



KESKKONNAMINISTEERIUM

# **Üleujutusohupiirkonna ja üleujutusega seotud riskipiirkonna kaardid**

Ajakohastamine

Tallinn 2019

Üleujutusohupiirkonna ja üleujutusega seotud riskipiirkonna kaartide koostamise eest vastutav ametnik:

Agne Aruväli

Keskkonnaministeeriumi veeosakonna peaspetsialist

(Tel: 6262968, e-post: agne.aruvali@envir.ee)

Üleujutusohupiirkonna ja üleujutusega seotud riskipiirkondade kaartide koostamisel osalesid:

- 1) Keskkonnaagentuuri Hüdroloogiaosakond (tõenäosusstsenaariumite arvutamine) ja Andmehaldusosakond (üleujutusega seotud riskipiirkonna kaardikihtide jaoks andmete analüüs ja kaardikihtide moodustamine);
- 2) Maa-ameti Geoinformaatika osakonna Geinfosüsteemide büroo (üleujutusohupiirkonna kaardikihi moodustamine, üleujutusega seotud riskipiirkonna kaardikihtide jaoks andmete analüüs ja kaardikihtide moodustamine, üleujutuse rakenduse ajakohastamine);
- 3) Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituut (Tareste lahe veetasemete modelleerimine ning tõenäosusstsenaariumite arvutamine ja Haabersti ning Põhja-Tallinna linnaosade tõenäosusstsenaariumite ülevaatamine.);
- 4) Tallinna Ülikooli Ökoloogia keskus ja Tartu Ülikooli Geograafia osakond ( Raasiku alevikus Jõelähtme jõe üleujutuste tõenäosusstsenaariumide arvutamine ja kaardistamine).

Täname üleujutusega seotud riskipiirkonna kaartide koostamiseks vajaminevate andmete eest Haridusministeeriumi, Politsei- ja Piirivalveametit, Päästeametit, Statistikaametit, Sotsiaalkindlustusametit ja Terviseametit.

## Sisukord

1. Sissejuhatus .....	4
2. Üleujutusohupiirkonna kaartide koostamine .....	5
2.1. Tõenäosusstsenaariumite arvutamine riskipiirkondadele .....	5
2.2. Tarestelahe (Kärdla linn) mereveetasemete modelleerimine ja tõenäosusstsenaariumite arvutamine ja veetasemete tõenäosusstsenaariumite hinnangu uuendamine Tallinna linna Haabersti, Põhja-Tallinna linnaosadele .....	6
2.3. Raasiku alevikus Jõelähtme jõe üleujutuste tõenäosusstsenaariumite arvutamine .....	7
2.4. Üleujutusohupiirkonna kaardikihi moodustamine maapinna kõrgusmudel (DEM) põhjal .....	8
2.5. Kliimamuutused .....	12
2.5.1. Prgnoositud muutused tulevikus .....	12
2.5.2. Kliimamuutuste arvesse võtmine kaardistamisel .....	16
3. Üleujutusega seotud riskipiirkonna kaartide koostamine .....	17
3.1. Rahvaarvu andmed .....	17
3.2. Majandustegevuse andmed .....	19
3.3. Kompleksloa käitised, reoveekäitised, pinnaveehaarded, suplusveekogud, tundlikud objektid, Looduskaitsealad, Natura 2000 alad, kultuurimälestised ja muinsuskaitsealad .....	19
4. Kokkuvõte .....	22
5. Viited .....	24
Lisa 1. Kasutatud vaatlusandmerekad ja jaotusfunktsioonid .....	25
Lisa 2. Moodustatud Üleujutusohupiirkonna kaardid .....	29
Lisa 3. Üleujutusosaladel asuvad tundlikud objektid .....	38

## 1. Sissejuhatus

Üleujutusega seotud riskide hindamist ja maandamist alustati 2007. aastal. Samal aastal jõustus Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2007/60/EÜ üleujutusrisiki hindamise ja maandamise kohta (edaspidi üleujutuste direktiiv). Üleujutusega seotud maandamist korraldatakse kolmes etapis: üleujutusega seotud riskide hindamine, üleujutusohupiirkonna ja üleujutusega seotud riskipiirkondade kaartide koostamine ning üleujutusega seotud riskide maandamiskavade väljatöötamine ja rakendamine.

2018. aastal ajakohastati üleujutusega seotud riskide hinnang. Hinnangu ajakohastamiseks kaardistati aastatel 2011–2017 asetleidnud üleujutused Eestis, eristati neist olulised üleujutused ja hinnati tulevaste üleujutuste võimalikke kahjulikke tagajärgi ning esinemise tõenäosust, samuti vaadati läbi eelmisel tsüklil tehtud otsused ja ajakohastati riskipiirkonnad. Üleujutusega seotud riskide hindamise ajakohastamise tulemusel määrati 16 olulist riskipiirkonda.

Riskipiirkonnad Lääne-eesi vesikonnas:

- Pärnu linn;
- Võiste alevik;
- Häädemeeste alevik;
- Virtsu alevik;
- Kuresaare linn ja Nasva alevik;
- Kärkla linn;
- Haapsalu linn;
- Tallinna linn (Haabersti, Põhja-Tallinn, Kesklinn ja Pirita);
- Kiisa alevik ja Maidla küla;
- Maardu linn;
- Paide linn;
- Sindi linn;
- Raasiku alevik;

Riskipiirkonnad Ida-Eesti vesikonnas:

- Tartu linn;
- Aardlapalu küla,
- Võru linn.

Koiva (EE3) vesikonnas ei ole ühtegi riskipiirkonda.

Käesoleva töö eesmärgiks on koostada üleujutusohupiirkonna ja üleujutusega seotud riskipiirkonna kaardid, mis näitavad veetasemete tõenäolist tõusu 10, 50, 100 ja 1000 aasta jooksul ning kirjeldavad võimalikke kahjulikke tagajärgi.

## 2. Üleujutusohupiirkonna kaartide koostamine

Üleujutusohupiirkonna kaardid hõlmavad geograafilisi alasid, mis näitavad veetaseme tõenäolist tõusu 10; 50; 100 ja 1000 aasta lõikes. Iga stsenaariumi kohta esitatakse üleujutuse ulatus ja veetase.

### 2.1. Tõenäosusstsenaariumite arvutamine riskipiirkondadele

Veetasemete tõenäosusstsenaariumite arvutamiseks valiti kõigepealt olemasolevate hüdro meteoroloogiliste vaatluste hulgast piisava representatiivsusega vaatlusandmerekad. Arvutuste tegemisel kasutati Keskkonnaagentuuri kogutud andmeid. Tõenäosusstsenaariumite arvutamisel on järgitud Maailma Meteoroloogia Organisatsiooni (WMO) juhendmaterjalidest ja soovitudest.

Vaatlusandmete puudumisel valiti analoogpunkt. Analoogpunkti valimise kriteeriumid olid järgmised: valgla füüsilis-geograafiline sarnasus; äravoolu tingimuste kujunemise homogeensus; pinnaseomaduste sarnasus; hüdrogeoloogiliste olude sarnasus; järvesuse, metsasuse, soisuse ja põllumaa osakaal valglast; äravoolu moonutavate faktorite olemasolu.

Töös kasutatud vaatlusandmerekad (Lisa 1), nii uuritavad kui ka analoog read, olid valdavalt enam kui 30 aastat pikad (maksimaalne 149 aastat).

Vaatlusandmete põhjal koostati empiiriline ületustõenäosuskõver ja määrati teoreetilise ületustõenäosuskõvera parameetrid (vaadeldava parameetri aritmeetiline keskmine, assümmeetriakoeffitsient, variatsioonikoeffitsient). Teoreetilise ületustõenäosuskõvera parameetrite järgi leiti jaotusfunktsioon teoreetilise kõvera joonistamiseks. Kasutatud jaotusfunktsioonid on loetletud Lisas 1. Seejärel konstrueeriti teoreetiline ületustõenäosuskõver ja kõveralt leiti vajalikud ületustõenäosusega veetasemed (Lisa 1). Analoogpunkti vaatlusandmete põhjal koostati samuti empiiriline ja teoreetiline kõver, ning leiti vajalikud ületustõenäosusega veetasemed. Tulemused kanti üle uuritavasse punkti. Veetasemed on esitatud EH2000 kõrgussüsteemis.

Kahel riskipiirkonnal (Maardu linn ja Kärkla linna jõe stsenaariumid) jäeti samaks. Nendes kahes piirkonnas puuduvad vaatlusandmerekad. 2013.aastal üleujutusohupiirkonna kaartide koostamise raames teostati nendes piirkondades rekognostseerimistööd, intervjueriti kohalikke elanikke ja/või omavalitsustöötajaid ja Kärkla linnas Nuutri jõel teostati ka lisa mõõtmised tehnilise niveleerimise teel. Lisaks rekognostseerimistöodele töötati läbi ka arhiivi materjale, s.h. kaardimaterjale, episoodilisi vaatlus- ja mõõtmisandmeid. 6 aastat on piisavalt lühikene aeg, et antud tulemused kehtivad endiselt.

## **2.2. Tareste lahe (Kärdla linn) mereveetasemete modelleerimine ja tõenäosusstsenaariumite arvutamine ja veetasemete tõenäosusstsenaariumite hinnangu uuendamine Tallinna linna Haabersti, Põhja-Tallinna linnaosadele**

Minevikus on Kärdla linnas toimunud ainult jõe sängist väljumise tõttu üleujutusi. Ühes varasemas uuringus on välja toodud, et Kärdla linn võib tulevikus mõjutatud olla ka mereveetaseme üleujutustest (Kikas jt, 2008). Samas töös on hinnatud, et Kärdlas maksimaalne meretase ei ületa 150-200 cm. Tareste lahel puuduvad ajaloolised mõõtmisandmed. Täpsustamaks eelnimetatud üleujutusrisiki ja hinnangut, hinnati Tareste lahe merevee taseme ekstreemumeid Kärdla linnaga piirneval merealal (Lagemaa jt, 2018). Meretasemete ruumiliseks modelleerimiseks kasutati kolmemõõtmelist hüdrodünaamilist tsirkulatsioonimudelit GETM, millega modelleeriti veetasemed kogu Läänemere ulatuses ajaperioodil 1966-2005 a. Pikaajaliste veetasemete ekstreemumite hindamiseks on kasutatud modelleeritud veetasemeid. Mudeli veetasemeid on võrreldud mõõtmistega kolmes vaatlusjaamas - Landsortis, Dirhamis ja Narva-Jõesuus. Modelleeritud perioodil 1966-2005 on ekstraheeritud perioodi keskmisele veetasemele taandatud päeva keskmised veetasemed ning leitud maksimaalsed veetasemed "tormiste perioodide" jaoks. Vaatlusperioodil esineb kaks juhuslikku veetaseme ületamist 1 m. Selleks olid juhtumid 1993 (1.14 m) ja 2005 (1.06 m) jaanuaris. Suurimad tormise perioodi maksimumide leidmiseks kasutati GEV jaotust. GEV jaotusel, võrreldes teistega jaotustega, on tunduvalt suurem usaldusnivoode ulatus. Analüüsi tulemused näitavad, et 95% tõenäosusega ei ületa Tareste lahe maksimaalne veetase 1000, 100, 50 ja 10 aastaste kordusintervallidega vastavalt 1.62, 1.55, 1.51 ja 1.37 meetrit EH2000 kõrgussüsteemis.

Tallinna lahe Haabersti ja Põhja-Tallinna linnaosadele merepiirkondade veetasemete tõenäosusstsenaariumid on varasemalt eelmisel kaardistamise tsüklil hinnatud Lagemaa jt. (2013) poolt. Statistilise hindamise tulemusel leiti, et 95%-lise tõenäosusega ei ületa maksimaalne meretase Tallinna linna Haabersti ja Põhja-Tallinna linnaosades 138 cm 10 aasta jooksul, 175 cm 50 aasta jooksul, 190 cm 100 aasta jooksul ning 241 cm 1000 aasta jooksul (kõrgussüsteem BK77) (Lagemaa jt, 2013). Töö kokkuvõttes viidati vajadusele hinnangut uuendada regulaarselt 6 aastase perioodiga või kohe kui on tekkinud hinnangut oluliselt mõjutavad uut informatsiooni (nt ajalooliselt maksimaalse lähedase meretaseme esinemine, lainetuse mõjude täpsem teaduslik uuring, oluliselt parenenud arvutusmudel, jms). Aastatel 2013 - 2018 on Tallinnas registreeritud kolmel korral meretase üle 80 cm sisaldades ühte 109 cm-ni ulatuvat meretaset. See on väga heas kooskõlas Lagemaa jt. (2013) varasemalt hinnatud

meretasemete tõenäosusstsenaariumitega, mistõttu sama metoodikat kasutades uus arvutus olemasolevast oluliselt erinevat tulemust ei annaks. Viimase viie aasta teadusarengute ülevaade näitab, et veetasemete ekstreemväärtuste hindamise temaatikat on suhteliselt intensiivselt uuritud. Progress on olnud märkimisväärne nii metoodikate kui lainetuse komponendi hindamise vallas. Kuid tulemused ei ole veel otseselt rakendatavad varem leitud veetasemete tõenäosusstsenaariumite (Lagemaa jt, 2013) oluliseks täpsustamiseks, mistõttu jäädakse varem esitatud tulemuste juurde: 95%-lise tõenäosusega ei ületa maksimaalne meretase Tallinna linna Haabersti ja Põhja-Tallinna linnaosades 1,62 m 10 aasta jooksul, 1,99 m 50 aasta jooksul, 2,14 m 100 aasta jooksul ning 2,65 m 1000 aasta jooksul (EH2000 kõrgussüsteemis).

