete summa oli 12 mm (norm 73 mm). August oli samuti sademetevaene ja keskmine sademete hulk oli 36 mm (norm 83 mm) (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2015b). Kuigi aprill oli sademeterikkam, siis kuu keskmised ja maksimaalsed tasemed jõgedes jäid pikaajalisele keskmisele valdavalt alla (Hüdroloogiline bulletin, 2015b). Kevadsuvine periood oli pigem sademetevaene, seda eelkõige juuni näol, kui keskmine sademete hulk oli 45 mm (norm 68 mm) (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2015b) ning see avaldas mõju ka jõgede veetasemetele, mis enamjaolt olid pikaajalisest keskmisest madalamad (Hüdroloogiline bulletin, 2015b). Pärast vihmast juulikuud järgnesid kuivemapoolsed kolm kuud (august-oktoober), mil õhutemperatuur oli ka keskmisest kõrgem (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2015b). Kui välja jätta vähesed erandid (Keila, Kasari, Ahja), siis veetase jäi madalamaks ning III kvartali äravool oli vaid 50% pikaajalisest keskmisest (Hüdroloogiline bulletin, 2015c). Eriti kuiv oktoober tõi kaasa jõgede veetaseme languse üle Eesti (Hüdroloogiline bulletin, 2016).

Lääne-Eesti ja Kasari ümbruses olid sademete hulgad Eesti keskmisest väiksemad. Enim sadas Kuusikul (377 mm) ja kõige vähem Virtsus (279 mm) (Eesti Meteoroloogia Aastaraamat, 2015b). Kasari hüdromeetriaamamas mõõdeti mai-oktoobri perioodi sademete summaks 295 mm. Kuigi sademeid oli alates juunist pigem vähe, siis Kasari jõe veetase oli pikaajalisel keskmise tasemel (Hüdroloogiline bulletin, 2015b) ning juulist septembrini oli Kasari jõe veetase isegi keskmisest kõrgem (Hüdroloogiline bulletin, 2015c). Väga kuiva oktoobri tagajärjel (Kasari jaama sademete kuu summa 10 mm) langes veetase Kasaril alla

keskmise (Hüdroloogiline bulletin, 2016). Siiski oli Kasari jõel eristatavad kaks tagasihoidlikku tulvajuhtumit.

## 28.aprill – 1.mai

2015. aasta esimene tulvajuhtum leidis aset volbri paiku (28.04-01.05), kui nii Kasari kui Konuvere hüdromeetriaajaam registreerisid märgatava veetaseme tõusu, mille põhjuseks olid 28. ja 29. aprilli sademed. Kasaril sadas kahe ööpäevaga maha 12 mm ja Konuveres 17 mm. Mõlema hüdromeetriaajama veetaseme tõusu käik on väga sarnane, praktiliselt paralleelsed (joonis 6.19). Mõlema jaama tulva maksimumid mõõdeti 30. aprilli pärastlõunal.



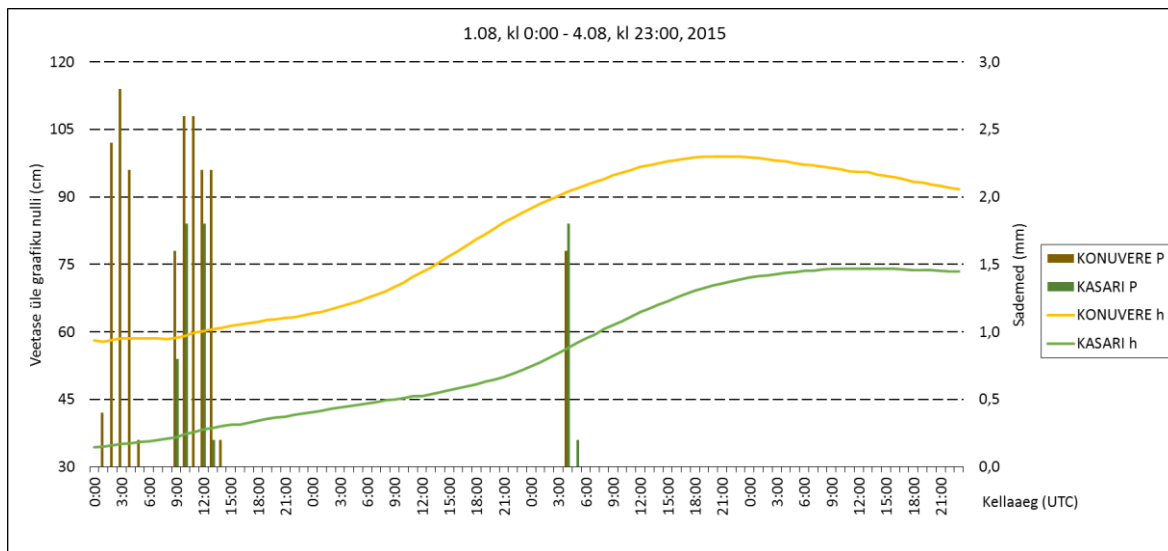
Joonis 6.19. 28.04 – 1.05, 2015 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Konuvere ja Kasari hüdromeetriaamades.

