



**Töö nr:** 2021110

**Töö tellija:**

Keskkonnaministeerium  
Reg. nr. 77000246  
Narva mnt 7a  
15172 Tallinn  
Harjumaa

**Objekti asukoht:**

Pärnumaa

Inseneribüroo Urmas Nugin OÜ

Reg. nr. 10696600

Tähe 106, 50107 Tartu

Tel. 7 303 735; 50 78 277

e-post: [ibun@ibun.ee](mailto:ibun@ibun.ee)

[www.ibun.ee](http://www.ibun.ee)

EEG000453	05.02.2018
EO10696600-0001	05.02.2003
EP10696600-0001	05.02.2003
EK10696600-0001	05.02.2003
MATER: MK, MU,	03.11.2003
MO, MP 0019-00	
Muinsuskaitseameti	09.08.2010/
tegevusluba	18.07.2011
E518/2010	

**Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine setete  
liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete võimalikule  
kogunemisele Pärnu jõe suudmesse**

**EKSPETRTARVAMUS**

Juhataja: Lauri Lokko

Koostaja: Meelis Viirma  
(Volitatud hüdrotehnikainsener  
kutsetunnistus nr 166406)

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

## **SISUKORD**

ASUKOHA SKEEM .....	3
SELETUSKIRI .....	4
1 SISSEJUHATUS .....	4
2 UHTAINETE LIIKUMINE .....	4
3 PÄRNU JÕE UHTAINETE ÄRAKANNE .....	8
4 JÕE PÕHJA UURINGUD PAISUTUSALAL .....	12
5 SINDI PAISU EEMALDAMISE MÕJU UHTAINETE ÄRAKANDELE VÕETUD HELJUMIPROOVIDE ALUSEL .....	12
6 SINDI PAISU AVAMISE TÖÖTsoonis tehtu mõju hinnang pinnastööde MAHU ALUSEL .....	19
7 PÕHJAUHTAINETE ÄRAKANDE ANALÜÜS .....	22
8 KOKKUVÕTE .....	23

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Address: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

## ASUKOHA SKEEM



Joonis 1. Asukoha skeem. (Allikas Maa-amet).

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

## **SELETUSKIRI**

### **1 SISSEJUHATUS**

Ekspertarvamus on erialakirjandusele tuginedes antud lühiülevaade paisutamise ja paisutuse eemaldamise mõjust setete liikumisele. Jõe poolt kaasakantavate uhtainete hulga hindamisel on lähtutud heljumi laboranalüüside tulemustest. Tuginedes Sindi paisu avamise ehitusprojektile [15] on hinnatud tööde võimalikku mõju lähtuvalt veekeskkonnas teisedaldatud või sinna paigaldatud materjali mahust. Esitatud fotod on tehtud töö koostaja poolt kui ei ole viidatud teisiti.

### **2 UHTAINETE LIIKUMINE**

Voolveekogus liiguvad veega kaasa kivimite murendist ja/või organismide jäänustest koosnev pude aines ehk uhtained. Uhtained jagunevad põhja mööda liikuvateks (põhjauhtained) ja heljuvateks (heljuvad uhtained ehk heljum).

Tasandikujõgedel ei ületa põhjauhtained, milleks on liiva ja kruusaosakesed, tavaliselt 10-15% uhtainete kogukaalust [1, lk 21]. Valgevenes tehtud uuringute kohaselt ei ületa põhjauhtainete mass suuremetel jõgedel 10% ja väiksematel (pikkus alla 100 km) 5% kogu uhtainete massist. Kogus sõltub oluliselt voolusängi materjalist, kujust ja muutumise (näit meanderiseerumine) protsessi kiirusest [2, lk 47-48].

Põhjauhtained kanduvad voolusängis edasi regulaarselt seiskuvate lainjate düünilaadsete mikrovallidena. Vallide pikkus jääb enamasti vahemikku 2-10 voolusügavust ja kõrgus 0.06-0.20 voolusügavust [7, lk 117]. Liivaosakeste liikuma panemiseks on vajalik voolukiirus 0,10-0,15 m/s, kruusaosakestel 0,15-0,50 m/s, veerisel 0,6-1,6 m/s [2, lk 47-48].

Olenevalt vooluhulgast settib materjal voolukiiruse langedes välja ja voolukiiruse tõustes kandub see taas edasi. Settinud materjalist moodustuvate vallide ja seljandike mõju voolusängi kuju muutumisele sõltub pinnasest, milles süng paikneb.

Valdavalt liivast koosneva valli liikumiskiiruseks on suurtel tasandikujõgedel mõõdetud 1,0-5,0 m/d (veepinna lang 0.000069-0.000195) ning väikestel ja keskmistel jõgedel 12,0-146,0 m/d (veepinna lang 0.000270-0.001660). Protsesside keerukuse ja raskesti uuritavuse tõttu ei ole kokku lepitud põhjauhtainete üldtunnustatud definitsioonis, mille alusel seda rangelt

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Stadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

eristada heljumist ja saltatsiooniga edasi kanduvast materjalist. Uurimistulemuste alusel koostatud empiiriliste valemite puhul peetakse rahuldavaks kui põhjauhtainete arvutustulemus ja mõõtmistega määratav tegelikkus erinevad kuni 1,5-2 korda [3, lk 2-12].

Tuleb siiski silmas pidada, et valdavalt on uuringuid tehtud ja nende alusel seoseid leitud suurtel jõgedel, mille tavaline suurveeaegne vooluhulk on 5-10 korda suurem kui Pärnu jõel ja mille summaarne uhteainete äraanne on kordades suurem. Tulemust on võimalik täpsemaks saada konkreetse piirkonna jõgede ja jõelõikude uuringutel põhinevate empiiriliste valemite koostamisega, mis looks seose oluliselt lihtsamini mõõdetava vooluhulgaga. Näiteks Venemaa Leningradi oblastis asuva Luga jõe erinevatel lõikudel on saadud uuringutel põhinevad empiirilised seosed vooluhulga vahemikule 20-200 m<sup>3</sup>/s, mille puhul sama vooluhulga korral erineb põhjauhtainete äraanne erinevatelt lõikudelt kordades (antud jõe puhul 5-7 korda) [7, lk 117, 128, 140]. Nagu uuringust nähtub, võivad konkreetset jõelõiku uurimata empiiriliste valemitega arvutatavad tulemused olla üsna ebatäpsed.