Täpsem informatsioon on aruandes „Tareste lahe veetasemete aegridade modelleerimine ja tõenäosusstsenaariumide arvutamine ning Tallinna lahe veetasemete tõenäosusstsenaariumite hinnangu uuendamine“ (Lagemaa jt, 2018).

### **2.3. Raasiku alevikus Jõelähtme jõe üleujutuste tõenäosusstsenaariumite arvutamine**

Raasiku asulat läbival Jõelähtme jõel on veetasemeid seiratud Jõelähtme-Kostivere seirejaamas, asukohaga umbes 8 km Raasiku asulast allavoolu ja 6,7 km Jõelähtme suudmest ülesvoolu. Jõelähtme jõgi suubub Jägala jõkke esimese järgu lisajõena 4,2 km kaugusel Jägala jõe suudmest. Jõelähtme-Kostivere jaam on ainukene Jõelähtme jõel ajalooliselt toimunud veeseire jaam, mis aga oma asukoha tõttu sobib üsna hästi kõrgveetasemete analüüsimiseks ja mõjuanalüüside kirjeldamiseks ka Raasiku asulas. Jõelähtme-Kostivere andmerea pikkusest tulenevalt (jaama töötamise periood  $n=20$  aastat; 1936-1956) kuulub jaam lühikese vaatlusreaga jaamade hulka. Lähtudes hüdrooloogiliste andmeridade töötluse üldistest põhimõtetest, mille eesmärgiks on pikendada lühikest andmerida vaatlusjaama analoogi alusel, viidi läbi ka võrdlev analüüs naabruses asuva ja seni töötava pika vaatlusreaga Jägala-Kehra seirejaama ( $n>50$  aastat) ning hüdrotopoloogiliselt lähedal asuva, kuid suhteliselt lühikese ( $n=35$  aastat) Leivajõgi-Pajupea seirejaama andmerea. Olemasolevate andmeridade omavahelisi seoseid ning ka vooluveekogude taustinformatsiooni arvesse võttes, ei olnud antud andmestiku alusel soovitatav Jõelähtme-Kostivere suhteliselt lühikest andmerida pikendada eelnevalt nimetatud jõgede andmeridade kaudu.

Kordusaastate veetasemete leidmiseks kasutati algselt JMPPro12.1 keskkonda nii empiirilisele andmereal sobiva regressioonkõvera leidmiseks ning selle baasil vastavate tagatusväärtustega kõrgveetasemete leidmiseks. Parima tõepära funktsiooni valimise aluseks olid kõrgeimad

teoreetilise regressioonkõvera korrelatsiooni  $r^2$  näitajad empiirilise andmerekaga. Kõrgeima korrelatsiooni näitajaga teoreetilise funktsiooni alusel modelleeriti prognoositavad kõrgveetasemed. Jõelähtme-Kostivere lävendile teatud tagatusega kõrgveetasemete prognoosimisel kasutati lisaks JMPPro12.1 tarkvarale laialdaselt kasutusel olevat empiirilist seost.

Pikema perioodi sündmuste korral leiti kahe maksimaalse mõõdetud veetaseme vahe ja jagati see nende kahe sündmuse esinemise vahelise arvutusliku perioodi pikkusega, mille tulemusel saadi koefitsient. Tulevikusündmuste veetasemete tarvis korrutati konkreetse sündmuse tõenäosus koefitsiendiga  $K$  ja tuleviku sündmuse esinemise sageduse aasta ja viimase reaalselt toimunud sündmuse sageduse aasta vahelise perioodi pikkusega ning saadud tulemus liideti viimasele reaalselt toimunud sündmusele. Arvutuskäigu tulemusena leiti Jõelähtme-Kostivere lävendile vastavate tagatustega kõrgveetasemed: maksimaalne veetase 1000 aasta jooksul 36,72; 100 aasta jooksul 36,57; 50 aasta jooksul 36,49 ja 10 aasta jooksul 36,23 (EH2000 kõrgussüsteemis). Veetasemete kordussageduste analüüsimisel püüti jälgida printsiipi, et ei 100 ega ka 1000 aasta korduvused ei muutuks ebarealistlikult kõrgeks, sest iga cm veetaseme tõusu jões tähendab veehulga eksponentsiaalset kasvu kuna see on Jõelähtme laadse jõe puhul valgla suurusega tugevalt piiratud.

Täpsem informatsioon on aruandes Raasiku alevikus Jõelähtme jõe üleujutuste tõenäosusstsenaariumide arvutamine ja kaardistamine (Tõnisson jt, 2018).

## **2.4. Üleujutusohupiirkonna kaardikihi moodustamine maapinna kõrgusmudel (DEM) põhjal**

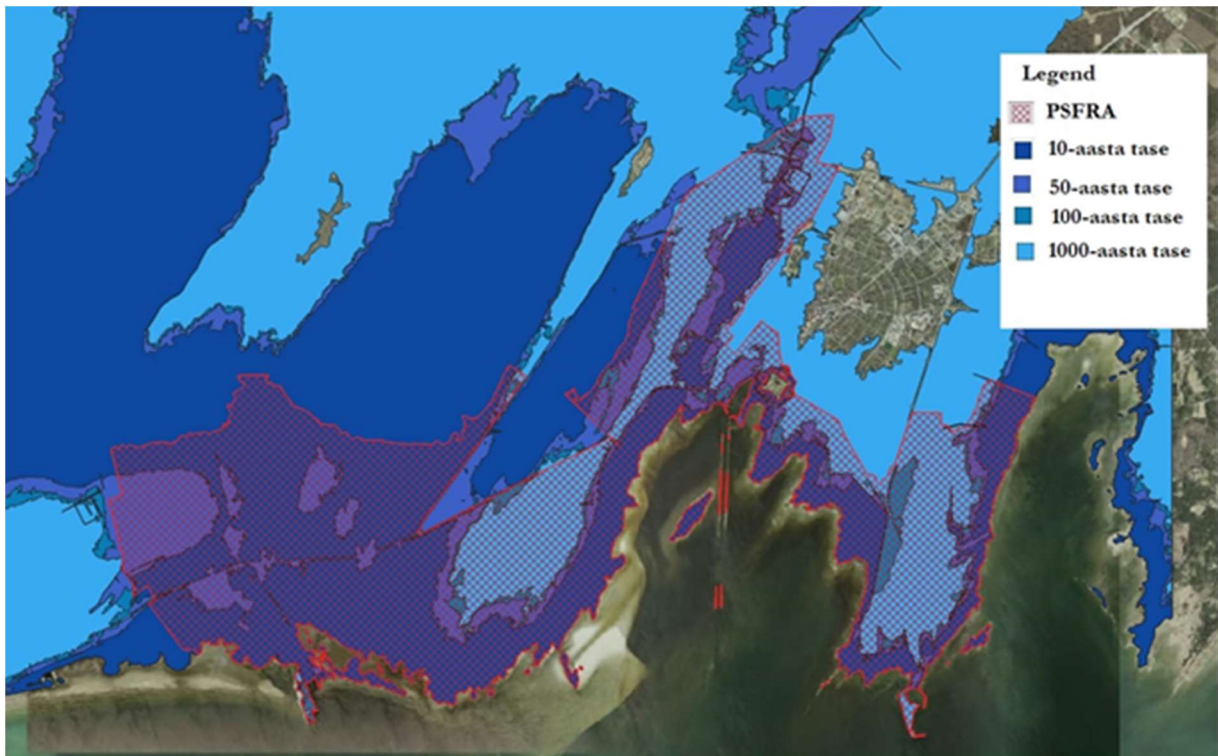
Iga riskipiirkonna kohta moodustati üleujutusohupiirkonna kaardikiht vastavalt arvatud veetaseme kõrgustele iga tõenäosusstsenaariumi kohta. Kuna iga riskipiirkonna kohta arvutati nii 1000-aasta, 100-aasta, 50-aasta ja 10-aasta ületustõenäosuse veetasemed, koostati igale riskipiirkonnale neli (4) kaardikihti, mis esitati vektor kujul. Erandi<sup>1</sup> moodustasid osa alasid, mis asetsesid kõrvuti ja mille stsenaariumite veetaseme väärtused loeti samaks. Kuna erinevused olid väikesed ja üleujutuse põhjustaja oli sama, siis lähtuti kaardikihi moodustamisel suuremast kõrgusväärtusest ja riskipiirkonnad liideti. Tallinna linnas moodustati

---

<sup>1</sup> Kõrvuti asetsevate alade puhul arvestati kõrgemat veetaseme näitu (vt lisa 1). Erandi moodustasid: Tartu ja Aardlapalu; Pärnu sadama piirkond ja Audru jõe suue; Haapsalu linn, Paralepa alevik ja Uuemõisa alevik; Kuressaare linn ja Nasva alevik; Tamula järv ja Võhandu jõgi.



üleujutusohupiirkonna kaardikihte Kesklinna, Pirita, Haabersti, Põhja-Tallinna ja Kakumäe riskipiirkondade kohta kokku 20 (iga piirkonna jaoks 4 stsenaariumit).



Joonis 1. Näide Kuressaare ja Nasva aleviku riskipiirkonna alast (punasega viirutatud) ja tõenäosusstsenaariumite veetasemete põhjal arvutatud kihtide ulatusest (sinakates toonides).

Üleujutusohupiirkonna kaardid moodustati ulatuslikemate alade (sh hajaasustusalad) kohta kui riskipiirkonnad.

Modelleerimisel kasutati tõenäosuskõrguse väärtuseid EH2000 süsteemis aga kaasamata jäeti tõenäosust põhjustava nähtuse iseloomu: näiteks pinnase poorsus, sademete hulk, tuule suund jne. Seega näitab piiritletud üleujutus ala staatilist veeseisu, jättes teised loodulikum põhjused arvestamata. Modelleerimisel ei arvestatud ka ehitiste ja üleujutuste kaitserajatistega.

Modelleerimise aluseks võeti Maa- ameti poolt töödeldud aerolaserskaneerimise (ALS) andmeistikust moodustatud maapinna kõrgusmudel (DEM), mille piksli suuruseks on 1 meeter.

Kaardikihtide arvutamiseks kasutati meetodit, kus DEM lõigati pinnaga, mis kujutab tõenäosusstsenaariumi veetaseme kõrgust (vt joonist 2).



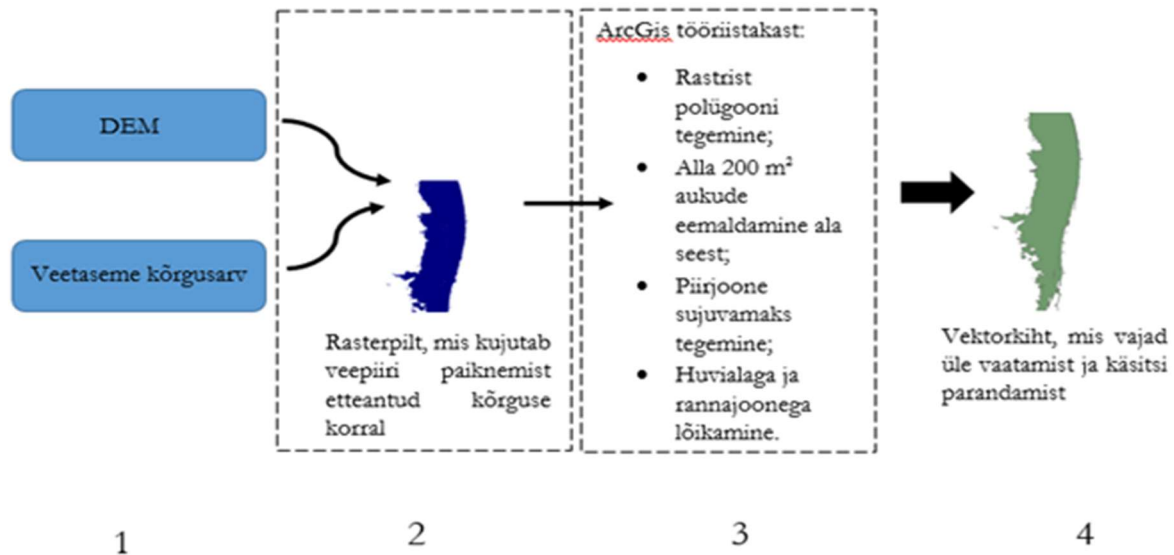
Joonis 2. Illustratsioon maapinna kõrgusmudeli (DEM) lõikamisest tõenäosusstsenaariumi veetaseme kõrgust kujutava pinnaga.

Maapinnamudeli lõikamisel kindla kõrguskihiga jääb alles kiht, mis kujutab kui kaugele teoreetiliselt veepiir ulatuks, kui veetase tõuseks etteantud kõrguseni. Arvutatud alad puhastati väikestest aukudest, kasutades selleks ArcMap töövahendit Delete Vertex, ning alles jäeti ainult omavahel seotud olnud piirkonnad. Juhul, kui ala ulatus näiteks teisele poole teetammi, jäeti see alles juhul, kui teetammi alt läks läbi truup. Vastasel juhul ei loetud ala sidusaks ja see eemaldati (vt joonis 3).



Joonis 3. Näidis Kuressaare riskipiirkonnast, kus sinisega on näidatud omavahel seotud olnud ala ning punasega mittedisidus ala, mis eemaldati hilisemast andmetöötlusest. Eeldatud on, et vesi ei ulatu teisele poole teetammi.