## 1.-4. august

Teine 2015. aasta tulvajuhtum toimus Konuveres ja Kasaril, kui 1. augustil sadas Konuvere 15 tunniga 19 mm. Veetaseme tõus ei alanud kohe, vaid hakkas pihta 2. augusti pärastlõunast ning saavutas maksimumi 3. augusti hilisõhtul. Tulvale andis hoogu ka vastu 3. augusti hommikut maha sadanud 1,6 mm vihma (kell 4 UTC). Kolme ööpäeva jooksul kerkis veetase 41 cm (joonis 6.20), jõudes pea meetrini üle graafiku nulli. Selline viibiv veetaseme tõus võib viidata sellele, et pinnas ei olnud veel veest küllastunud, mistõttu osa veest imbus maapinda ning valgus alles hiljem jõeorgu. Antud tulvajuhtumi puhul leiab sarnasusi ka volbritulva muustriga, kui esialgu veetase kerkis aeglasemalt, ligi ööpäev hiljem kiirenes.

Kasari lävendis oli samuti märgata suuremat veetaseme tõusu, kui veetase kerkis 40 cm võrra (joonis 6.20). Vaadeldava nelja ööpäeva sademete summaks mõõdeti 6,6 mm. Võrdluses teiste jaamadega, mõõdeti Lääne-Nigulas sama ajavahemiku sademete hulgaks 10,6 mm,

Kuusikul 23,5 mm ja Virtsus 5,5 mm (Lisa 1). Ilmselt oli Kasari lävendi veetaseme tõusu põhjuseks pigem Vigala jõe tulvavesi, kuna Kasari lävendi sademete hulgast on raske eeldada 40 cm veetaseme tõusu.



Joonis 6.20. 1.08 – 4.08, 2015 tulvajuhtumi sademed (P) ja veetasemed (h) Konuvere ja Kasari hüdroomeetriaamades.

## 7. ARUTELU

Kokku sai perioodil 2007-2015 eristatud 22 tulvajuhtumit, osa neist võib tegelikult pidada sügisteks suurveejuhtumiteks. Kasaril jõgikonnas on tulvajuhtumid jaotunud ajas ja ruumis ebaühtlaselt. Kuivematel aastatel oli üks-kaks tulvajuhtumit, kuid sajusematel aastatel oli neid rohkem. Näiteks 2009. aastal oli Kasari jõgikonnas kokku kuus tulvajuhtumit, suvekuudele langes kuuest juhtumist neli. Osad tulvad oli täheldatavad kõigis kolmes jaamas, mõnede puhul aga ainult Kasari lävendis.

Kuigi andmetes esines paar olulist puudujääki, kui Valgus olid andmed puudu alates 2014. aasta juunist kuni vaadeldava perioodi lõpuni ja Kuusikul perioodil juuli 2009 – oktoober 2010, annavad Kasari lävendite tulvajuhtumid hea ülevaate jõgikonnas toimuvast. Võib siiski oletada, et Valgu andmeaugus jäi analüüsist välja mõni tulv. Kuusiku andmeaugu aga sai kuude lõikes osaliselt kaetud meteoroloogia aastaraamatute andmete põhjal. Teiseks mõõtsid jaamad eriskummalisi sademete hulkasid, näiteks Valgu hüdromeetriaajas mõõdeti kahel korral tunni sademete hulgaks üle 40 mm ja Kasari hüdromeetriaajas mõõdeti 2010. aasta augustis 223 mm sademeid. Eesti kontekstis on need äärmiselt ebatõenäolised sademete hulgad, mis viitab ilmselt jaama mõõtmisveale. Sademete intensiivsus üle 30 mm/h tekitab juba märkimisväärseid purustusi taristutes (Tammets, 2008).