Analoogselt toimub ka heljumi edasikandumine, kuid materjali settimisaeg on mõõdetav päevades ja nädalates ning väljasettides ei moodusta see erinevalt põhjauhtainetest valge seljandikke.

Erineva terasuurusega materjali settimiskiirus seisvas vees on esitatud alljärgnevas tabelis **Tõrge! Ei leia viiteallikat.** [8].

**Tabel 1. Pinnaseosakeste settimiskiirus seisvas vees (temperatuur 10°C), osakeste erikaal 2,65 g/cm<sup>3</sup>**

Diameeter (mm)	Settimiskiirus (mm/s)	Diameeter (mm)	Settimiskiirus (mm/s)	Diameeter (mm)	Settimiskiirus (mm/s)
10	1000	0,6	65	0,04	1,1
3	193	0,5	54	0,03	0,6
2,5	177	0,4	43	0,02	0,3
2,0	153	0,35	36	0,01	0,07
1,5	126	0,30	32	0,006	0.065
1,0	94	0,25	2,7	0,002	0.0062
0,9	88	0,15	16	0,0015	0.0035
0,8	81	0,10	6,9	0,0001	0.000015
0,7	73	0,05	1,7	0,00001	0.000000154

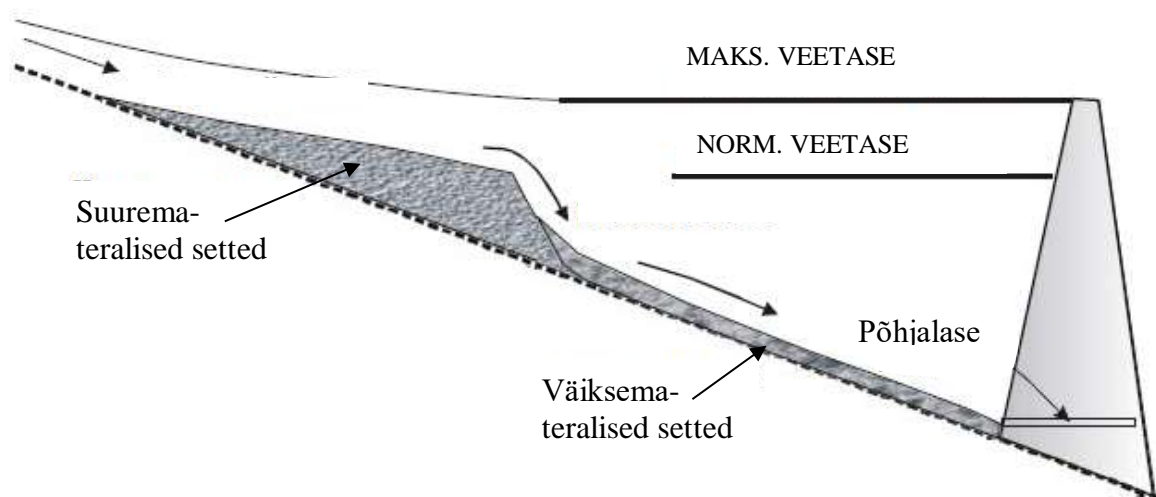
Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

Jõe paisutamise tulemusel suureneb voolu ristlõike pindala ja sügavus ning väheneb voolu kiirus. Enne paisutamist edasikandunud osakesed hakkavad seetõttu välja settima. Suurema läbimõõduga osakesed settivad välja paisutusala alguses, peenemad osakesed paisule lähemal (vt Joonis 2). Jämedama materjali settimismaa pikkus sõltub reguleeritava mahuga veehoidlatel oluliselt minimaalsest veetasemest ja veetaseme muutumise ulatusest. Paisudel, mille juures veetaset ei reguleerita, kujuneb jämedama materjali settimisala välja olenevalt looduslikest tingimustest. Settimisala pikeneb aja jooksul aeglaselt ülesvoolu [1, lk 62, 89].



### **Joonis 2. Veehoidla setetega täitumise põhimõtteline skeem [1, lk 62]**

Veehoidlates, mille maht on rohkem kui 10% keskmisest aastasest sissevoolust, võib eeldada 75-100% uhtainete väljasettimist. Veehoidlates, mille maht on 1% keskmisest aastasest sissevoolust, võib eeldada 30-55% uhtainete väljasettimist. Juhul kui veehoidla maht on vähem kui 0.1% keskmisest aastasest sissevoolust, võib väljasettivate uhtainete mahtu lugeda nullilähedaseks [4, lk 2-58]. Juhul kui vooluveekogu paisutamisel vahetub vesi paisutusala kiiremini kui 10 päeva tagant, säilib veekogu jõeline iseloom [5, lk 2-58]. Eelöeldust ei järeldu, et väikese mahuga jõelise iseloomuga paisutusala setteid üldse ei kogune, vaid see, et nende maht ja mõju on tulenevalt veekogu parameetritest ebaoluliselt väike.

Suurtele jõgedele rajatud reguleeritava mahuga veehoidlate ja paisude puhul on täheldatud paisu rajamisele järgnevalt muutusi ka paisust allavoolu jäävas jõesängis. Hüdroloogilise

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

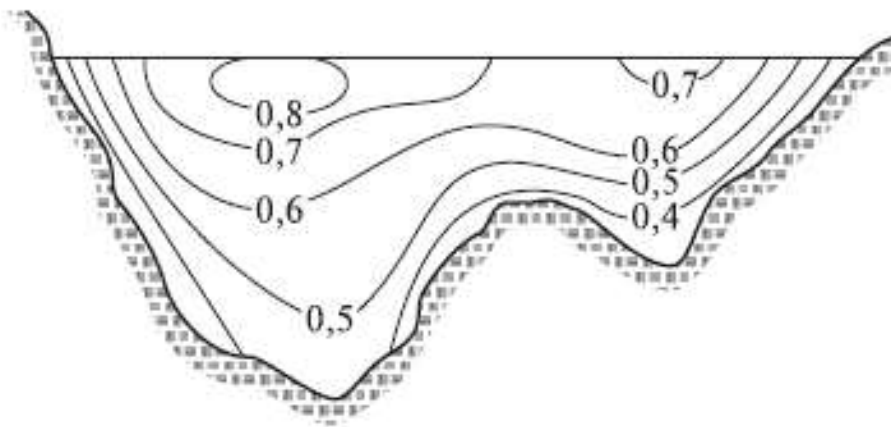
Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

režiimi muutmisega on kaasnenud voolusängi sügavuse suurenemine paisust allavoolu ja muutusi on täheldatud kuni 150 km kaugusel paisust. [2, lk 98].