Mere ääres paiknevate riskipiirkondade puhul võib eeldada, et antud meetodika annab küllaltki tõepärase tulemuse (meetodika kirjeldust vaata jooniselt 4). Sama meetodit kasutati ka siseveekogude ääres olevate riskipiirkondade puhul.



Joonis 4. Andmete töötlemise skeem. Maapinnamudelist lõigatakse välja alad, mis jäävad alla poole etteantud referentspinda, tulemuseks on rasterfail. Rasterfaili konverteeritakse vektoriks, eemaldatakse sisemised augud, mis on alla  $200\text{ m}^2$ , muudetakse piirjooned sujuvamaks ning salvestatakse vektorfailiks, mis vaadatakse käsitsi üle (eemaldatakse ebavajalikud alad).

Tartus, Aardlapalus ning Kärkla riskipiirkonna jõe osas kasutati aga teistsugust meetodikat, kuna seal oli jõe langus märgatav.

Jõe languse määramiseks kasutati vabavaralist programmi SAGA-GIS ja selle moodulit Vertical Distance to Channel Network. Mooduli eesmärgiks on eemaldada uuest maapinna kõrgusmudelist jõe lang ja määrata jõe ala kõrguseks 0. Selleks arvutatakse jõe osa kohta käivatest maapinna kõrgusmudeli väärtustest referentspind (arvestab jõe kallet), mis lahutatakse algsest maapinna kõrgusmudelist. Tulemuseks on uus maapinna kõrgusmudel, kus kõrgusväärtused on näidatud jõe osa suhtes (jõe ala on 0 väärtusega, väljaspool jõe ala on väärtused jõe suhtes 0-väärtusest ülespoole).

Jõe keskmine kõrgusväärtus arvutatakse maapinna kõrgusmudelist (nt Emajõe puhul oli selleks väärtuseks  $31.55\text{ m}$ ). Seega etteantud veetaseme tõenäosusstsenaariumite väärtused tuleb viia kooskõlla jõe keskmise kõrgusväärtusega. Näiteks Emajõe puhul, kui võtta 1000-aastase stsenaariumi näide, siis tuleb  $33.94$  meetrist lahutada jõe keskmine kõrgus ALS mõõdistuse hetkel ( $31.55\text{ m}$ ) ja nii saadakse uus kõrgusväärtus, mis on  $2.39$  meetrit. Uue kõrgusväärtuse

põhjal arvutatakse sarnaselt joonisel 4 toodud skeemile vektorkiht, mis kujutab veepiiri paiknemist tõenäosusstsenaariumi veetaseme korral.

Moodustatud üleujutusohupiirkonna kaardid on nähtaval Maa-ameti geoportaali üleujutuste kaardirakenduses, kuhu pääseb ka Keskkonnaministeeriumi kodulehe kaudu (<https://www.envir.ee/et/uleujutusohupiirkonna-ja-uleujutusohuga-seotud-riskipiirkonna-kaardid>). Lisaks on moodustatud üleujutusohupiirkonna kaartide väljavõte Lisas 2.

## 2.5. Kliimamuutused

Vabariigi Valitsus võttis 2.märtsil 2017. aastal vastu riikliku kliimamuutustega kohanemise arengukava aastani 2030 ja selle juurde kuuluv rakendusplaani. Teadusliku alusena kasutati Keskkonnaagentuuri koostatud aruannet „Eesti tuleviku kliimastsenaariumid aastani 2100“. Peamine Eesti kliimat mõjutav tegur on riigi geograafiline asend. Eesti kuulub parasvöötme atlantilise kontinentaalse regiooni segametsade allregiooni ning asub merelise ja mandrilise kliima vahelises üleminekutsoonis. Köppeni kliimaklassifikatsiooni kohaselt kuulub Eesti saarte lääneosa tsooni Cfb (mereline kliima maheda talvega), valdav osa territooriumist aga tsooni Dfb (niiske mandriline kliima külma talvega). Kohalikke erinevusi kliimas põhjustab eelkõige maismaaga piirnev Läänemeri, mis talvel rannikupiirkonda ja saari soojendab ning kevadel jahutab. Topograafial, eeskätt Eesti kaguosa kõrgendikel, on oluline roll lumikatte jaotuses ja kestuses. Kuigi Eestis pole kliimamuutused nii äärmuslikud kui paljudes teistes maailma ja Euroopa Liidu (EL) riikides, võib ka meil prognooside alusel 21. sajandi jooksul oodata järgmisi muutusi:

- temperatuuritõus, mis on Eestis 20. sajandi teises pooles olnud kiirem kui maailmas keskmiselt, sellest tulenevad jää- ja lumikatte vähenemine ning kuuma- ja põuaperioodid;
- sademete hulga suurenemine eriti talveperioodil;
- merepinna tõus ja sellest tulenev kaldaerosioon, oht kaldarajatistele, surve ehitiste ümberpaigutamiseks jms;
- tormide sagenemine ning sellest tulenevad üleujutused.

### 2.5.1. Prgnoositud muutused tulevikus

Kliimastsenaariumite eesmärk on prognoosida inimtegevusest tulenevate kliimat mõjutatavate tegurite ajalist ja ruumilist muutlikkust. Stsenaariumeid peab olema mitu, kuna ühiskonna areng tervikuna ja veel enam sellega kaasnevad keskkonnamõjud ei ole üheselt prognoositavad.

Keskkonnaagentuuri koostatud aruandes „Eesti tuleviku kliimastenaariumid aastani 2100“ kasutatud kliimaprojektsioonid on koostatud globaalsete kliimastenaariumite RCP 4.5 ja RCP 8.5 põhjal.

Põhiliste meteoroloogiliste parameetrite prognoositud muutused 21. sajandi lõpuks on kirjeldatud allpool.

#### Õhutemperatuur Eestis 2m kõrgusel

Temperatuuri suurim muutus on projektsioonide põhjal sajandi lõpuks suurema kasvuhoonegaaside kontsentratsiooni (RCP8.5) korral. Kõigi stsenaariumite ja perioodide kombinatsioonide korral on temperatuuri tõus suurim kevad- ja talvekuudel (Tabel 1).

Periood	2041–2070		2071–2100	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Talv (DJV)	2,3 °C	2,9 °C	3,1 °C	4,9 °C
Kevad (MAM)	2,4 °C	3,1 °C	3,4 °C	4,9 °C
Suvi (JJA)	1,6 °C	2,2 °C	2,2 °C	3,8 °C
Sügis (SON)	1,7 °C	2,2 °C	2,2 °C	3,6 °C
Aasta keskmine	2,0 °C	2,6 °C	2,7 °C	4,3 °C

Tabel 1 2 m õhutemperatuuri projektsioonid Eestis 21. sajandi lõpuks EURO-CORDEX mudelansambli alusel. Temperatuuri absoluutne muutus võrreldes kontrollperioodiga 1971–2000. Aastaaegade järgi sulgudes olevad lühendid tähistavad kuude esitähtesid.

#### Keskmiised sademed

Vaadates kõigi aastaaegade ning mõlema stsenaariumi ja perioodi kombinatsioonide sademete hulga kasvu prognoose, on suurim sademete kasv RCP8.5 puhul täheldatav kevadel, RCP4.5 puhul suvel (Tabel 2).

Periood	2041–2070		2071–2100	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Talv (DJV)	9%	15%	16%	22%
Kevad (MAM)	10%	16%	21%	24%
Suvi (JJA)	11%	18%	15%	19%
Sügis (SON)	10%	8%	11%	12%
Aasta keskmine	10%	14%	16%	19%

Tabel 2 Muutus keskmises sademete hulgas aastaegade ja terve aasta lõikes, mis on saadud eri kliimamudelite põhjal aastateks 2041–2070 ja 2071–2100 võrreldes kontrollperioodiga 1971–2000 Eesti ala jaoks. Aastaegade järgi sulgudes olevad lühendid tähistavad kuude esitähteid.

### Sademed üle 30 mm päevas

Mudelite põhjal prognoositakse äärmuslike sademete juhtumite hulga suurenemist, kuid arvestades selle väga väikest esinemise tõenäosust suuremal osal aastast, on see oluline vaid suvel (Tabel 3).

Periood	2041–2070		2071–2100		Kontroll
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	
Sügis (SON)	188%	174%	184%	245%	0,16%
Talv (DJV)	201%	231%	141%	435%	0,01%
Kevad (MAM)	158%	209%	207%	244%	0,08%
Suvi (JJA)	124%	139%	137%	165%	0,54%

Tabel 3. Ööpäevas 30 mm ületavate sademete esinemise sageduse suhtelised muutused (võrreldes kontrollperioodiga) aastaegade, stsenaariumite ja prognoositud perioodide kaupa. Kontroll näitab sündmuse esinemise tõenäosust kindlas punktis ühel päeval kontrollperioodil 1971–2000. Aastaegade järgi sulgudes olevad lühendid tähistavad kuude esitähteid.

### Lumikatte muutus

21. sajandi lõpuks prognoositakse olulist lumikatte kahanemist. Kontrollperioodil 1971–2000 on aprillis keskmiselt 1–6 päeva lund. Nii stsenaariumi RCP4.5 kui RCP8.5 kohaselt on aprillis lume võimalus väga väike. Märtsis on RCP4.5 lume hulk võrreldes kontrollperioodiga vähenenud rohkem kui 10 päeva, RCP8.5 korral kuni 15 päeva, ulatudes harva üle 5 päeva. Jaanuaris-veebruaris on RCP4.5 puhul lumikate samuti vähenenud vähemalt 10 päeva, ulatudes keskeltläbi 15 päevani, mis tähendab püsiva lumikatte puudumist. Rohkem kui pooltel päevadel võib lund kohata ainult üksikutes piirkondades Kirde-Eestis. RCP8.5 järgi on jaanuaris-veebruaris lumikatte kestus reeglina alla 10 päeva.

### Merejää

Hiljutine AR5 stsenaariumitele vastav modelleerimine näitab, et stsenaariumi RCP4.5 kohaselt oleks 2040. aastate tüüpilisel talvel Läänemere jääga kaetus vähenenud. Soome lahe rannikualad, Väinameri ja Liivi laht on endiselt jääs, kuid jää paksus on kahanenud kaks kuni kolm korda. 2080. aastateks on Läänemere jääga kaetus veelgi vähenenud – Väinameri ja Liivi laht on peaaegu jäävabad, kuid Soome lahe rannikualad endiselt jääga kaetud. Stsenaariumi

RCP8.5 järgi on 2040. aastate jääga kaetus pisut väiksem kui RCP4.5 puhul, kuid siiski üsna sarnane optimistlikuma stsenaariumiga. 2080. aastate tüüpilisel talvel on aga enamik Läänemerest jäävaba. Jää tekiks ainult Botnia lahel paksusega 30–40 cm ja Soome lahe kirdeosas paksusega 0–10 cm. Prognoositud jää ulatus Läänemerel aastaks 2085 on RCP4.5 korral 75 000 km<sup>2</sup> (30 000 km<sup>2</sup> kuni 140 000 km<sup>2</sup>) ja RCP8.5 korral 45 000 km<sup>2</sup> (23 000 km<sup>2</sup> kuni 70 000 km<sup>2</sup>), võrreldes praeguse keskmisega 115 000 km<sup>2</sup>.

### Tuul

Suurem osa allikaid viitab tuule keskmise kiiruse kasvule talvel ja osaliselt ka kevadel. Kasvu tõenäoline vahemik on 3–18% ning see on seotud Atlandilt meie aladele liikuvate tsüklonite arvu kasvuga. Suvised keskmised tuule kiirused suurenevad vähem või ei suurene üldse.

### Merevee temperatuur

Meremudelit sisaldava regionaalse kliimamudeliga on saadud stsenaariumiga SRES-A1B (sarnane RCP6-ga, mis oma kiirgusliku mõjuga jääb RCP4.5 ja RCP8.5 vahele) järgmised tulemused: võrreldes perioodiga 1970–1999 on perioodil 2061–2090 merepinna temperatuurid Eesti rannikuvetes talvel ja kevadel 2,1–2,8 °C kõrgemad ning suvel ja sügisel 1,0–2,0 °C kõrgemad. Seejuures on soojenemine suurem Soome lahes.

### Siseveekogude temperatuur

IPCC emissioonimudeli SRES-A2 stsenaariumi (sarnase, kuid natuke nõrgema kiirgusliku mõjuga kui RCP8.5) kohaselt prognoositakse 2100. aastaks Euroopa järvede, sh Eesti järvede, veetemperatuuri tõusu 2–7 °C võrra.

### Merevee tase

Keskmine maailmamere taseme tõus aastateks 2081–2100 stsenaariumi RCP4.5 korral on 32–63 cm ja RCP8.5 korral 45–82 cm. Eesti läänerrannikul asendub pikaajaline, jääajajärgsest kerkest tingitud suhteline meretaseme languse trend sel sajandil kliimamuutuste tõttu tõusutrendiga, mis võib 21. sajandi lõpuks tähendada keskmise meretaseme tõusu Eesti rannikutel tulevikustsenaariumi RCP4.5 korral 20–40 cm ning RCP8.5 korral ligi 40–60 cm.

### Siseveekogude veetase

Siseveekogude veetase on seotud jõgede äravooluga. Prognoositud lumikatte vähenemise tõttu on tuleviku jaoks modelleeritud praegusest väiksemad ja aasta jooksul ühtlasemalt jaotunud maksimaalsed äravoolud ja seega ka väiksemad maksimaalsed veetasemed. Kevade kõrval

muutub oluliseks suurvee ajaks sügis. Suvise miinimumäravoolu perioodi pikemaks muutumise tõttu suureneb võimalus väikeste ojade ja jõgede ülemjooksude kuivamiseks.