Tulvajuhtumid registreeriti valdavalt Konuvere ja Kasari lävendites. Vaid seitsmel juhul esines märkimisväärset veetaseme tõusu kõikides hüdromeetriaamades samal ajavahemikul. Kasari jõgikonna tulvade põhjusteks eelkõige on paduvihmad, samas ei toonud alati tugevad sajuhood kaasa tulvajuhtumit. Eriti ilmekalt paistis see välja Valgu andmetest, kui mitmel juhul mõõdeti tunniseks sademete hulgaks enam kui 15 mm, kuid tulva sellele ei järgnenud. Nagu mainitud, võib osaliselt selle taga olla mõõtmisvead, ent teisalt näitab see, et tulvad on oluliselt keerulisem protsess kui otsene seos paduvihm -> tulv.

Üllatavaks võib pidada 2008. ja 2009. aasta võrdlust tulvajuhtumite esinemise arvukuse osas. Kui 2008. aastal kolm tulvajuhtumit, siis 2009. aastal oli neid juhtumeid kokku kuus, kuigi 2008. aasta oli uuritava perioodi sajuseim aasta, kui Lääne-Eesti jaamades mõõdeti soojal poolaastal keskmiselt 560 mm. 2009. aasta ei jäänud palju alla – siis oli Lääne-Eesti sooja poolaasta keskmine sademete summa 549 mm. See viitab selgelt sellele, et seos sademete hulga ja tulvajuhtumite arvu vahel on keerulisem kui see, et mida sademeterikkam soe poolaasta seda enam tulvasid esineb.

Kasari jõgikonna lävendite tulvade ühisosaks võib pidada seda, et veetase tõuseb suhteliselt aeglaselt paar-kolm päeva peale paduvihma. Veetaseme tõusu kiiruseks on tavaliselt ca 2 cm/h. Harvemad olid juhused, kus veetase tõusis 12 tunniga enam kui 30 cm. Vaid paaril korral oli veetaseme tõusu kiirus 7 cm/h. Veetõusud Kasari jõgikonnas on suhteliselt aeglased, olles iseloomulikud tasandiku jõele. Tulvakiirused ilmselt otsest ohtu ei tekita. Automaatjaamades tunni täpsusega mõõdetud veetaseme ja sademete andmed annavad meile uut ja detailsemat teavet tulvade kujunemisest. Kuna tulvad kujunevad Kasaril

suhteliselt aeglaselt, siis ei saa öelda, et tunniandmed oleksid tulvajuhtumeid võrreldes varasema meetodikaga juurde andnud. Teine faktor, mis ühendab Kasari lävendeid tulvade osas, on sademed, mis olid peamine, kui mitte ainuke põhjus, mis tulvasid põhjustas, otseselt või kaudselt (ühest lävendist teise kanduvad vihmaveed). Kuigi tuleb vaadata ka pisut kriitilisema pilguga tulvajuhtumeid. Näiteks Kasari tulv 2010. aasta augustis (18. – 20. 08), kus veetase kerkis 18. ja 19. augustil 45 cm, kuid kolme tunniga (18.08, kl 16-18 UTC) sadas vihma automaatjaama andmete järgi terve kuu normi jagu, mis seab selle perioodi sademete andmed tõsise kahtluse alla.

Suurim erinevus tulvajuhtumite puhul oli Valgu veetaseme märksa väiksem tõus, võrreldes Kasari ja Konuvere veetaseme tõusudega. Kogu perioodi jooksul kerkis Valgu veetase vaid kahel korral (seitsmest seal mõõdetud tulvast) enam kui 50 cm (2008. aasta oktoobris ja 2012. aasta mais). Valgu tulvade keskmine veetaseme tõus on 35 cm, aga Kasaril ja Konuveres on need näitajad kaks korda kõrgemad, vastavalt 70 cm ja 68 cm. Kahjuks pole autoril kasutada andmeid nende kolme hüdromeetriaama kriitiliste veetasemete kohta, st et pole teada, milline veetase tekitab üleujutust, mistõttu pole Kasari, Konuvere ja Valgu veetasemed võrreldavad. Põhimõtteliselt võib Valgu lävendis 55 cm veetaseme tõus tekitada üleujutusohtriku olukorra, Kasaril aga kindlasti mitte. Ilmekalt toovad erinevuse välja ka Kasari ja Konuvere suurimad veetaseme tõusud, mis mõlemas jaamas olid neljal korral enam kui 100 cm, mida käesolevas töös on defineeritud kui ohtliku tulva. Konuvere suurim veetaseme tõus oli 136 cm (2008. aasta oktoobri lõpus) ja Kasaril 133 cm (2009. aasta augusti keskel). Viimase näite puhul tõusis veetase Kasari graafiku nulli suhtes 173 cm kõrgusele, st viis korda kõrgem kui Kasari augusti pikaajaline keskmine veetase, kuigi augusti absoluutsest maksimumist jäi veetase 41 cm madalamaks (tabel 2). Jällegi, kuna me ei tea Kasari lävendi kriitilist veetaset (mis oleks pidanud ära määrama vastavalt Keskkonnaministri määrusele aastast 2004, RTL, 2004), siis ei saa ka öelda, et see veetaseme tõus oleks tekitanud Kasaril üleujutust.