Paisu eemaldamise või paisutustaseme alandamise mõju avaldub esmalt suuremateraliste setete kogunemise tsoonis. Setted kanduvad allavoolu ja settivad uuesti piirkonnas, kus voolu kiirus piisavalt väheneb, kattes seejuures varasemalt settinud peenemateralise materjali. Järgmine edasikanne saab toimuda siis kui voolu kiirus settinud materjali pinnal ületab osakese liikuma panekuks vajaliku voolukiiruse. Samakiirusjoonte põhimõtteline jaotus voolusängi ristlõikes on näidatud joonisel Joonis 3 [2, lk 38]. Kriitiliste tingimuste tekkimiseni jääb materjal paigale. Olenevalt jääkatte olemasolust, tuule suunast, taimestikust ja uhteainete eneste settimisest ja liikumisest võib samakiirusjoonte jaotus konkreetses ristlõikes sama vooluhulga juures olla erinev. Näiteks taimestik vähendab ja jääkate suurendab kiirust veekogu põhjas. Materjali erodeeritavust ja settimist sõltuvalt tera suurusest kirjeldavad Hjulströmi kõverad, vt Joonis 4 [6, lk 124].



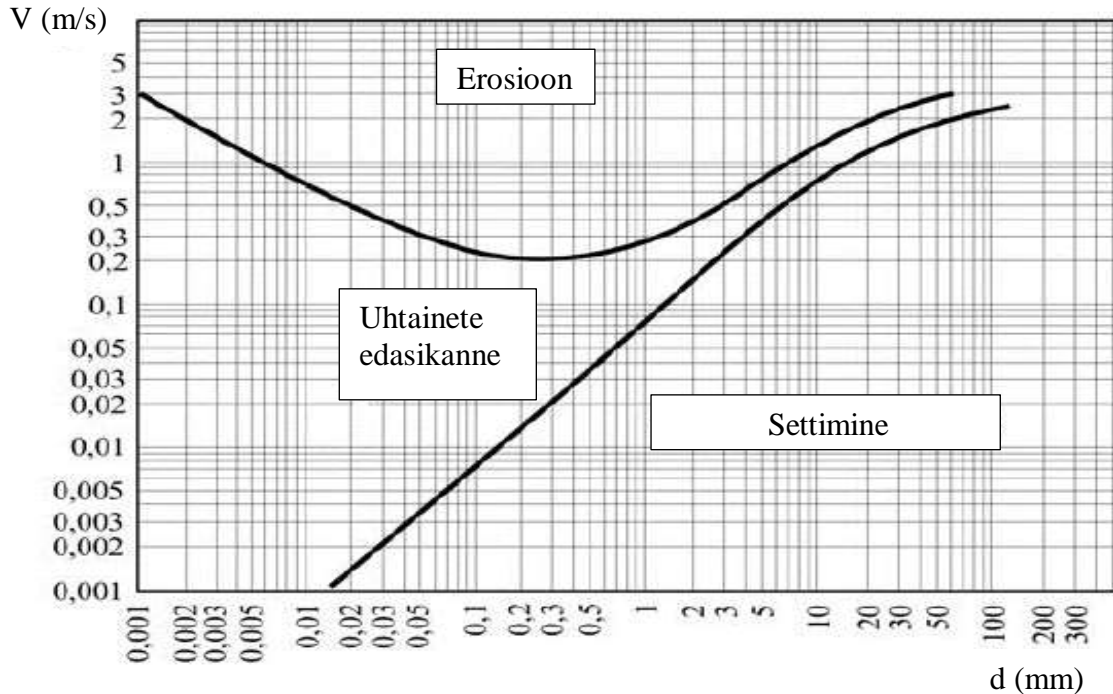
**Joonis 3. Samakiirusjoonte põhimõtteline jaotus voolusängi ristlõikes [2]**

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022



Joonis 4. Uhtainete edasikandumise ja settimise sõltuvus osakese suurusest ja voolukiirusest [6]

### 3 PÄRNU JÕE UHTAINETE ÄRAKANNE

Teadaolevalt ei ole põhjauhtainete liikumist ja mahtu Pärnu jões uuritud nii, et need andmed oleks leitavad ja kasutatavad. Jõe heljumisisaldust on uuritud ja käesoleva töö koostamiseks olid kättesaadavad perioodi 1993-2020 andmed. Aasta 1992 kohta oli olemas ainult poole aasta määrangute andmed ja seetõttu jäeti see aasta analüüsist välja. Enne 1970-ndat aastat kogutud andmete põhjal on tehtud üldistus, et vee heljumisisaldus on alla 10 mg/l [9, lk 390].

Oore hüdromeetriaajas aastatel 1993-2020 võetud heljumiproovide (323 tk) alusel oli keskmine heljumi sisaldus 10 mg/l, mis on kooskõlas varasema kirjanduse andmetega ja perioodi keskmise vooluhulga 51,3 m<sup>3</sup>/s alusel arvatuna annab Sindi ristlõikes keskmiseks heljumi koguseks ca 16000 tonni aastas.

Ärakanavate uhtainete kogus on tugevas korrelatsioonis vooluhulgaga. Perioodi 1993-2020 vooluhulga ja heljumi korrelatsioonikordaja on 0,87. Täpsemaks analüüsiks arvutati käesolevas töös kahe heljumiproovi võtmise vahelisele perioodile keskmine heljumisisaldus ja arvutati selle perioodi keskmise vooluhulga alusel perioodi heljumi kogus (vt. Tabel 2,



Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Stadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

Tabel 3).

Heljumiproovide võtmine ei ole olnud erinevalt igapäevasest vooluhulga registreerimisest regulaarne. Erinevatel aastatel oli võetud heljumiproovide arv ja aeg erinev. Enamusel aastatest võeti keskmiselt üks proov kuus, kuid proovide võtmine ei toimunud alati ekstreemse vooluhulga tingimustes. Kuna enamus uhtainetest kantakse ära suurvee ajal (st vooluhulga 50-100 m<sup>3</sup>/s tingimustes võetud proovid ei kompenseeri vooluhulga 200-400 m<sup>3</sup>/s ajal võtmata jäänud proove), hindavad arvutustulemused ja ka varasemad hinnangud heljumi ärakannet tegelikust pigem väiksemaks (vt näiteks 1993 ja 1996 aasta tulemused).