### **2.5.2. Kliimamuutuste arvesse võtmine kaardistamisel**

Kliimamuutuste suundumus lubab eeldada, et 21. sajandi lõpuks võib Eesti läänerannikul asendada pikaajaline, jääajajärgsest kerkest tingitud suhteline meretaseme languse trend sel sajandil kliimamuutuste tõttu tõusutrendiga, mis võib tähendada keskmise meretaseme tõusu Eesti rannikutele tulevikustsenaariumi RCP4.5 korral 20–40 cm ning RCP8.5 korral ligi 40–60 cm. Selle meretaseme tõusu osas Eestis ühtegi riskipiirkonda juurde ei teki. See tõus jääb kehtivate piiranguvööndite ulatusse ja seetõttu seda tõusu ka kaardile ei märgitud. Prognoositud meretaseme tõusu osas ei saa eeldada ka seda, et selle võrra ulatuvad kõrgemad veetasemed (arvutatud tõenäosusstsenaariumid) samas väärtuses kaugemale. Seetõttu ei suurendatud ka arvutatud ranniku riskipiirkondade veetasemete tõenäosusstsenaariumeid.

Prognooside kohaselt sagenevad Eestis tormid ja sellest tulenevalt võib ranniku üleujutusi rohkem esineda. Seda kui palju need sagenevad, seda informatsiooni täna teada ei ole ja seetõttu kaartide koostamisel kasutatakse veetasemete aegridade põhjal arvutatud tõenäosusstsenaariumeid. Arvutamisel kasutatavad veetasemete aegread sisaldavad juba seda kliimamuutuste informatsiooni, mis täna juba muutunud on.

Siseveekogude puhul kliimamuutuste suundumus lubab eeldada, et jõgede lumesulaveest põhjustatud üleujutused pigem vähenevad, aga praegu ei ole mõistlik neid alasid, kus on toimunud olulised üleujutused tulevikus ohtu kujutavate alade hulgast veel välja jätta. Põhjuseks on kliimamuutuste aeglane kulg, mistõttu on väga tõenäoline, et aladel, kus on juba toimunud vooluveekogudest põhjustatud üleujutusi, toimuvad need ka tulevikus. Teiseks võib prognoosist järeldada, et kevadised lumesulaveest põhjustatud jõgede üleujutused võivad asendada sügiseste suurtest vihmahoogudest põhjustatud üleujutustega. Kaartide koostamisel kasutatakse veetasemete aegridade põhjal arvutatud tõenäosusstsenaariumeid. Arvutamisel kasutatavad veetasemete aegread sisaldavad juba seda kliimamuutuste informatsiooni, mis täna juba muutunud on.



### 3. Üleujutusega seotud riskipiirkonna kaartide koostamine

Üleujutusohuga seotud riskipiirkondade kaartidega kirjeldatakse üleujutusega tekkivaid võimalikke kahjulikke tagajärgesid. Kaartidele lisati: kompleksloa kaitised ja reoveekaitised, mis võiva põhjustada reostust üleujutavatel aladel; kahju kannatavate rahvaarv; pinnaveehaarded; suplusveekogud; tundlikud objektid, Looduskaitse ja Natura 2000 alad; kultuurimälestised ja muinsuskaitsealad. Lisaks analüüsiti, milline on igas riskipiirkonnas kahju kannatav majandustegevuse liik. Analüüs tehti ja kaardile lisati objektid, mis asusid kuni 1000 aasta stsenaariumi üleujutuse ulatuse sees + 500 m.

Kaardile kantud andmed ja kahjud märgiti veetaseme tõenäolise tõusu 10; 50; 100 ja 1000 aasta lõikes Lisas 4.

#### 3.1. Rahvaarvu andmed

2016. aastal hakkas Statistikaamet rahvastikuanalüüsi tegema uuel meetodil, kasutades algupäraselt välja töötatud residentsuse indeksi mõistet. Pärast eelmist rahva ja eluruumide loendust (REL 2011) oli Eestis kolm erinevat rahvaarvu. Kõige suurem oli rahvastikuregistri rahvaarv, vahepealne oli 2000. aasta rahvaloenduse põhjal jooksvalt arvutatud rahvaarv ja kolmas, kõige väiksem, oli viimase loenduse tulemusena saadud rahvaarv. Suurima ja väikseima hinnangu erinevus oli mitukümmend tuhat inimest, s.o keskmise maakonna jagu. Erinevuse põhjused olid küll selged, aga vigade suurus polnud teada. Rahvastikuregistri andmetel põhinev rahvaarv oli tegelikust suurem, sest osa väljarändest oli jäänud registreerimata. Statistikaamet arendas meetodika, millega nad parandavad rahvaarvu residentsuse indeksi alusel. Meetodi aluseks on idee, et igale Eesti potentsiaalsele elanikule omistatakse indeks, mis näitab, kui tõenäoliselt on inimene Eesti püsielanik ehk resident. See on nn residentsuse indeks, mille väärtus muutub 0 ja 1 vahel. Mida suurem on indeksi väärtus, seda tõenäolisemalt on inimene Eesti resident. Kui inimese residentsuse indeksi väärtus on 0, siis on inimene kindel mitteresident. Kui residentsuse indeksi väärtus on 1, siis on inimene kindel resident. Kui indeksi väärtus on vahepealne, siis kasutatakse otsuse langetamisel lävendit. Residentsuse indeks arvutatakse niihästi kõigile nendele inimestele, kes rahvastikuregistri järgi praegu Eestis elavad, aga ka neile, kes on siit lahkunud, kuid on jätkuvalt rahvastikuregistris kirjas (kusjuures nende elukoht võib olla Eestis või välismaal või koguni puududa ja nad võivad olla paigutatud rahvastikuregistri nn passiivsesse ossa). Indeksi arvutamisel kasutati 14 Eesti administratiivset registrit ja alamregistrit, sh Eesti Hariduse Infosüsteemi, riiklikku pensionikindlustuse registrit, ravikindlustuse andmekogu jne. Aktiivsust registrites mõõdetakse nn elumärkide abil. Iga toiming registris või alamregistris

annab inimesele ühe elumärgi. Elumärke annavad näiteks kohtus tunnistajana esinemine, sotsiaaltoetuse saamine, ajateenistuses viibimine jne. Aasta jooksul võib iga Eesti isikukoodiga inimene saada maksimaalselt 27 elumärki, kuid võib juhtuda ka nii, et ei kogune ühtki elumärki. Uue meetodika elukohaandmete aluseks on rahvastikuregistris märgitud elukohad, mitte rahvaloendusel märgitud elukohad. Seetõttu võivad rahvaarvu praeguse analüüsi ja 2013.aasta analüüsi vahel oluliselt erineda. Täpsem informatsioon uue meetodika kohta on leitav Statistikaameti kodulehel (<https://www.stat.ee/dokumendid/399211>).

Rahva arvu (Tabel 1) leidmiseks kasutati Statistikaameti kaardirakendust (kaart.stat.ee), mis sisaldab kaardikihte rahvaarvu infoga uue residentsuse indeksi meetodika alusel. Statistikaameti kaardirakendusse laeti ülesse üleujutusohupiirkonna kaardid (iga riskipiirkonna kohta 4 stsenaariumiga ala) ja teostati päring, kui palju elanikke elab riskipiirkondades iga stsenaariumiga üleujutataval alal. Konfidentsiaalsuse tagamiseks on statistikaameti kaardirakenduses andmed ümardatud, kui piirkonna rahvaarv on väiksem kui 10.

<b>Riskipiirkond</b>	<b>0,1% (1000a.)</b>	<b>1% (100a.)</b>	<b>2% (50a.)</b>	<b>10% (10a.)</b>
Haapsalu linn	1320	580	430	90
Häädemeeste alevik	160	90	70	20
Kiisa alevik ja Maidla küla	410	330	310	220
Kuressaare linn ja Nasva alevik	8110	720	600	230
Kärdla linn	90	70	50	30
Maardu linn	250	130	70	<10
Paide linn	10	<10	<10	<10
Pärnu linn	9670	4480	2950	770
Raasiku alevik	<10	<10	<10	<10
Sindi linn	10	<10	10	10
Tallinna linn Haabersti	10	<10	<10	<10
Tallinna linn Kakumäe	1830	990	520	10
Tallinna linn Kesklinn	1930	870	<10	<10
Tallinna linn Pirita	80	<10	<10	<10
Tallinna linn Põhja-Tallinn	20	<10	<10	<10
Tartu linn ja Aardlapalu küla	5090	550	390	80
Virtsu alevik	160	30	20	<10
Võiste alevik	450	250	200	40
Võru linn	230	60	60	<10

Tabel 1. Rahvaarv iga riskipiirkonna stsenaariumi kohta

### 3.2. Majandustegevuse andmed

Üleujutusalaade piiridesse jäävate majandusüksuste andmete (Lisa 5) leidmisel on aluseks võetud aadressandmete süsteemis (ADS) olevad andmed. Kasutatud on ADS väljavõtet seisuga 01.01.2019. Üleujutusalaadesse jäävad hooned on leitud ADS-is olevate XY koordinaatide alusel. Tabelites on andmed võetud statistilisest profiilist 2018: õiguslike vormide jaotus, tegevusalad (EMTAK 2008). Tegevusalad on tabelites määratud tegevusala teise taseme koodiga. Majandusüksuse andmeid ei leitud Raasiku aleviku üleujutusalaadel, väikesel hulgal majandusüksuste andmeid (<10 üksuse) leiti Haabersti linnaosa, Kärkla, Sindi ja Paide linnade üleujutusalaadelt.

### 3.3. Kompleksloa käitised, reoveekäitised, pinnaveehaarded, suplusveekogud, tundlikud objektid, Looduskaitsealad, Natura 2000 alad, kultuurimälestised ja muinsuskaitsealad

Kompleksloa -ja reoveekäitiste ning pinnaveehaarete leidmisel kasutati Keskkonnaagentuuri andmekogudes olevaid andmeid (Tabel 2, 3, 4).

Käitaja	KLIS number	Põhitegevusala
BLRT Grupp AS	L.KKL.HA-222649	Muud tegevusvaldkonnad - Ainete, esemete või toodete pinnatöötlus orgaaniliste lahustite kasutamisega, näiteks viimistlemine, trükkimine, katmine jne või impregneerimine orgaaniliste ainete kuluga üle 50 tonni aastas või üle 150 kilogrammi tunni
Vaggen AS	L.KKL.HA-193947	Ohtlike jäätmete käitlemine - Füüsikalisk-keemiline töötlus
Scanfil OÜ	KKL-500258	Metallide tootmine ja töötlemine - Metallide või plastide elektrolüütiline või keemiline pinnatöötlus, kus töötlemisvannide kogumaht ületab 30 m <sup>3</sup>
Ökoloog OÜ	KKL/328236	Ohtlike jäätmete käitlemine - Füüsikalisk-keemiline töötlus
GREEN MARINE AS	KKL/321343	Ohtlike jäätmete käitlemine - Segude koostamine või segamine enne mõne muu käesolevas lõikes ja lõikes 3 nimetatud toimingu rakendamist

Skano Fibreboard OÜ	KKL/317943	Muud tegevusvaldkonnad - Orienteeritud kihiga puitplaatide, puitkiud- või puitlaastplaatide tootmine mahuga üle 600 kuupmeetri ööpäevas
Fortum Eesti AS	KKL/317795	Energia tootmine - Kütuse põletamine kütises, mille summaarne nimisoojusvõimsus on vähemalt 50 MW.

Tabel 2. Üleujutusohupiirkondades asuvad kompleksloa kütised

Reoveepuhasti nimi	Veekogu	Veevärk
Tartu RVP	Emajõgi VEE1023600	TA0006 Tartu
Kuressaare reoveepuhasti	Laidunina - Roomassaare rand VEE3406010	SA0201 Kuressaare
Pärnu linna heitveepuhasti	Pärnu lahe lääneosa VEE3445010	PL0672 Pärnu
Tallinn	Tallinna lahe osa VEE3134010	TL0687 Tallinna Vesi Tallinn
Haapsalu	Tagalaht VEE3317030	LA0670 Haapsalu
Võru linna puhasti	Vanajõgi VEE1004603	VO0654 Võru

Lisa 3. Üleujutusohupiirkondades asuvad reoveepuhastid

Pinnaveehaarde nimi	Vee erikasutaja
Viisnurk Pärnu	Skano Fibreboard OÜ
Riina Kalda	Riina Kalda kalamajand CARPIO
Esna jõgi, Paide tehisjärv	Paide Linnavalitsus
Anne Soojus jahutusvee pinnaveehaare	Anne Soojus AS
Pähkla, Põhatu allikas	Pähkla Vähi- ja Kalakasvatus OÜ

Lisa 4. Üleujutusohupiirkondades asuvad pinnaveehaarded.

Suplusveekogude andmekihi genereerimisel kasutati Terviseameti avalike supluskohtade nimestiku 2019.aasta seisuga ja riskipiirkondadesse jäi 18 suplusveekogu: Kakumäe rand, Pelgurand/Stroomi rand, Pikakari rand, Pirita rand, Kärkla supluskoht, Paide tehisjärv, Paralepa rand, Aafrika rand, Vasikaholmi supluskoht, Mai rand, Pärnu keskrand, Raeküla rand, Vana-Pärnu rand, Kuressaare supelrand, Anne kanal, Tartu Vabaujula, Tartu Linnaujula, Tamula järve rand.