Samamoodi võib välja tuua 2008. oktoobri lõpu tulva, kui Kasari ja Konuvere lävendites tõusid veetasemed mõlemal juhul kõrgemale kui 200 cm jaama nullist. Kuigi Kasari veetase oli enne sügistulva oli märkimisväärselt üle keskmise, kui jaama nulli suhtes oli veetase 76 cm (pikaajaline keskmine on 57 cm), tipp hetkel püsis Kasari lävendis veetase mitu ööpäeva 206 cm üle jaama nulli, mis jääb absoluutsele maksimumile alla kõigest 10 sentimeetriga.

Kõige klassikalisem tulvajuhtum oli 21. – 23. mai (2012), mil paduvihma tagajärjel tõusis veetase kõigepealt jõe ülemjooksu kirjeldavas Valgu lävendis. Mõni tund hiljem tõusis veetase jõe keskjooksu kirjeldavas Konuveres ja 17 tundi peale Valgu maksimumi jõudis veetase maksimumini jõe alamjooksul Kasaril. Ülejäänud 21 juhtumi puhul nii klassikalist veetaseme tõusu mustrit märgata ei olnud.

## 8. KOKKUVÕTE

Käesolevas töös uuriti Kasari jõgikonna tulvajuhtumeid perioodil 2007-2015, kasutades kuue automaatjaama veetaseme ja sademete tunniandmeid – Virtsu, Lääne-Nigula, Kuusiku, Kasari, Konuvere ja Valgu. Keskkonnaagentuuri vahendusel saadud andmetest sorteeriti välja 1.04, kell 0 UTC – 31.10, kell 23 UTC ajavahemiku sademete hulgad ja veetasemed, mille alusel tehti kindlaks Kasari lävendites (Kasari, Konuvere ja Valgu) esinenud tulvajuhtumid. Tulvajuhtumid määrati aegridadest visuaalselt. See tähendab, et tulvajuhtumiks kuulutati sellised olukorrad, kus veetase tõusis eelneva perioodi taseme suhtes silmatorkavalt järsult. Uuritaval perioodil tuvastati koos suurvee juhtumitega kokku 22 uuritavat juhtumit. Suurveeks nimetati olukord, kui järsule veetaseme tõusule ei järgnenud oodatavat kiiret veetaseme langust. Kõige enam oli tulvajuhtumeid aastatel 2009 ja 2012, mil aastane tulvajuhtumite arv oli vastavalt kuus ning neli. 13 uuritav kõikidest tulvajuhtumitest langesid suvekuudele (juuni-august). Kuude lõikes oli enim tulvi augustis.

Töö käigus selgus, et sooja poolaasta sademete hulga ja tulvade esinemise sageduse vahel ei ole selget seost. Osaliselt on see ilmselt tingitud automaatjaamade mõõtmisvigadest, mis kohati andis ebausaldusväärset kõrgeid sademete hulkasid ühe tunni kohta.

Üks peamistest järeldustest on, et Kasari jõgikonna tulvajuhtumite puhul on veetaseme tõus mitme ööpäeva pikkune protsess. Intensiivse veetaseme tõusuga tulvad olid pigem erandlikud juhud.

Tulvade tase sõltus rohkem sellest, kui pikk oli parajasti tulvale eelnev sajuhoogu kestus ning kui suur oli sademete summa. Väga intensiivsed sademed, kus sademete hulk oli enam kui 25 mm/h, ei toonud alati kaasa nii võimsaid tulvasid kui pikaajalised sajuhood. Samas tuleb välja tuua ka asjaolu, et sellised sademete hulkade näidud võisid olla automaatjaamade vead.