**Tabel 2. Heljumi ärakanne Oore hüdromeetrijaama andmete alusel perioodil 1993-2020 aastate kaupa**

Aasta	Proovide arv (tk)	Q <sub>kesk</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>med</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Heljum (tonni)
1993	6	39.5	28.3	7.7	181	3173
1994	10	54.4	30.1	5.5	375	27868
1995	9	55.3	41	5.5	333	25055
1996	11	25.9	11.3	3.6	164	3874
1997	12	46.1	33.9	4.1	343	13339
1998	12	60.3	50.7	21.1	162	15762
1999	12	50.3	23.6	3.6	334	27303
2000	12	43.8	22.3	6.1	152	15526
2001	12	51.6	32.4	8.6	232	20659
2002	12	41.7	15.7	3.1	277	17590
2003	12	33	15.3	5.2	107	13431
2004	12	64.2	60.2	15.2	416	30514
2005	12	58	35.2	8.8	313	25312
2006	12	29.9	12.6	3	219	18447
2007	12	49.7	37	4.1	244	20150
2008	12	77.3	67.7	6.9	297	35318
2009	12	57.7	30	12.5	315	16965
2010	12	62.2	31.3	7.5	515	16873
2011	12	63.3	34.7	6.6	481	23777
2012	12	70.9	38.4	12.8	331	16970
2013	12	43.3	28	4.2	367	14615
2014	12	32.4	29.6	5.7	110	8198
2015	12	43.8	22.1	4.7	168	11378
2016	11	54.6	31	7.6	240	14230
2017	12	61.1	42.9	5.9	214	20594
2018	12	32.2	31.7	3.9	224	9729
2019	12	49.7	21.8	3.5	250	13224

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

2020	11	54.5	45.4	6.8	238	23784
------	----	------	------	-----	-----	-------

**Tabel 3. Heljumi ärakanne Oore hüdromeetriaajama andmete alusel perioodil 1993-2020**

Jrk. nr.	Näitaja	Vooluhulk	Heljum	Heljumi ärakanne aastas
1	Lugemite arv	10227 tk	323 tk	28
2	Keskmine	50.2 m <sup>3</sup> /s	9,9 mg/l	18000 t
3	Mediaan	30,0 m <sup>3</sup> /s	7 mg/l	17000 t
4	Miinumum	3,0 m <sup>3</sup> /s	1 mg/l	3200 t
5	Maksimum	515 m <sup>3</sup> /s	84 mg/l	35500 t

Lähtuvalt kirjanduses toodust, mille kohaselt ei ületa põhjauhtained 5-10% uhtainete kogumassist, võib heljumile lisanduvate põhjauhtainete ärakanne Pärnu jões Oore lävendis olla keskmiselt 900-1800 tonni aastas. Ekstreemsetel aastatel võib materjali hulk olla sellest omakorda kuni 2 korda erinev st 450-3600 tonni aastas. Heljumisisaldus muutub aasta lõikes kahe suurusjärgu ulatuses.



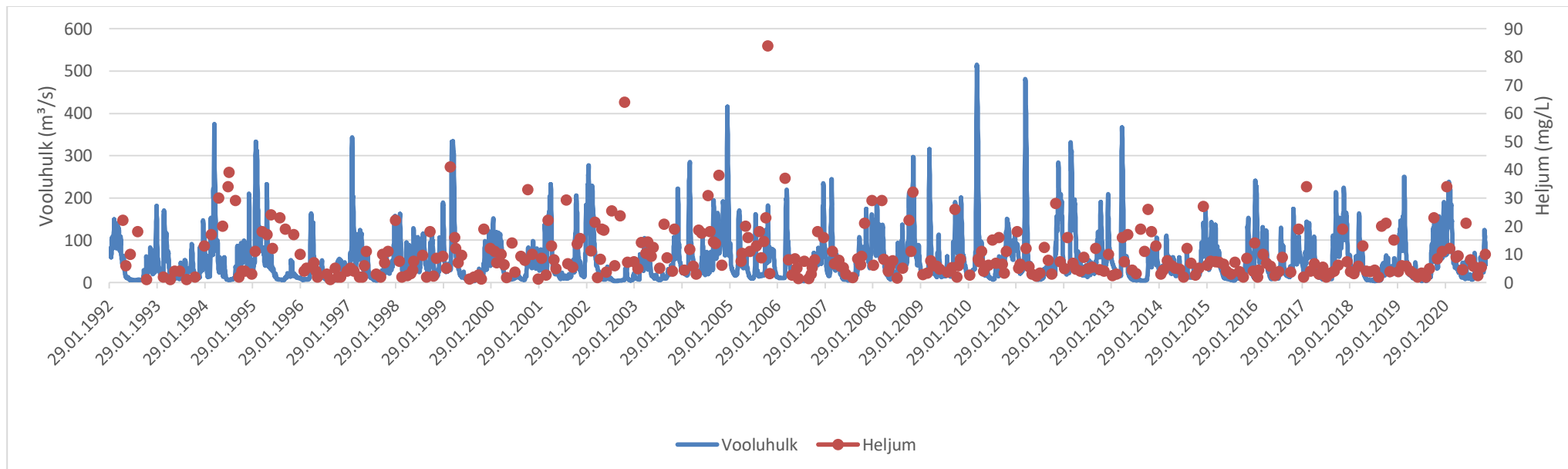
**Foto 1. Suurvesi Sindi paisul jaanuaris 2015**

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Address: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022



**Joonis 5. Pärnu jõe vooluhulk ja heljumisisalduse proovide tulemused Oore hüdromeetrijaamas 11.05.2015 kuni 31.12.2020**

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

#### **4 JÕE PÕHJA UURINGUD PAISUTUSALAL**

Viimase, aastatel 1972-1976 ehitatud paisu poolt mõjutatud jõelõigu pikkuseks võib lugeda 5,5-6 km. Varasemad paisud olid madalamad ja seetõttu oli nende paisutusala ka lühem. Jõe põhja ülemist kihti uuriti Sindi paisu avamise projekti ja sellele eelnenud projektide raames tehtud uuringutega [10] 2016. aastal, 2006. aastal [11] ja 2000. aastal [12]. Paisu rajamisel tehtud uuringute (1966-1968) tulemused kajastuvad nimetatud uuringute aruannetes. Paisu avamise projekti uuringulõik ulatus paisust Kurina jõe suudmeni. Jõe põhja ülemise kihi moodustasid valdavalt kruus ja liivaga segatud veerised. Muda (saviliiv orgaanikaga) leidis peale paisu eemaldamist kuivale (ujutatakse üle ainult suurvee ajal) jäänud roostiku alal Silla tänava endisest raudteesillast ülesvoolu parema kalda tsoonis. Samuti leidis muda (ca 1300 m<sup>3</sup>) endise elektrijaama veehaarde ja vabriku kanali sissevoolu piirkonnas vasaku kalda tsoonis (praeguseks täidetud ala).