Tundlike objektidena (Lisa 3) kogu kokku ja kaardistas Maa-amet üleujutatavatele aladel jäävaid politsei, kiirabi, tuletõrje, haiglate, erihoolekande asutuste, lasteaedade, koolide ja kohalike omavalitsuste administratiivhoonete asukohad. Üleujutusaladele ei jäänud ühtegi kohalike omavalitsuste administratiivhoonet.

Looduskaitse ja Natura 2000 alade kihid koostati juba varasemalt Maa-ameti, Keskkonnaministeeriumi ja Keskkonnaagentuuri koostöös Looduskaitse rakenduse loomisel. Üleujutuse rakenduses on nähtaval Natura 2000 alad ( linnu ja loodusala), hoiualade, kaitsealade ja kohalikult kaitstavad objektide kaardikihid.

Kultuurimälestiste kihid on ka koostatud juba varasemalt Maa-ameti ja Muinsuskaitseameti koostöös ning on seotud Kultuurimälestiste riikliku registriga. Üleujutuste rakendusse lisati kultuurimälestiste ja muinsuskaitsealade kaardikihid.

## 4. Kokkuvõte

Üleujutusega seotud riskide hinnanguga määratud riskipiirkondade kohta ajakohastati põhjalikumad üleujutusohupiirkonna ja üleujutusohuga seotud riskipiirkonna kaardid, mis näitavad veetasemete tõenäolist tõusu 10, 50, 100 ja 1000 aasta jooksul ning kirjeldavad võimalikke kahjulikke tagajärgi.

Iga stsenaariumi kohta esitati üleujutusohupiirkonna kaartidel järgmised andmed: üleujutuse ulatus ja veetase. Veetasemete tõenäosusstsenaariumite ajakohastamiseks kasutati olemasolevaid hüdrometeoroloogilisi vaatlusandmeridasid ja peaaegu kõikidel riskipiirkondadel ajakohastati tehtud arvutused.

Kahel riskipiirkonnal (Maardu linn ja Kärkla linna jõe stsenaariumid) jäeti samaks. Nendes kahes piirkonnas puuduvad vaatlusandmerekad. 2013.aastal üleujutusohupiirkonna kaartide koostamise raames teostati nendes piirkondades rekognostseerimistööd, intervjueriti kohalikke elanikke ja/või omavalitsustöötajaid ja Kärkla linnas Nuutri jõel teostati ka lisa mõõtmised tehnilise niveleerimise teel. Lisaks rekognostseerimistöödele töötati läbi ka arhiivi materjale, s.h. kaardimaterjale, episoodilisi vaatlus- ja mõõtmisandmeid. 6 aastat on piisavalt lühikene aeg, et antud tulemused kehtivad endiselt.

Tallinna lahe Haabersti ja Põhja-Tallinna linnaosadele merepiirkondade veetasemete tõenäosusstsenaariumid hinnati eelmisel kaardistamise tsüklil Lagemaa jt. (2013) poolt. Töö kokkuvõttes viidati vajadusele hinnangut uuendada regulaarselt 6 aastase perioodiga või kohe kui on tekkinud hinnangut oluliselt mõjutavad uut informatsiooni (nt ajalooliselt maksimaalse lähedase meretaseme esinemine, lainetuse mõjude täpsem teaduslik uuring, oluliselt parenenud arvutusmudel, jms). Aastatel 2013 - 2018 on Tallinnas registreeritud kolmel korral meretase üle 80 cm sisaldades ühte 109 cm-ni ulatuvat meretaset. See on väga heas kooskõlas Lagemaa jt (2013) varasemalt hinnatud meretasemete tõenäosusstsenaariumitega, mistõttu sama meetodikat kasutades uus arvutus olemasolevast oluliselt erinevat tulemust ei annaks. Viimase viie aasta teadusarengute ülevaade näitab, et veetasemete ekstreemväärtuste hindamise temaatikat on suhteliselt intensiivselt uuritud. Progress on olnud märkimisväärne nii meetodikate kui lainetuse komponendi hindamise vallas. Kuid tulemused ei ole veel otseselt rakendatavad varem leitud veetasemete tõenäosusstsenaariumite (Lagemaa jt, 2013) oluliseks täpsustamiseks, mistõttu jäädakse varem esitatud tulemuste juurde: 95%-lise tõenäosusega ei ületa maksimaalne meretase Tallinna linna Haabersti ja Põhja-Tallinna linnaosades 1,62 m 10 aasta jooksul, 1,99 m 50 aasta jooksul, 2,14 m 100 aasta jooksul ning 2,65 m 1000 aasta jooksul (EH2000 kõrgussüsteemis).

Iga riskipiirkonna kohta moodustati üleujutusohupiirkonna kaardikiht vastavalt arvatud veetaseme kõrgustele iga tõenäosusstsenaariumi kohta. Kuna iga riskipiirkonna kohta arvutati nii 1000-aasta, 100-aasta, 50-aasta ja 10-aasta ületustõenäosuse veetasemed, koostati igale riskipiirkonnale neli (4) kaardikihti, mis esitati vektor kujul. Tallinna linnas moodustati üleujutusohupiirkonna kaardikihte Kesklinna, Pirita, Haabersti, Põhja-Tallinna ja Kakumäe riskipiirkondade kohta kokku 20 (iga piirkonna jaoks 4 stsenaariumit). Erandi moodustasid osa alasid, mis asetsesid kõrvuti ja mille stsenaariumite veetaseme väärtused loeti samaks. Kuna erinevused olid väikesed ja üleujutuse põhjustaja oli sama, siis lähtuti kaardikihi moodustamisel suuremast kõrgusväärtusest ja riskipiirkonnad liideti. Kõrvuti asetsevate alade puhul arvestati kõrgemat veetaseme näitu (vt lisa 1). Erandi moodustasid: Tartu ja Aardlapalu; Pärnu sadama piirkond ja Audru jõe suue; Haapsalu linn, Paralepa alevik ja Uuemõisa alevik; Kuressaare linn ja Nasva alevik; Tamula järv ja Võhandu jõgi. Modelleerimise aluseks võeti Maa- ameti poolt töödeldud aerolaserskaneerimise (ALS) andmeistikust moodustatud maapinna kõrgusmudel (DEM), mille piksli suuruseks on 1 meeter.

Üleujutusega tekkivate võimalikke kahjulikke tagajärgede näitamiseks koostati ka üleujutusohuga seotud riskipiirkondade kaardid. Kaartidele lisati: kompleksloa käitised ja reoveekäitised, mis võiva põhjustada reostust üleujutavatel aladel; kahju kannatavate rahvaarvu; pinnaveehaarded; suplusveekogud; tundlikud objektid (politsei, kiirabi, tuletõrje, haiglate, erihoolekande asutuste, lasteaedade, koolide asukohad), Looduskaitsealad, Natura 2000 alad; kultuurimälestised ja muinsuskaitsealad. Lisaks analüüsiti, milline on igas riskipiirkonnas kahju kannatav majandustegevuse liik. Kaardile kantud andmed ja kahjud märgiti veetaseme tõenäolise tõusu 10; 50; 100 ja 1000 aasta lõikes lisas 4.

Moodustatud üleujutusohupiirkonna kaardid on nähtaval Maa-ameti geoportaali üleujutuste kaardirakenduses (<https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/yua>), kuhu pääseb ka Keskkonnaministeeriumi kodulehe kaudu (<https://www.envir.ee/et/uleujutusohupiirkonna-ja-uleujutusohuga-seotud-riskipiirkonna-kaardid>). Lisaks on moodustatud üleujutusohupiirkonna kaartide väljavõte Lisas 2. Kaardirakenduses on Eesti kaardi tasandil riskipiirkonnad tähistatud siniste lainetega. Riskipiirkondasid on võimalik sisse suumida kuni katastriüksuse tasandile. Rakenduses vasakul asuva legendi kaudu on võimalik sisse ja välja lülitada üleujutuse prognoositud ulatusi ja kaardile kantud võimalikke kahjulikke tagajärgesid kirjeldavad andmeid.

## 5. Viited

Kikas, T., Kull, A., Suursaar, Ü. 2008. Läänemere Läänesaarte alamvesikonna piiresse jääva ranna ajuveeala piiride täpsustamine ja erinevate veeseisude kaartide ning meetmeprogrammi koostamine.

Lagemaa, P., Raudsepp, U., Maljutenko, I. 2018. Tareste lahe veetasemete aegridade modelleerimine ja tõenäosusstsenaariumide arvutamine ning Tallinna lahe veetasemete tõenäosusstsenaariumite hinnangu uuendamine. Aruanne on kättesaadav <https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/vesi/uuringud-ja-aruanded> 2018.aasta uuringute all.

Lagemaa, P., Raudsepp, U., Kõuts, T., Allik, A., Elken, J. 2013. Tallinna Linna Haabersti, Põhja-Tallinna ja Kakumäe Linnaosade Meretasemete Stsenaariumite Modelleerimine. Aruanne on kättesaadav <https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/vesi/uuringud-ja-aruanded> 2013.aasta uuringute all.

Tõnisson, H., Muru, M., Vainu, M., Lode, E., Ravis, R., Kapanen, G. 2018. Raasiku alevikus Jõelähtme jõe üleujutuste tõenäosusstsenaariumide arvutamine ja kaardistamine. Aruanne on kättesaadav <https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/vesi/uuringud-ja-aruanded> 2018.aasta uuringute all.



## Lisa 1. Kasutatud vaatlusandmerekad ja jaotusfunktsioonid

Rsiki piirkonnad	Koordinaadid		Aasta kõrgeim veetase (m AS), Tõenäosusprotsent				Vaatlusandmerida, periood	Analoogrida, periood	Kasutatud tõenäosusjaotus
	X	Y	0,1%	1%	2%	10%			
<b>Sindi linn</b>	6472430,1	536869,7	7,21	6,74	6,43	5,59	Oore AHJ (1924-2016)		Pearson type III(P3)
<b>Küsa alevik ja Maidla küla</b>									
Kasemetsa piirkond	6568328	537505	40,39	39,88	39,70	39,19	Keila AHJ (1962-2016)	Ardi HJ (1964-1975)	Normal(N)
Saare piirkond	6567158,2	537600,8	40,49	39,98	39,80	39,29			
<b>Tartu linn</b>									
Tartu AHJ			33,94	33,51	33,37	32,89	Tartu AHJ (1867-2016)		Pearson type III(P3)
Asukoht 1	6477242,8	645309,2	35,04	34,59	34,35	33,94	Kärkna HJ (1924-1943)		Pearson type III(P3)
<b>Aardlapalu alevik</b>	6469568,1	663285,2	33,83	33,40	33,26	32,73	Tartu HJ (1867 – 2016)		Pearson type III(P3)
<b>Pärnu linn</b>									
Pärnu sadama piirkond	6471285,2	528227,5	3,90	3,07	2,81	2,28	Pärnu RMJ (1923 – 2010)		Gumbel II type(EV2)

Audru j. – suudmes	6471700	526277.4	3.82	3.00	2.78	2.20	Audru HJ (1985 – 2016)	Pärnu RMJ (1923 – 2010)	Weibull(W) Gumbel II type(EV2)
<b>Virtsu alevik</b>	6492729	471863.3	3.18	2.26	2.06	1.66	Virtsu RMJ (1889 – 1893, 1899-1912, 1948 – 2008)		Gumbel II type(EV2)
<b>Häädemeste alevik</b>	6438096.6	528268	3.63	2.56	2.30	1.82	Kihnu RMJ (1947 – 1989) Pärnu RMJ (1923 – 2010)		Gumbel II type(EV2)
<b>Võiste alevik</b>	6455341.9	528316.9	3.77	2.82	2.56	2.05	Kihnu RMJ (1947 – 1989) Pärnu RMJ (1923 – 2010)		Gumbel II type(EV2)
<b>Kuressaare linn ja Nasva alevik</b>									
Kuressaare linn	6455982.5	411346.8	2.59	2.05	1.89	1.50	Roomassaare RMJ (1932 – 1940, 2005, 2008 – 2016)	Tori RMJ (1942 – 1958, 1971 -1987, 2005)	Gumbel I type(EV2)
Nasva alevik	6454480.8	404818.4	2.43	1.99	1.86	1.54	Tori RMJ (1942 – 1958, 1971 – 1987, 2005)		Gumbel I type(EV2)