Tulvajuhtumid ilmnesis enamasti Konuvere ja Kasari lävendites. Kõikidest tulvadest vaid kolmandik registreeriti Valgu hüdromeetriaajas. Kasari lävendis registreeriti ära kõik 22 tulvajuhtumit, Konuveres 19 tulvajuhtumit.

Käesolevas töös defineeriti ohtlikuks need tulvad, mille korral veetase tõusis 100 cm ja rohkem. Selliseid tulvasid esines ainult Kasaril ja Konuveres. Kokku oli vaadeldavatel aastatel kummaski lävendis neli ohtlikku tulvajuhtumit. Kuna neis lävendites pole teada ohtliku veetaseme piiri, siis ei saa öelda, kas need tulvad tekitasid ka üleujutust.

Analüüsid sademete ja veetasemete tunniandmed ning nende võrdlus annavad tulevikus võimaluse senisest detailsemate äravoolumudelite koostamiseks.

## **SUMMARY**

### **Kasari River flash floods in warm half-year in period of 2007-2015**

**Egert Indres**

The aim of this research was to identify any flash floods that occurred in Kasari River basin during warm half-year (April-October) of the period between 2007-2015, by using the data from National Weather Service. In order to identify flash flood cases that happened during the warm season, National Weather Service provided the data from six stations situated in Western Estonia (Virtsu, Lääne-Nigula, Kuusiku, Kasari, Konuvere and Valgu). From the data was sorted out precipitation and water levels between 1st April, 0:00 UTC and 31st October, 23:00 UTC.

Three stations are situated in Kasari River basin – Kasari, Konuvere and Valgu, these stations were main ones, where from flash flood cases were identified and analyzed. Other three (Lääne-Nigula, Kuusiku, Virtsu) provided supportive precipitation data to river basin stations precipitation data.

In total, 22 flash flood cases were found during 2007-2015, which lasted between two and seven days. 13 flash flood cases were registered during summer months (June-August). In monthly basis, August received the most flash flood cases, with seven. Two of the most dangerous flash floods were in October 2008 and August 2009. Both of these flash floods brought great water level rising in all three stations, particularly in Kasari and Konuvere stations, where water levels rose by more than 130 cm. Kasari station's water levels during the flash flood of October 2008 were just 10 cm below from its historical maximum.

Most of the flash flood cases were registered in Kasari and/or Konuvere station. Valgu's station registered roughly third of the total cases. Kasari station registered all 22 cases and Konuvere station's respective number was 19.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Alber, R. (2012). Sademete ööpäevane jaotus ning tunnisademete ja äikese vahelised seosed Eestis. Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituudi Geograafia osakond.
- Arukaevu, K. (koost.) (1986). Eesti NSV jõgede, ojade ja kraavide ametlik nimestik. Valgus. Tallinn. 72.
- Arukaevu, K. (1994). Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat, 26.kõide:32-42. Eesti jõgede äravoolurežiimist ja sünkroonsusest. Teaduste Akadeemia Kirjastus. Tallinn. 190.
- Barredo. J.I. (2007). Major flood disasters in Europe: 1950-2005. Nat Hazards 42(1):125-148.
- CEC (2006). Proposal for a Directive on the assessment and management of floods. Commission of the European Communities. COM(2006)15 final. Brüssel. 18.01.2006.
- Douben, N., Ratnayake, R. M. W. (2006). Floods, from Defence to Management: Symposium Proceedings:19-39. Characteristic Data on river floods and flooding; facts and figures. Taylor & Francis. Nijmegen. 393.
- Eesti meteoroloogia aastaraamat 2010. (2012a). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn. [http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2015/09/Aastaraamat\\_2010.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2015/09/Aastaraamat_2010.pdf) (22.04.2016)
- Eesti meteoroloogia aastaraamat 2011. (2012b). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn. [http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat\\_2011.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat_2011.pdf) (22.04.2016)
- Eesti meteoroloogia aastaraamat 2012. (2013). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn. [http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/aastaraamat\\_2012.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/aastaraamat_2012.pdf) (17.04.2016)
- Eesti meteoroloogia aastaraamat 2013. (2014). Keskkonnaagentuur. Tallinn. [http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/aastaraamat\\_2013.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/aastaraamat_2013.pdf) (17.04.2016)
- Eesti meteoroloogia aastaraamat 2014. (2015a). Keskkonnaagentuur. Tallinn. [http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2016/02/aastaraamat\\_2014.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2016/02/aastaraamat_2014.pdf) (16.04.2016)
- Eesti meteoroloogia aastaraamat 2015. (2015b). Keskkonnaagentuur. Tallinn. [http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2016/03/aastaraamat\\_2015.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2016/03/aastaraamat_2015.pdf) (16.04.2016)
- Fink, A. Ulbrich, U., Engel, H. (1996). Aspects of the January 1995 flood in Germany. Weather 51(2):34-39.