#### **5 SINDI PAISU EEMALDAMISE MÕJU UHTAINETE ÄRAKANDELE VÕETUD HELJUMIPROOVIDE ALUSEL**

Sindi paisu lammutamise ja kärestiku rajamise mõju jälgimiseks võeti ehitusperioodil 10.1.0.2018-12.02.2020 heljumi proove kolmest ristlõikest:

Paikuse (Sindi oja suue) proovipunkt: X= 6471170, Y= 535661 (paisust allavoolu 4,6 km)

Sindi vana kalmistu proovipunkt: X= 6473051, Y= 537244 (paisust allavoolu 2,2 km)

Sindi Viira tänava proovipunkt: X= 6475487, 539485 (paisust ülesvoolu 1,5 km)

Igast ristlõikest võeti kolm proovi (jõe kumbagi kalda tsoonist ja keskelt). Käesoleva töö koostamisel arvutati iga proovivõtu korra kohta keskmine heljumisisaldus ristlõikes. Kahe heljumiproovi võtmise vahelisele perioodile arvutati keskmine heljumisisaldus ja arvutati selle perioodi keskmise vooluhulga alusel perioodi heljumi kogus. Kokku võeti heljumi proove 39 korral ja keskmised arvutati 38 ebavõrdse pikkusega perioodi kohta (vt Tabel 4).

Tabel 4 on märgitud Oore hüdromeetriaama vooluhulk ja heljumi summaarne kogus arvutatud selle alusel. Arvestades asjaolu, et Oore hüdromeetriaama valgala on 5160 km<sup>2</sup> ja Sindi kärestiku ristlõikes on Pärnu jõe valgala 5342 km<sup>2</sup>, on uhtainete summaarne arvutuslik

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

ärakanne Sindi ristlõikes Oore ristlõikes arvatust 3,5% suurem. Ekspertarvamus on jäetud  
vooluhulgad Sindi paisu lävendisse ümber arvutamata, et heljumi summaarne kogus oleks  
Oores ja Sindis võrreldav sama vooluhulga alusel (valgala ja vooluhulga proportsionaalse  
suurenemisega kaasneb summaarselt uhtainete koguse suurenemine).

Ärakantavate uhtainete kogus oli kahes proovipunktis tugevas korrelatsioonis vooluhulgaga.  
Viira proovipunktis oli vooluhulga ja heljumisisalduse korrelatsioonikordaja 0.49 ja Paikuse  
proovipunktis 0.71. Kalmistu proovipunktis oli korrelatsioonikordaja 0.28, mis ka nivool  $\alpha=0.1$   
on piiripealne. Väga nõrk seos või seose puudumine kalmistu proovipunktis vooluhulga ja  
heljumisisalduse vahel on tõlgendatav kui ehitustegevusest tulenev häiring. Tööde tsoonist ära  
kantava heljumi kogus sõltus peamiselt veekeskkonnas tehtavate tööde iseloomust mitte  
vooluhulgast ja kalmistu proovipunktis oli mõju veel täheldatav. Tulemus on kooskõlas tööde  
teostamise tehnoloogiaga, sest materjali väljakaevamist või paigutamist veekeskkonda püüti  
teha võimalikult väikese vooluhulga korral, mistõttu toimus heljumisisalduse suurenemine  
looduslikust olukorrast just väikese vooluhulga korral.



*Foto 2. Sindi väliujula süvendamine 2019 aasta veebruaris (R.Ariko foto)*

Tellija: Keskkonnaministeerium  
 Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
 setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
 võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
 suudmesse

Töö nr: 2021110  
 Staadium: Ekspertarvamus

Address: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

**Tabel 4. Heljumi ärakanne Sindi paisu lammutamistööde tsoonis mõõdetud andmete alusel**

Perioodi algus	Perioodi lõpp	Perioodi pikkus (d)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Viira mg/l	Kalmistu mg/l	Paikuse mg/l	Viira (tonni)	Kalmistu (tonni)	Paikuse (tonni)
03.10.2018	10.10.2018	7	41.1	9.6	12.5	9.6	239	311	239
10.10.2018	17.10.2018	7	34.6	8.4	12.7	8.7	176	266	182
17.10.2018	24.10.2018	7	19.2	5.5	20.8	16	64	242	186
24.10.2018	31.10.2018	7	37.7	8.7	82.2	20.1	198	1874	458
31.10.2018	05.11.2018	5	59.5	9.4	70.4	9.5	242	1810	244
05.11.2018	14.11.2018	9	34.9	13	29.5	10.8	342	801	293
14.11.2018	20.11.2018	6	50.6	13	40.8	16.3	344	1070	428
20.11.2018	28.11.2018	8	28.6	6	19	9.4	119	376	186
28.11.2018	10.12.2018	12	23.6	6.2	19.7	6.3	152	482	154
10.12.2018	18.12.2018	8	32.8	6.1	19	8.1	138	431	184
18.12.2018	02.01.2019	15	25.5	32	13.1	9	1054	433	297
02.01.2019	07.01.2019	5	54	35	19	13.5	809	443	315
07.01.2019	10.04.2019	93	89.7	10	13.9	13.5	7208	10019	9730
10.04.2019	17.04.2019	7	44.1	9.2	9.9	8.4	245	264	224
17.04.2019	24.04.2019	7	30.2	7	8.2	8.7	128	150	159
24.04.2019	29.05.2019	35	17.8	4.9	6	8.4	264	323	452
29.05.2019	05.06.2019	7	12.9	4.7	5.7	5.9	37	44	46
05.06.2019	26.06.2019	21	15.6	5.2	9.9	5.4	147	280	153
26.06.2019	03.07.2019	7	6.8	4.9	9.4	5	20	39	21
03.07.2019	10.07.2019	7	8.4	4.5	6.4	5.2	23	33	26
10.07.2019	17.07.2019	7	10.4	4.3	5.2	4.5	27	33	28

Tellija: Keskkonnaministeerium  
 Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
 setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
 võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
 suudmesse