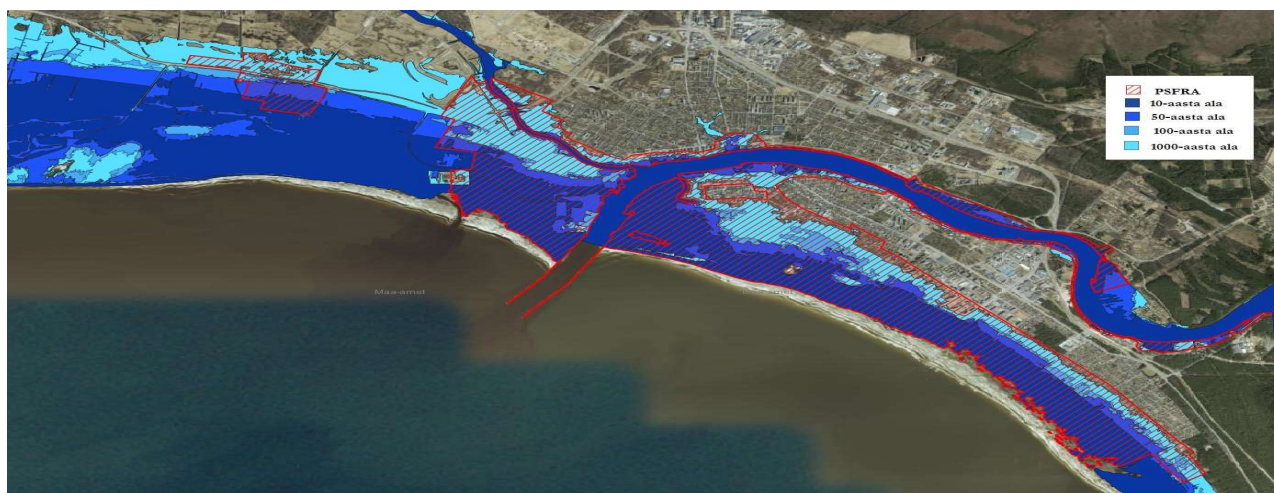
<b>Tallinna linn</b> (Keskklinn ja Pirta)	6589802.6	544501.5	2.50	1.96	1.82	1.53	Tallinn RMJ (1899 – 1995, 2001, 2005)	Roomassaare RMJ (1932 – 1940, 2005, 2008 – 2016)	Gumbel II type(EV2) Gumbel I type(EV2)
Haabersti ja Põhja Tallinn			2,65	2,14	1,99	1,62			
<b>Haapsalu linn</b>									
Haapsalu linn	6534864.7	473202.7	2.91	2.35	2.18	1.78	Haapsalu RMJ (1947 – 1956, 1971 – 1987, 2005)	Rohuküla RMJ (1950 – 2007)	Gumbel I type(EV2)
Paralepa alevik	6533572.4	472588.4	2.95	2.39	2.22	1.82	Haapsalu RMJ (1947 – 1956, 1971 – 1987, 2005)	Rohuküla RMJ (1950 – 2007)	Gumbel I type(EV2)
Uuemõisa alevik	6534495.8	474785.6	2.90	2.34	2.17	1.77	Haapsalu RMJ (1947 – 1956, 1971 – 1987, 2005)	Rohuküla RMJ (1950 – 2007)	Gumbel I type(EV2)
<b>Paide linn</b>	6528266	591149.9	61.16	60.99	60.93	60.77	Põhjaka I HJ (1971 – 2016),	Vodja HJ (1964 – 2016) Türi – Alliku HJ (1977 – 2016)	Kritsky-Menkel(G) Pearson type III(P3)
<b>Võru linn</b>									
Tamula järv, parem kaldajoon	6415561	6771702	71.36	71.07	70.97	70.68	Roosisaare HJ (2007 – 2017, 1978)		Pearson type III(P3)

Võhandu j. – Kirumpää alevik	6417757.8	677636.9	71.07	70.79	70.70	70.42	Kirumpää HJ (2011 – 2017)	Roosisaare HJ (2007 – 2017, 1978) Räpina HJ (1958 – 2012)	Pearson type III(P3)
<b>Kärdla linn</b>									
jõgi			4,4	4,25	4,2	4,07			
meri			1,62	1,55	1,51	1,37			
<b>Maardu</b>			34,72	34,26	34,11	33,73			
<b>Raasiku alevik</b>			36,72	36,57	36,49	36,23			

## Lisa 2. Moodustatud Üleujutusohupiirkonna kaardid

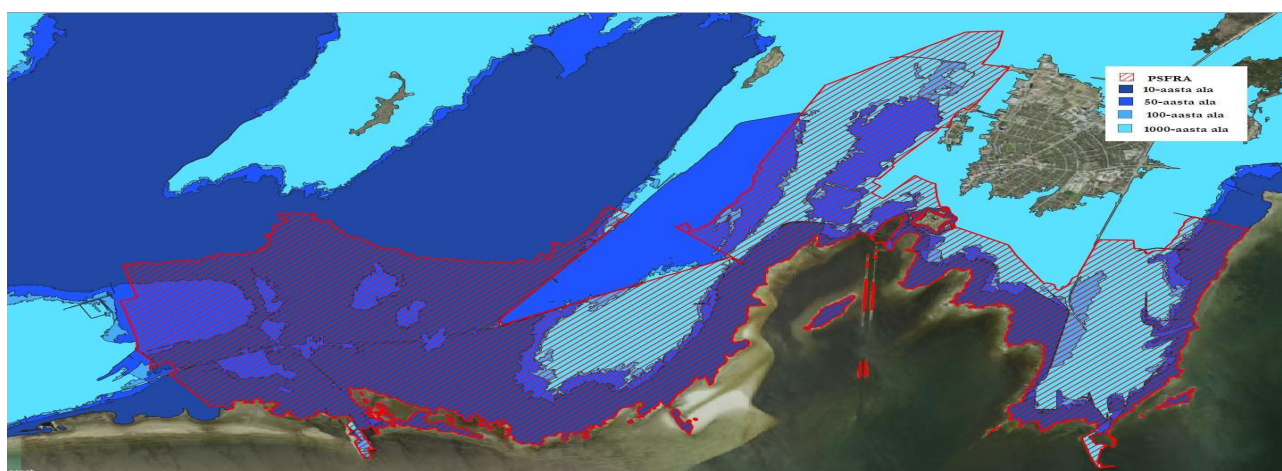
### Pärnu linn

Üleujutust põhjustavateks objektideks on meri ja Pärnu jõgi. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter. Kuna Audru ja Pärnu stsenaariumi väärtused olid ligilähedased, siis kaardi moodustamisel alad liideti ning kasutati Pärnu ala kohta arvatud veetaseme väärtuseid.



### Kuressaare linn ja Nasva alevik

Üleujutust põhjustav objekt on meri. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter. Kuna Kuressaare ja Nasva stsenaariumi väärtused olid ligilähedased, siis kaardi moodustamisel alad liideti ning kasutati Kuressaare ala kohta arvatud veetaseme väärtuseid.



## Haapsalu linn

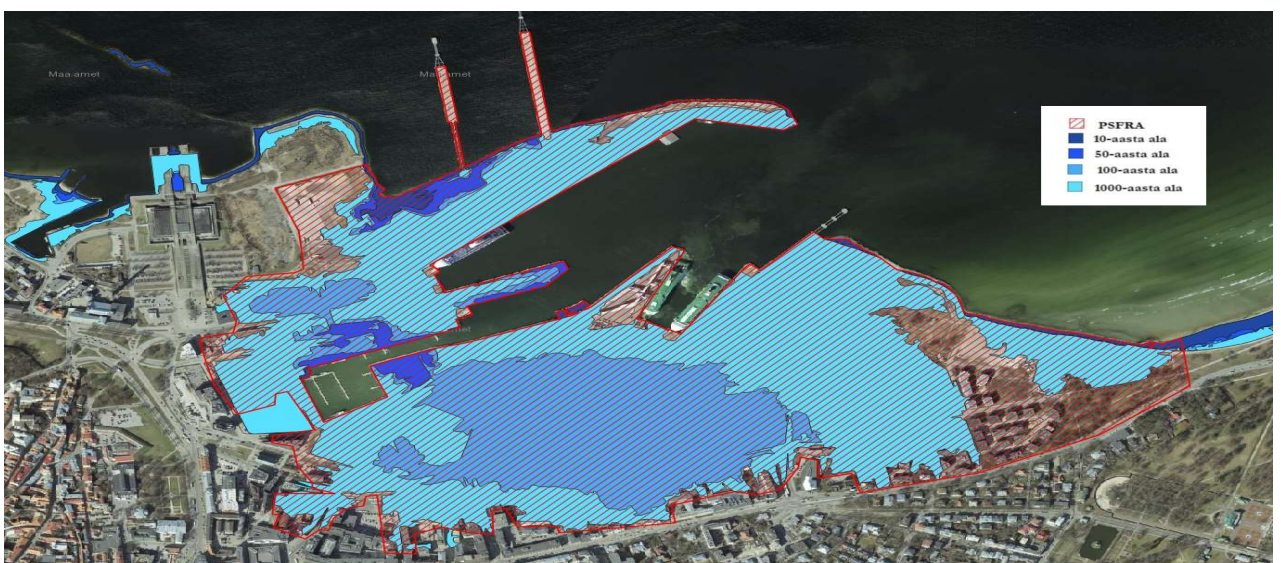
Üleujutust põhjustav objekt on meri. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter. Kuna Haapsalu, Paralepa ja Uuemõisa stsenaariumi väärtused olid ligilähedased, siis kaardi moodustamisel alad liideti ning kasutati Paralepa ala kohta arvutatud veetaseme väärtuseid.



## Tallinna linn

Üleujutust põhjustav objekt on meri. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter.

### Kesklinn



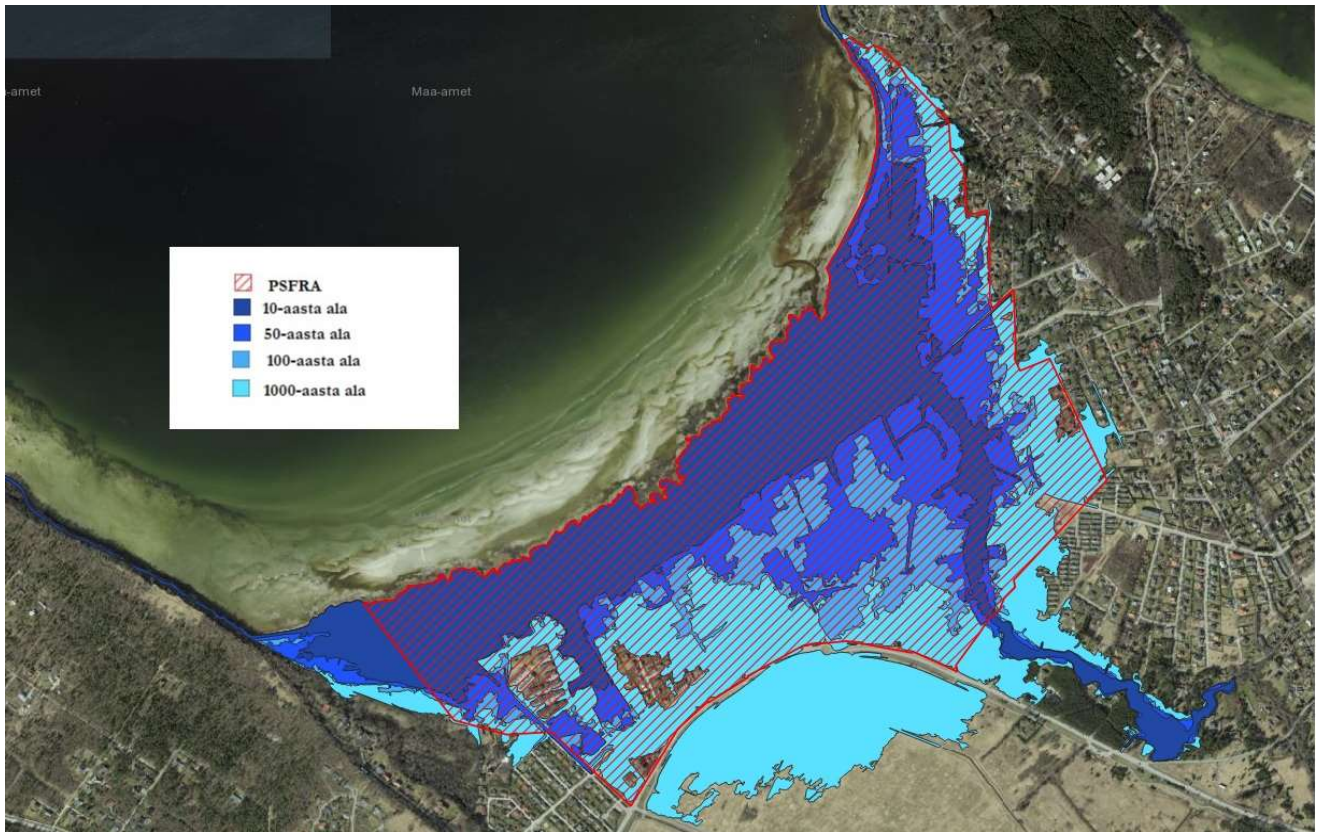
Pirita



Haabersti (Merimetsa)



Haabersti (Tiskre)