Hüdroloogiline aastaraamat 2007. (2008). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn.

[http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat\\_2007.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat_2007.pdf)  
(13.05.2016)

Hüdroloogiline aastaraamat 2008. (2009). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn.

[http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat\\_2008.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat_2008.pdf)  
(13.05.2016)

Hüdroloogiline aastaraamat 2010. (2011). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn.

[http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat\\_2010.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat_2010.pdf)  
(22.04.2016)

Hüdroloogiline aastaraamat 2011. (2012). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn.

[http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat\\_2011.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat_2011.pdf)  
(22.04.2016)

Hüdroloogiline aastaraamat 2012. (2013). Keskkonnaagentuur. Tallinn.

[http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat\\_2012.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat_2012.pdf)  
(17.04.2016)

Hüdroloogiline aastaraamat 2013. (2014). Keskkonnaagentuur. Tallinn.

[http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat\\_2013.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/HydroAastaraamat_2013.pdf)  
(17.04.2016)

Hüdroloogiline aastaraamat 2014. (2015). Keskkonnaagentuur. Tallinn.

[http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2016/01/HydroAastaraamat\\_2014.pdf](http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2016/01/HydroAastaraamat_2014.pdf)  
(17.04.2016)

Hüdroloogiline bulletään 2014 II kvartal. (2014a). Keskkonnaagentuur. Tallinn.

<http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2014/07/hb2kv.pdf> (16.04.2016)

Hüdroloogiline bulletään 2014 III kvartal. (2014b). Keskkonnaagentuur. Tallinn.

<http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2014/05/hb3kv2014.pdf> (16.04.2016)

Hüdroloogiline bulletään 2014 IV kvartal. (2015a). Keskkonnaagentuur. Tallinn.

<http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2014/05/hb4kv2014.pdf> (16.04.2016)

Hüdroloogiline bulletään 2015 II kvartal. (2015b). Keskkonnaagentuur. Tallinn.

<http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2014/05/hb2kv2015.pdf> (16.04.2016)

Hüdroloogiline bulletään 2015 III kvartal. (2015c). Keskkonnaagentuur. Tallinn.

<http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2014/05/hb3kv2015.pdf> (16.04.2016)

Hüdroloogiline bulletin 2015 IV kvartal. (2016). Keskkonnaagentuur. Tallinn. <http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2014/05/hb4kv2015.pdf> (16.04.2016)

Ilmateenistuse sademete hoiatuskriteeriumid - <http://www.ilmateenistus.ee/ilmatarkus/kasulik-teada/hoiatuste-kriteeriumid/> (30.03.2016)

Jonkman, S.N. (2005). Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Nat Hazards* 34:151-175.

Järvekül, A. (2001). Eesti jõed. Tartu Ülikooli Kirjastus. Tartu. 750.

Järvet, A. (2015). Emajõe pikk andmerida juhatab 150 aasta tagusesse aega. *Eesti Loodus* 2015(12):28-34.

Kron, W. (2002). Flood risk = hazard x exposure x vulnerability. In: Wu B, Wang ZY, Wang G, Huang GGH, Fang H, Huang J (eds) *Flood defence*. Science Press, New York.

Kütisaar, S. (1980). Kasari jõgikonna kliima. Diplomitöö. Tartu Riiklik Ülikool. Tartu. 100.

Loopman, A. 1979. Eesti NSV jõgede nimestik. Tallinn. 167. Meteoroloogiline seire 2007, II kvartal (2007a).

Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn. [http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/6699\\_Jaama\\_seire\\_II2007.xls](http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/6699_Jaama_seire_II2007.xls) (12.05.2016)

Meteoroloogiline seire 2007, III kvartal (2007b). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn. [http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/6975\\_EMHIIaama\\_seire\\_III2007.xls](http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/6975_EMHIIaama_seire_III2007.xls) (12.05.2016)

Meteoroloogiline seire 2007, IV kvartal (2007c). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn. [http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/7917\\_Jaama\\_seire\\_IV2007.xls](http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/7917_Jaama_seire_IV2007.xls) (12.05.2016)

Meteoroloogiline seire 2008, II kvartal (2008a). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn. [http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/8354\\_Jaama\\_seire\\_II2008.xls](http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/8354_Jaama_seire_II2008.xls) (12.05.2016)

Meteoroloogiline seire 2008, III kvartal (2008b). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn. [http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/8662\\_Jaama\\_seire\\_III2008.xls](http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/8662_Jaama_seire_III2008.xls) (12.05.2016)

Meteoroloogiline seire 2008, IV kvartal (2008c). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn. [http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/8908\\_Jaama\\_seire\\_IV2008.XLS](http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/8908_Jaama_seire_IV2008.XLS) (12.05.2016)

Meteoroloogiline seire 2009, II kvartal (2009a). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn.

[http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/9818\\_9751\\_aru09\\_1.1\\_andmedIIIkvartal.xls](http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/9818_9751_aru09_1.1_andmedIIIkvartal.xls)  
(12.05.2016)

Meteoroloogiline seire, III kvartal (2009b). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn.

[http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/9819\\_9750\\_aru09\\_1.1\\_andmedIIIkvartal.xls](http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/9819_9750_aru09_1.1_andmedIIIkvartal.xls)  
(12.05.2016)

Meteoroloogiline seire 2009, IV kvartal (2009c). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Tallinn.

[http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/10461\\_aru09\\_1.1\\_andmed\\_IVkvart.XLS](http://eelis.ic.envir.ee/seireveeb/aruanded/10461_aru09_1.1_andmed_IVkvart.XLS)  
(12.05.2016)

Mätlik, O., Post, P. (2008). Synoptic weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period 1961–2005. *Estonian Journal of Engineering* 14(3):195-208.

NOAA (2016). National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Definitions of flood and flash flood. <http://www.srh.noaa.gov/mrx/hydro/flooddef.php> (08.05.2016)

NSSL (2016). The National Severe Storms Laboratory Severe Weather 101. <http://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/floods/> (17.05.2016)

Perry, C.A. (2000). Significant floods in the United States during the 20th Century – USGS measures a century of floods. U.S. Geological Survey, Fact Sheet 024–00. March 2000.

Püüa, A. (1989). Kasari jõe valgala hüdrooloogiline ülevaade. Diplomitöö. Tartu Riiklik Ülikool. Tartu. 67.

Raukas, A. (1995). Eesti. Loodus. Eesti Entsüklopeediakirjastus. Tallinn. 606.

Reap, A. (1995). Eesti jõgede aastakeskmise äravoolu analüüs 1925-1990. Keskkonnaministeeriumi info- ja tehnokeskus. Tallinn. 26.

Rooväli, K. (2015). Väike, aga tige: novembritorm Gorm sügise selgroogu ei murdnud. <http://www.ohtuleht.ee/706327/vaike-aga-tige-novembritorm-gorm-sugise-selgroogu-ei-murdnud> (05.05.2016)

RTL (2004). Keskkonnaministri määrus 28.05.2004.a. määrus nr. 58. Suurte üleujutusala-dega siseveekogude nimistu ja nende siseveekogudel kõrgveepiiri määramise kord.

Statistikaamet. (2016). RV0241: Rahvastik soo, vanuse ja haldusüksuse või asustusüksuse liigi järgi, 1. jaanuar. Tallinn. [http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=RV0241&ti=RAHVASTIK+SOO%2C+VANUSE+JA+HALDUS%DCKSUSE+V%D5I+ASUSTUS%DCKSUSE+LIIGI+J%C4RGI%2C+1%2E+JAANUAR&path=../Database/Rahvastik/01Rahvastikunaitajad\\_ja\\_koosseis/04Rahvaarv\\_ja\\_rahvastiku\\_koosseis/&lang=2](http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=RV0241&ti=RAHVASTIK+SOO%2C+VANUSE+JA+HALDUS%DCKSUSE+V%D5I+ASUSTUS%DCKSUSE+LIIGI+J%C4RGI%2C+1%2E+JAANUAR&path=../Database/Rahvastik/01Rahvastikunaitajad_ja_koosseis/04Rahvaarv_ja_rahvastiku_koosseis/&lang=2) (18.05.2016)