Töö nr: 2021110  
 Staadium: Ekspertarvamus

Address: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

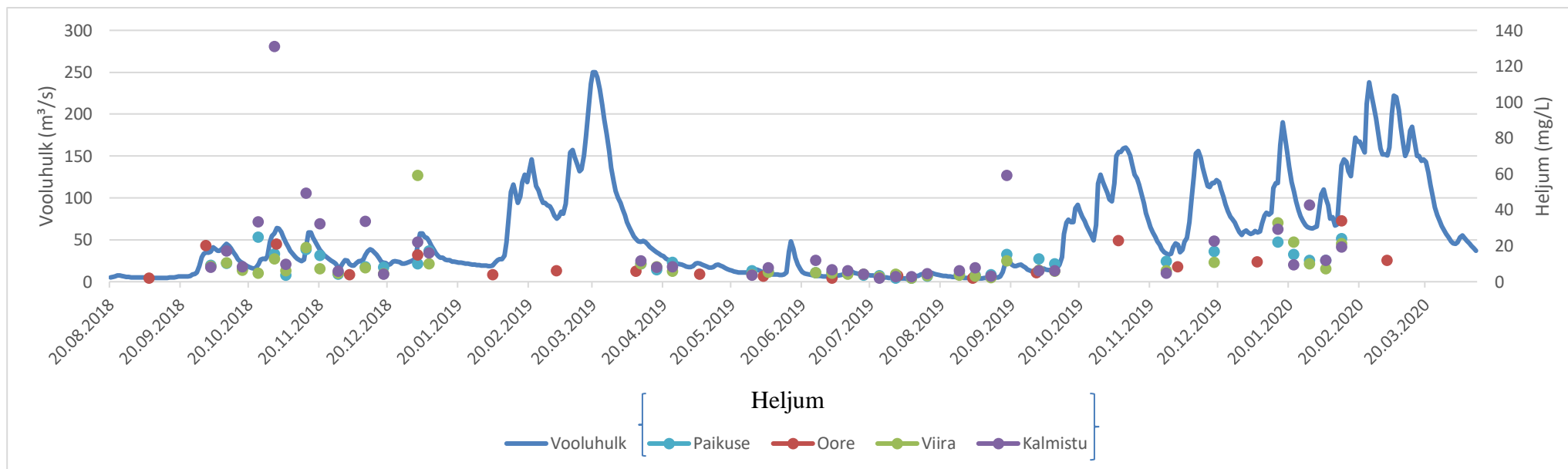
Perioodi algus	Perioodi lõpp	Perioodi pikkus (d)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Viira mg/l	Kalmistu mg/l	Paikuse mg/l	Viira (tonni)	Kalmistu (tonni)	Paikuse (tonni)
17.07.2019	24.07.2019	7	7.5	3.5	3.2	3.5	16	15	16
24.07.2019	31.07.2019	7	5.2	3.5	2.4	2.7	11	8	8
31.07.2019	07.08.2019	7	4.1	3.1	2.7	2	8	7	5
07.08.2019	14.08.2019	7	8	2.7	3.6	2.6	13	17	13
14.08.2019	28.08.2019	14	7.8	3.4	5.3	3.8	32	50	36
28.08.2019	04.09.2019	7	4.6	3.3	6.9	4	9	19	11
04.09.2019	11.09.2019	7	4.3	2.6	5.5	3.9	7	14	10
11.09.2019	18.09.2019	7	10.8	7	31.3	9.7	46	204	63
18.09.2019	02.10.2019	14	18.3	9	32.7	14	199	724	310
02.10.2019	09.10.2019	7	15	6	6	11.4	54	54	103
09.10.2019	27.11.2019	49	90.1	5.9	5.4	10.7	2251	2060	4081
27.11.2019	18.12.2019	21	88.4	8.4	13.7	14	1347	2197	2246
18.12.2019	15.01.2020	28	84.3	22	26	19.4	4425	5302	3956
15.01.2020	22.01.2020	7	150.6	27	19.3	18.7	2496	1758	1703
22.01.2020	29.01.2020	7	82.2	16	26	13.7	795	1293	681
29.01.2020	05.02.2020	7	84.7	8.7	27.4	12	446	1404	615
05.02.2020	12.02.2020	7	93.9	14	15.7	18	812	892	1022
						KOKKU	24943	35741	28884

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Address: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022



**Joonis 6. Pärnu jõe vooluhulk ja heljumisisalduse proovide tulemused perioodil 3.10.2018 kuni 12.02.2020 Oore hüdromeetriaama ja Sindi oja suudme vahelisel lõigul**



Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

Heljumiproovide võtmise ajavahemiku (3.10.2018-12.02.2020) pikkus on ca 1,4 aastat. Summaarne ristlõiget läbinud arvutuslik heljumi kogus arvatuna Oores mõõdetud vooluhulga alusel on toodud Tabel 5. Tegelikuses on heljumi summaarne ärakanne suurem proportsioonis valgala ja vooluhulga suurenemisega.

**Tabel 5. Heljumi ärakanne ehitusperioodil arvatuna Oores mõõdetud vooluhulga alusel**

Aasta	Viira (tonni)	Kalmistu (tonni)	Paikuse (tonni)	Oore (tonni)
10.2018-12.2018	3000	8000	2800	3200
2019	15000	19500	19900	13200
01.2020-12.02.2020	7000	8200	6100	7400

Tabel 5 nähtub, et paisutuse likvideerimine suurendas 2019 aastal mõnevõrra (ca 10%) heljumi ärakanne paisutusalt ja tööde tegemine suurendas heljumisisaldust Sindist allavoolu võrreldes selle aasta loodusliku fooniga keskmiselt 1,5 korda. Võrreldes perioodi 1993-2020 keskmisega (18000 tonni, vt Tabel 3) oli heljumi ärakanne keskmisest ca 10% suurem. Samas esines perioodil 1993-2020 aastaid, kus looduslik heljumi ärakanne oli ehitusaegsest veel 1,5...1,8 korda kõrgem. Heljumiproovid puuduvad 2020. aasta aprillis toimunud vahetammi eemaldamise mõju kohta, kuid ei ole põhjust eeldada, et see oleks olnud kuidagi teistsugune 2018. ja 2019. aastal toimunud tammide paigaldamise ja teisaldamisega kaasnenud mõjust. Perioodil 28.01.2015 kuni 9.12.2020 on Pärnu jõe vee heljumisisaldust uuritud ka Pärnu linnas. Proovide võtmise intervall on analoogselt Sindi paisu piirkonnas võetuga erineva pikkusega. Tulemused on võrdluseks esitatud Tabel 6. Analoogselt Oore ja Sindi mõõtmistega on korrelatsioon vooluhulgaga tugev. Eristub muulide vahe, kus mere ja Pärnu sadamate veeliikluse mõju heljumi sisaldusele muutub oluliseks.