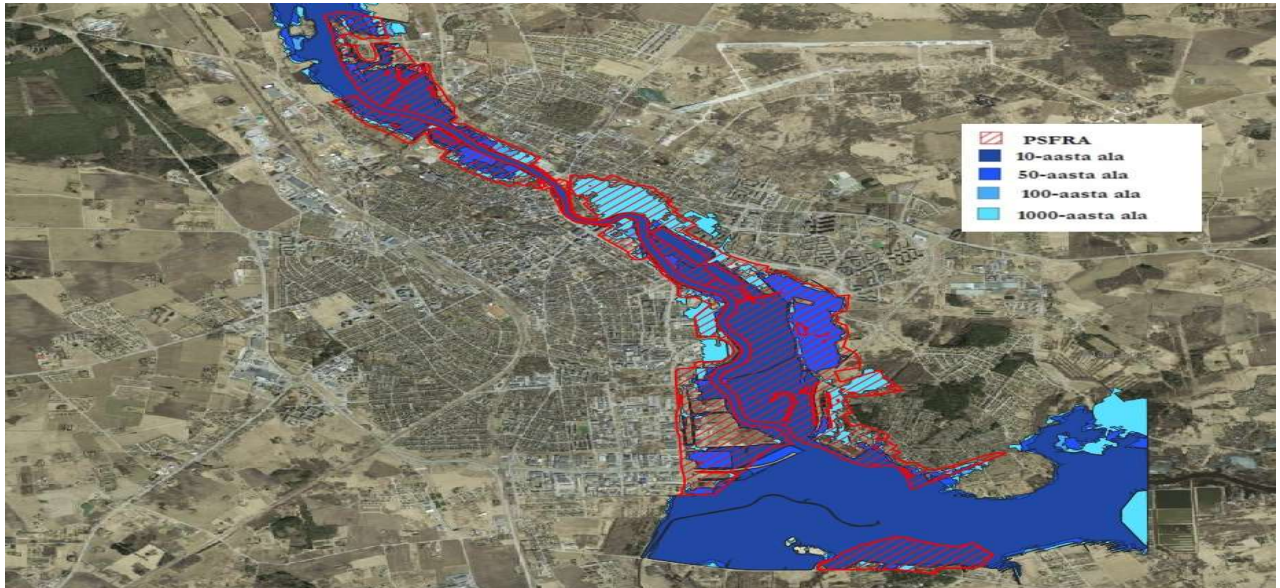
Põhja-Tallinn





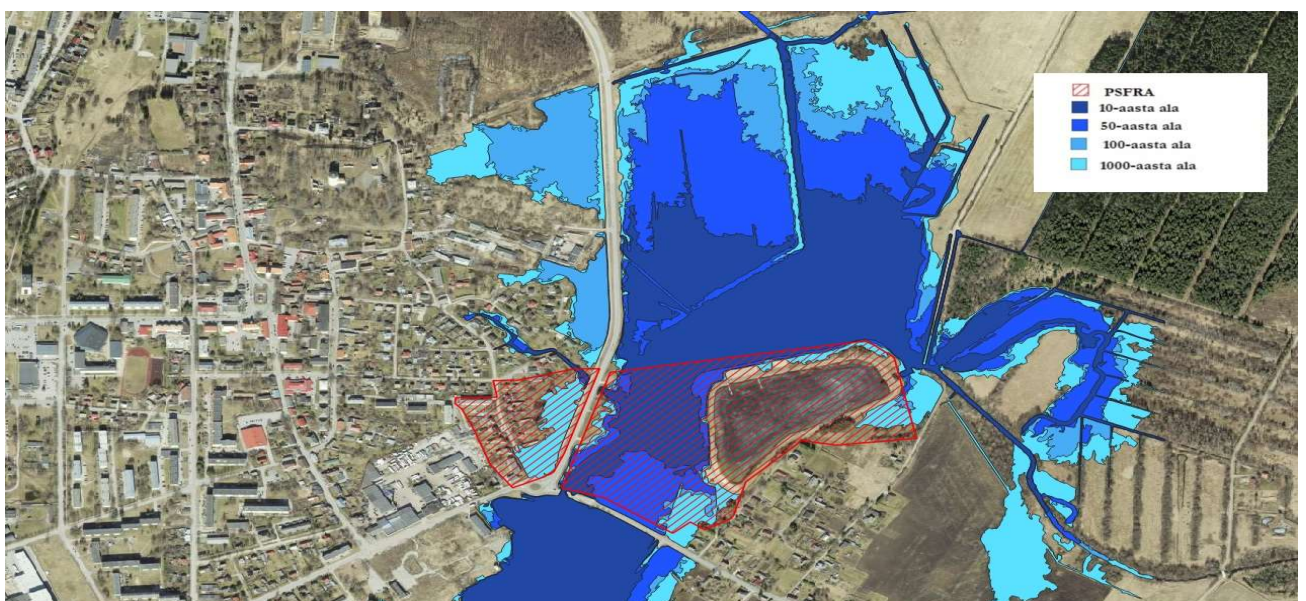
## Tartu linn ja Haaslava vald (Aardlapalu küla)

Üleujutust põhjustav objekt on Emajõgi. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maaameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter. Kuna Tartu ja Haaslava stsenaariumi väärtused olid ligilähedased, siis kaardi moodustamisel alad liideti ning kasutati Tartu ala kohta arvutatud veetaseme väärtuseid. Arvestati ka Emajõe langu.



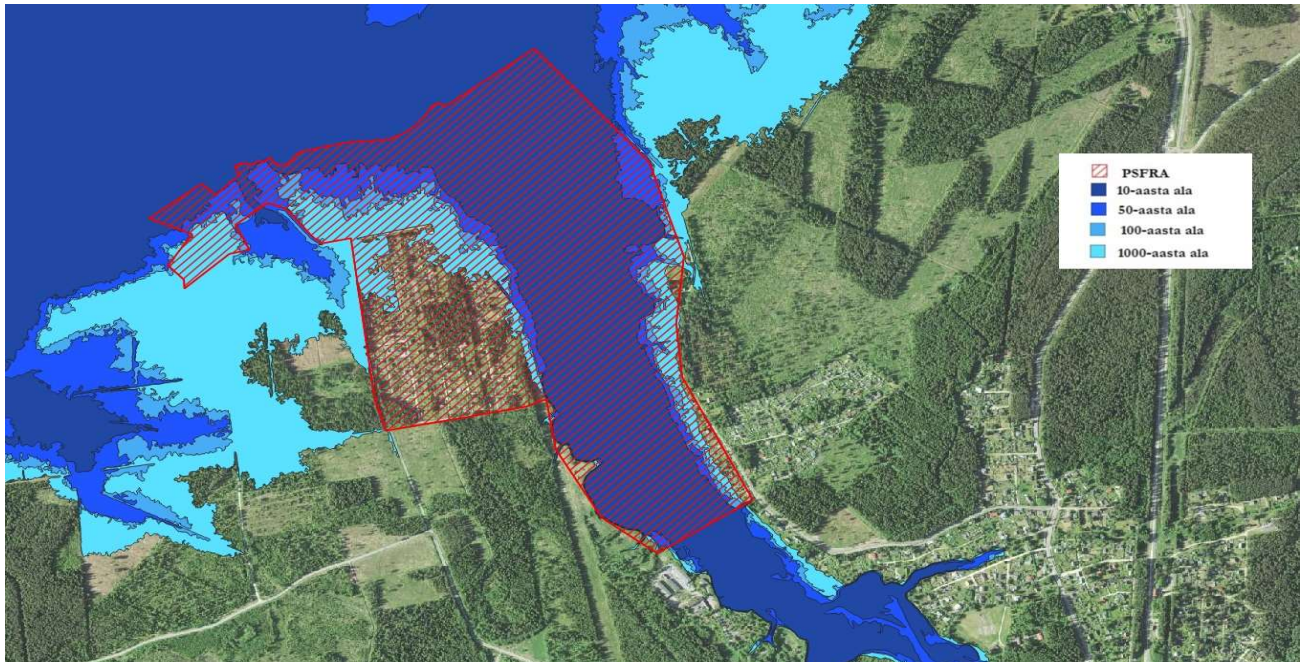
## Paide linn

Üleujutust põhjustav objekt on Pärnu jõgi. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maaameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter.



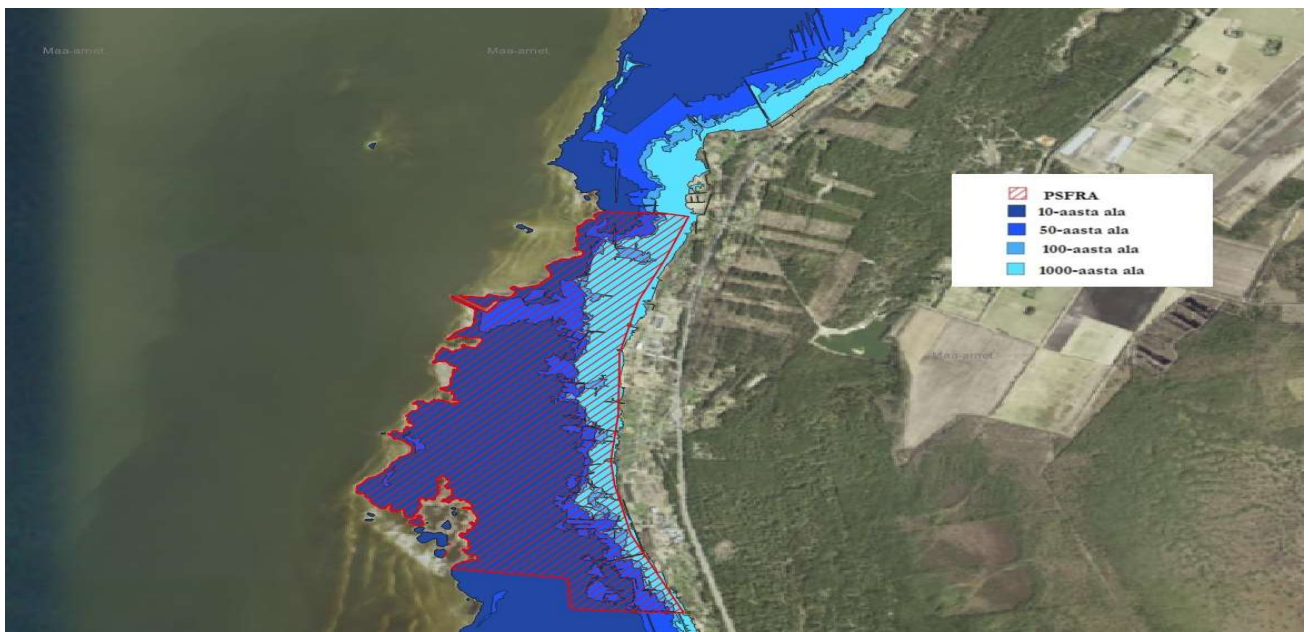
## Kiisa alevik, Maidla küla

Üleujutust põhjustav objekt on Keila jõgi. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter.



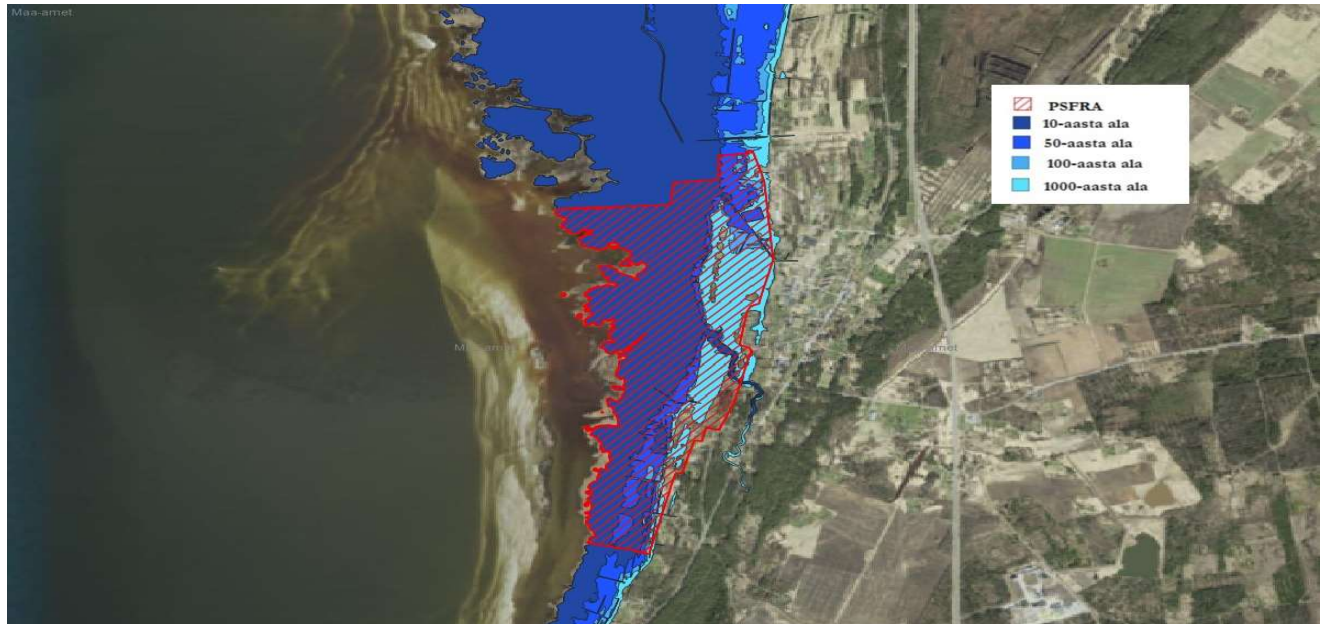
## Võiste alevik

Üleujutust põhjustav objekt on meri. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter.