- Tammets, T. (koost.) (2008). Eesti ilma riskid. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut, Tallinn. 152.
- Tammets, T., Jakovleva, O (2001). Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat, 33.köide:77-90. Eesti sademete intensiivsusest. Teaduste Akadeemia Kirjastus. Tallinn. 291.
- Tarand, A., Jaagus, J., Kallis, A. (2013) Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu Ülikooli Kirjastus. Tartu. 631.
- Tsyrunnikova, M. (2013). Lahustunud toitainete ja põhikomponentide pikaajaline dünaamika Kasari jões – seosed väetiste kasutamise intensiivsusega Eesti põllumajanduses. Bakalaureusetöö keskkonnatehnoloogias. Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituudi Geoloogia osakond. 24.
- Ulbrich, U., Fink, A. (1996) The January 1995 flood in Germany: Meteorological versus hydrological causes. *Physics and Chemistry of the Earth* 20(5-6):439-444.
- USGS (2005). Flood Definitions, U.S. Geological Survey, Kansas Water Science Center. <http://ks.water.usgs.gov/Kansas/waterwatch/flood/definition.html>

**LISA 1**

Kasari jõgikonna tulvade ja suurvete ülevaade aastatel 2007-2015. Veetaseme muutus on tulvaeelse miinimumi ja tulva maksimumi vahe. Sademed on antud tulvaperioodi kogusummana. Kriipsud (-) tähistavad andmete puudumist.

Tulva periood	KASARI veetaseme muutus (cm)	KASARI sademed (mm)	KONUVERE veetaseme muutus (cm)	KONUVERE sademed (mm)	VALGU veetaseme muutus (cm)	VALGU sademed (mm)	LÄÄNE- NIGULA sademed (mm)	KUUSIKU sademed (mm)	VIRTUSU sademed (mm)
28.05 – 1.06, 2007	27	31	52	11,4	12	28,2	13,2	29,7	14,2
12. – 17.10, 2007	63	34,6	71	36,4	22	40,6	24,4	31,9	17,8
4. – 7.08, 2008	91	1,6	36	35,8	27	54,8	28	37,7	21,2
12. – 16.08, 2008	118	48,4	101	55,4	36	79	27,8	51,1	30,8
26. – 31.10, 2008	130	51	136	74,8	59	83,2	36,8	61,5	32,6
4. – 7.06, 2009	62	21	36	26,6	24	33,4	23,8	20,6	28
13. – 17.06, 2009	79	27,8	91	40,2	25	42	43,2	42,5	27,4
19. – 24.07, 2009	23	35,6	40	42,6	6	60,8	58	-	39,4
14. – 20.08, 2009	133	29	129	56	23	50,2	18,4	-	27
3. – 6.10, 2009	104	46,7	111	49,2	32	44,4	59,6	-	30,2
18. – 22.10, 2009	79	17,6	83	39,2	35	44,2	28,6	-	15,8
17. – 18.05, 2010	24	26,8	17	24,2	6	-	3,2	-	1
18. – 20.08, 2010	44	119,8	4	17,2	3	25,6	36,4	-	22,4
27. – 31.07, 2011	50	47	27	86,2	25	54,6	40	43	15
21. – 23.05, 2012	58	2,2	32	22,4	55	52	0	1,7	0
1. – 3.06, 2012	43	32,8	15	19,6	6	12,2	26,4	7,6	30,1
23. – 28.06, 2012	55	36,8	29	39,6	18	41,2	56,8	40,6	37,7
15. – 19.07, 2012	92	22,4	96	61,2	28	56,8	42,8	86,3	26,1
29.05 – 1.06, 2013	57	30,2	54	29,8	19	33,6	42,5	1,8	13,3
26. – 30.08, 2014	74	38,8	67	46,2	-	-	20,1	31,7	38,8
28.04 – 1.05, 2015	45	12	49	17	-	-	11,5	15,8	10,2
1. – 4.08, 2015	40	6,6	41	21	-	-	10,6	23,5	5,5

**Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Egert Indres

\_\_\_\_\_ ,

*(autori nimi)*

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

\_\_\_\_\_

\_Sooja poolaasta tulvad Kasari jõgikonnas 2007-2015

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ ,

*(lõputöö pealkiri)*

mille juhendaja on \_\_\_\_\_ Mait Sepp

\_\_\_\_\_ ,

*(juhendaja nimi)*

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace´i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **23.05.2016**