**Tabel 6. Heljumi analüüsid Pärnu linnas**

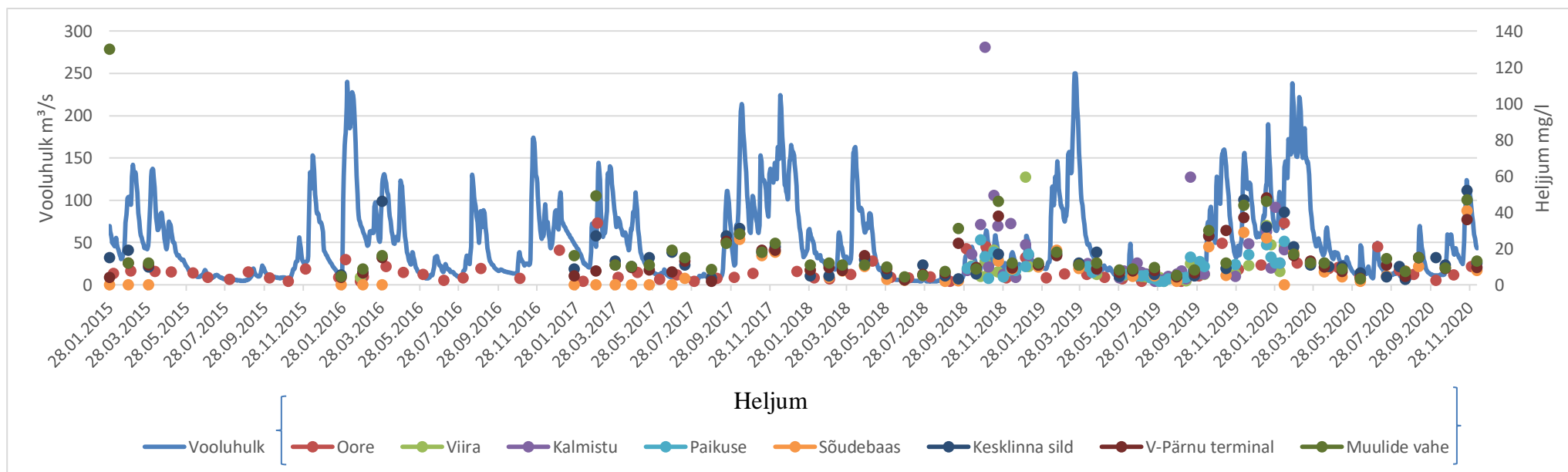
Jrk. nr.	Näitaja	Sõudebaas	Kesklinna sild	Vana-Pärnu terminal	Muulide vahe
1	Lugemite arv (tk)	42	58	54	54
2	Keskmine (mg/l)	10.5	14.4	13.1	17.9
3	Mediaan (mg/l)	7.7	11	9.4	12
4	Miinum (mg/l)	2	2.6	2	3.2
5	Maksimum (mg/l)	41	52	48	130
6	Korrelatsioonikordaja	0,71	0,65	0,57	0,27

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Address: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022



**Joonis 7. Pärnu jõe vooluhulk ja heljumisisalduse proovide tulemused perioodil 28.01.2015 kuni 9.12.2020 Oore hüdromeetriaajaama ja suudme vahelisel lõigul**

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

## **6 SINDI PAISU AVAMISE TÖÖTSOONIS TEHTU MÕJU HINNANG PINNASTÖÖDE MAHU ALUSEL**

Alternatiivina eelpool toodud heljumisisalduse aluselt tehtud analüüsile on uhtainete ärakannet hinnatud teisaldatud pinnase mahu alusel. Enamusel ajast voolavas vees töid ei tehtud. Peamised tööd, mille tulemusel sai toimuda heljumi suurenemine:

Rajatud kärestikust ülesvoolu jäävast ujulast kaevati välja 46000 m<sup>3</sup> pinnast. Töö tehti 2019. aasta talvel. Süvendatav ala oli enamuse pinnase väljakaevamise ajal pinnastammidega piiratud. Heljumi suurenemine sai toimuda tammide paigaldamise ja eemaldamise ajal ning voolava veega kokku puutunud kivimaterjali pinnalt peenema materjali minemauhtumisel.

Paisu parema kalda poolse osa eemaldamiseks paigaldati 2018. aasta sügisel jõkke paisu ülavee poolele paemurrust tamm betoonkeha lammutava tehnika liikumiseks (vt Foto 3).



***Foto 3. Paemurrust liikumistee paisu ülavees oktoobris 2018***

Kärestiku rajamiseks eraldati töötsoon pinnastammidega. Eraldati kaks töötsooni. Esimesena rajati kärestik vasaku kalda pool ja ka paisu vasaku kalda poolne betoonosa eemaldati tingimustes, kus töötsoon oli tammidega piiratud. Jõgi juhiti töötsoonist mööda parema kalda poolt. Vasaku kalda töötsoon avati 2019. aasta kevadel suurvee läbilaskmiseks. Veetase alanes

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

jõe parema kalda poolt möödajuhimise ajal 2019. aasta erakordselt veevaesel (juuli ja augusti keskmine vooluhulk oli ca 7 m<sup>3</sup>/s) suvel ca 3 m võrreldes paisu eemaldamise eelse ajaga.



**Foto 4. Ülevool paisu vundamendist parema kalda pool (kogu jõe vooluhulk) augustis 2019**

Vasaku kalda poolne kärestik valmis 2019. aasta septembris ja jõgi suunati valminud kärestikule. Vee tase tõusis vahetult peale jõe ümbersuunamist tasemele ca 3,2-3,3 m abs (BK77). Parema kalda poolne töötsoon piirati tammidega ja parema kalda poolne kärestik valmis 2020. aasta mai kuuks. Suurvee läbilaskmiseks parema kalda töötsooni ei avatud.

Heljumi suurenemine sai toimuda tammide paigaldamise ja eemaldamise ajal ning voolava veega kokku puutunud kivimaterjali pinnalt peenema materjali minema uhtumisel. Tammid rajati paemurrust, mida vesi allavoolu ei kandnud. Kärestiku kivikindlustise vahetäiteks paigaldatud ja allavoolu uhtud killustik settis välja ca 300-400 m pikkusel kärestikust vahetult allavoolu jääval lõigul ja kaevati peale tööde lõpetamist välja.