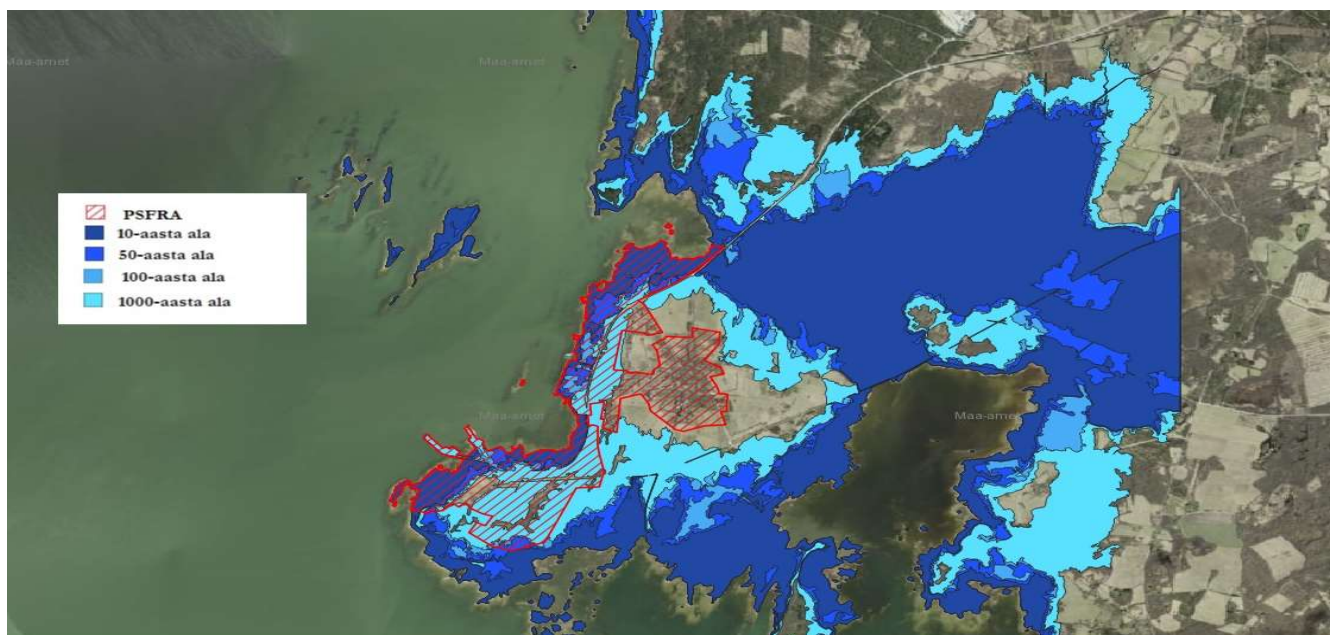
## Häädemeeste alevik

Üleujutust põhjustav objekt on meri. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter.



## Virtsu alevik

Üleujutust põhjustav objekt on meri. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter.



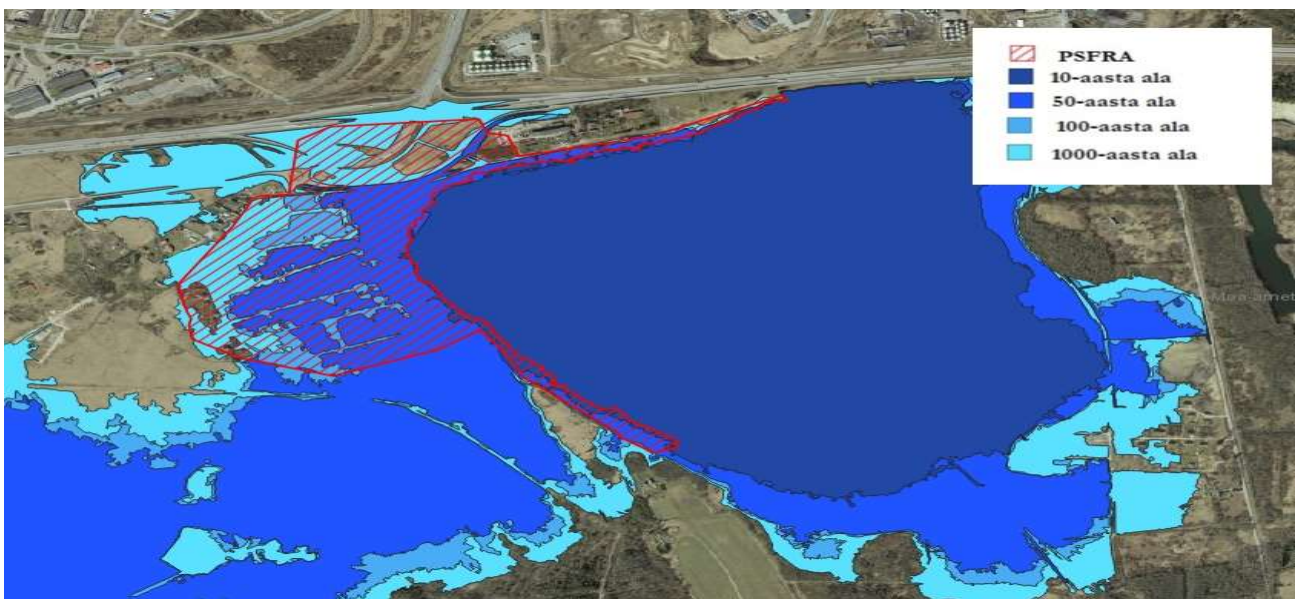
## Võru linn

Üleujutust põhjustav objekt on Tamula järv ja Võhandu jõgi. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter. Kuna Tamula järve ja Võhandu jõe stsenaariumi väärtused olid ligilähedased, siis kaardi moodustamisel alad liideti ning kasutati Tamula järve ala kohta arvatud veetaseme väärtuseid.



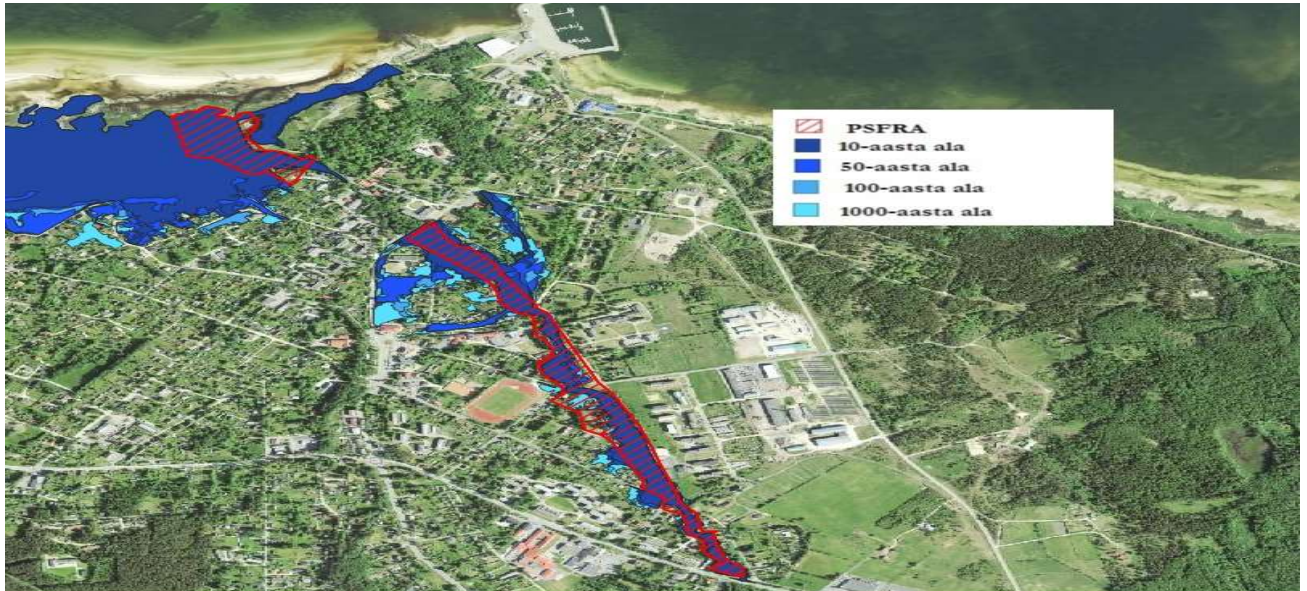
## Maardu linn

Üleujutust põhjustav objekt on Maardu järv. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter.



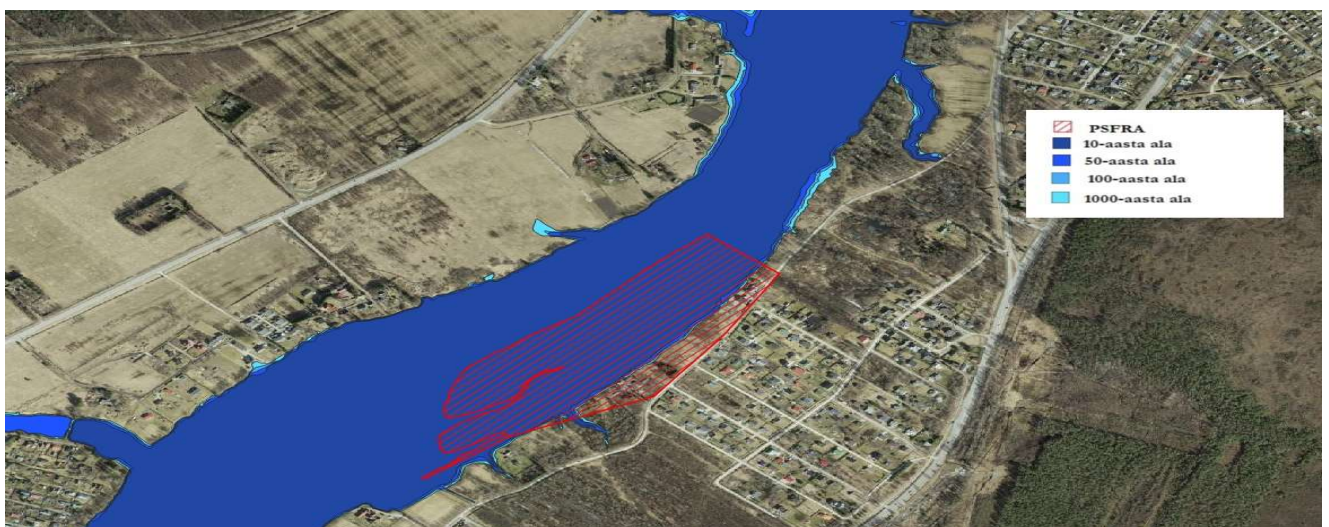
## Kärdla linn

Üleujutust põhjustavateks objektideks on meri ja Nuutri jõgi. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter. Mere ja jõe alasid omavahel ei ühendatud, kuna kõrgusväärtused olid liialt erinevad. Nuutri jõe puhul arvestati jõe languga.



## Sindi linn

Üleujutust põhjustavaks objektiks on Pärnu jõgi. Maapinna kõrgusmudel (DEM) on koostatud Maa-ameti 2017. ja 2018. aasta ALS andmetest, piksli suuruseks on 1 meeter. Jõe langu ei arvestatud, kuna ala on väike.



### Lisa 3. Üleujutuseladel asuvad tundlikud objektid

POI_ID	NIMI	NIMI	GRUPP
73050	Pärnu päästekomando	Riiklik	paastekomando
95289	SA Kuressaare Hoolekanne	segatüüpi hoolekandeesutus	hoolekanne
95320	Häädemeeste Sotsiaalkeskus	muu asutus (haigla osakond, töökeskus vms)	hoolekanne
95368	SA Kuressaare Hoolekanne	segatüüpi hoolekandeesutus	hoolekanne
95410	SA Kuressaare Hoolekanne	segatüüpi hoolekandeesutus	hoolekanne
95564	Kuressaare Haigla SA Hooldekodu	üldhooldekodu	hoolekanne
95625	Samaaria Misjon	varjupaik	hoolekanne
95627	Kuressaare laste ja naiste varjupaik Laurits	varjupaik	hoolekanne
95720	Kuressaare Ametikool	kutseõppeasutus	haridus
95748	Pärnu Tammsaare Kool	põhikool või gümnaasium	haridus
95850	Tartu Raatuse Kool	põhikool või gümnaasium	haridus
96197	Kuressaare Gümnaasium	põhikool või gümnaasium	haridus
96214	Tahkuranna Lasteaed-Algkool	põhikool või gümnaasium	haridus
96273	Tartu Ülikooli Pärnu Kolledž	ülikool	haridus
96319	Pärnu Kesklinna Lasteaed	koolieelne lasteasutus	haridus
96327	Pärnu Tammsaare Lasteaed	koolieelne lasteasutus	haridus
96416	Minilasteaed Lõvimeri	koolieelne lasteasutus	haridus
96632	Audru Lasteaed (Vikerkaare maja)	koolieelne lasteasutus	haridus
96648	Kuressaare Tuulte Roosi Lasteaed	koolieelne lasteasutus	haridus
96652	Kuressaare Pargi Lasteaed	koolieelne lasteasutus	haridus
96768	Eralasteaed Kõige Suurem Sõber	koolieelne lasteasutus	haridus
96880	Pärnu Waldorfkool	põhikool või gümnaasium	haridus
96908	Waldorflasteaed Pauliine	koolieelne lasteasutus	haridus
122232	Haapsalu kiirabibaas	kiirabiteenus	kiirabi
122262	Kuressaare kiirabibaas	kiirabiteenus	kiirabi
122300	Pärnu kiirabibaas	kiirabiteenus	kiirabi
122449	Kuressaare haigla	üldhaigla	haigla
122455	Haapsalu neuroloogiline rehabilitatsioonikeskus	muu haigla	haigla
125144	Lääne Prefektuur	prefektuur	politsei
125160	Pärnu politseijaoskond	politseijaoskond	politsei
154604	MTÜ Maarjakodu	erihooldekodu	hoolekanne
154606	OÜ Zunt Villa Mare Pansionaat	üldhooldekodu	hoolekanne
154607	OÜ Zunt Fööniks Pansionaat	üldhooldekodu	hoolekanne
154747	ProVida Kliinik OÜ	erihooldekodu	hoolekanne
155926	Pärnu arestimaja	arestimaja	politsei
156280	Pärnu Ülejõe Lasteaed	koolieelne lasteasutus	haridus