Kärestikust allavoolu jäävale ca 800 m pikkusele lõigule rajati kivide ja veeriste lisamisega kalade kudealad. Eelnevalt puhastati jõe põhi tööde piirkonnas osaliselt veetaimestikust. Heljumi suurenemine sai toimuda veetaimestiku eemaldamise ja kivimaterjali paigaldamise ajal voolava veega kokku puutunud materjali pinnalt peenema materjali minema uhtumisel.



Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

Samuti sai heljumi suurenemine toimuda ehitustehnika liikumise tõttu voolavas vees kudealade rajamise ajal.

Silla tänava endise raudteesilla alaveest eemaldati kunagise silla varemed. Heljumi suurenemine sai toimuda materjali eemaldamise ajal.



*Foto 5. Jõgi on juhitud valminud kärestikule vasaku kalda pool oktoobris 2019 (kogu jõe vooluhulk)*

Tuginedes ehitusprojekti arvutuslikele mahtudele võis tammide paigaldamisel ja/või välja kaevamisel voolava veega kokku puutuda ca **160000 m<sup>3</sup>** pinnast, enamuses ajutiste tammide paemurd ja ujulast välja kaevatud moreen (tihe savikas liiv kividega). Juhul kui 1% mahust kandunuks heljumina allavoolu, oleks täiendava heljumi maht 18 kuu ehk 1,5 aasta jooksul (periood 10.2018-04.2020) **1600 m<sup>3</sup>**. Juhul kui kogu veega kokku puutunud kindlustuskivide pinnalt oleks uhutud maha 1 mm mulla vms materjali kiht lisanduks veel **500 m<sup>3</sup>**. Arvestades kudealade ja ujula kruusa paigaldamisel tehnika jões sõitmisel heljumi ärakandeks veel **100 m<sup>3</sup>**, saame tulemuseks **2200 m<sup>3</sup> (ca 4500 tonni)**. Kui eeltoodud hinnanguid ka mitmekordselt suurendada, ei ole reaalne looduslikult esineda võivaid tingimusi ületada. Näiteks täiendava heljumi ärakanne ehitustööde tsoonist **10000 m<sup>3</sup>**, mis on ebareaalne, tähendaks keskmise aastase heljumikoormuse suurenemist ca 2 korda (lähtudes hinnangust 18000 t/aastas), mis oleks võrdne 2008. aasta arvutusliku heljumi ärakandega. Heljumiproovide laboratoorsed analüüsid nii suurt heljumikoormuse suurenemist aga ei näita ning 2019. aasta analüüside

Tellijä: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Stadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

alusel võib tegelikkusele lähedaseks lugeda 2000-2500 m<sup>3</sup> (4000-5000 tonni, vt Tabel 5) täiendava heljumi lisandumist.

## 7 PÕHJAUHTAINETE ÄRAKANDE ANALÜÜS

Varasemate paisude ehitamise ajal ei ole uhtainete (sh heljumi) ärakannet teadaolevalt uuritud. Teades, et paisutus on keskmiselt 40-50 aastase intervalliga [14] paisu lagunemise tõttu likvideeritud või tase oluliselt alanenud, saab 5-10% osakaalu puhul perioodi 1993-2020 keskmisest heljumi kogusest 18000 t/aastas, rääkida maksimaalselt 40000-80000 tonnist (ca 20000-40000 m<sup>3</sup>) põhjauhtainete settimisest paisutuse mõjuala ülemises lõigus Urumarja ja Kurina oja vahelisel lõigul alates paisu rajamisest.

Arvestades Sindi paisu paisutusalaal säilinud jõelist iseloomu kogu 1834-2018 perioodil ja eelpool viidatud kirjanduses toodut, et juhul kui veehoidla maht on vähem kui 0.1% keskmisest aastasest sissevoolust (Sindis ca 0.05%), võib väljasettivate uhtainete mahtu lugeda nullilähedaseks, on tõenäoline, et selline põhjauhtainete kogus ei ole settinud Sindi paisu paisutusalaale ühegi olemas olnud paisu puhul.

Paisude ehitamise ajal kui paisutus puudus, hakkas settinud materjal põhjauhtainena suurvee ajal allavoolu kanduma. Seega paisu lammutamise 2018-2020 ajal ei saanud minna liikuma rohkem kui aastatel 1976-2018 (42 aastat) kogunenud materjal. Kindlasti ei uhutud minema ka kogu materjali. Perioodil 1976-2018 oli suurim vooluhulk 515 m<sup>3</sup>/s. Paisutuse võib puudevaks lugeda perioodil 10.2018-09.2019 kui vesi juhiti vasakpoolse kalda äärde rajatud voolusängi. Sellel perioodil oli suurim vooluhulk 250 m<sup>3</sup>/s.

Eeltoodust on loogiline järeldada, et mõõdetavas (tööde tegemise ajal tehti töötsoonist allavoolu korduvalt jõesängi topogeodeetilisi mõõdistusi) ulatuses põhjauhtainete ärakannet paisutusala sissevoolult Sindist allavoolu ei toimunud ja suuremalt jaolt settis see jõe sügavamates kohtades uuesti välja enne Sindini jõudmist.

Projektijärgne tavaline veetase kärestikust ülesvoolu on ca 1,0-1,5 m madalam võrreldes paisu eemaldamise eelse ajaga. Vooluhulga suurenedes veetasemete vahe võrreldes paisu eemaldamise eelse olukorraga väheneb. Vooluhulga 7 m<sup>3</sup>/s juures on arvutuslik erinevus paisu eemaldamise eelse olukorraga 1,5 m, 20 m<sup>3</sup>/s juures 1,2 m, 50 m<sup>3</sup>/s juures 0,8 m, 170 m<sup>3</sup>/s juures 0,6 m ja 340 m<sup>3</sup>/s juures 0,6 m. Vooluhulga 1% ületustõenäosusega vooluhulga korral

Tellija: Keskkonnaministeerium  
Objekt: Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine  
setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete  
võimalikule kogunemisele Pärnu jõe  
suudmesse

Töö nr: 2021110  
Staadium: Ekspertarvamus

Aadress: Pärnumaa

Välja antud: 4.02. 2022

on veetasemete arvutuslik erinevus paisu juures 30 cm. Vee võime materjali kaasa kanda sõltub vooluhulgast ja sellele vastavast voolukiirusest. Nagu nähtub eelpool toodust, sõltub praeguse ja paisu eemaldamise eelse olukorra erinevus vooluhulgast. Vooluhulga suurenedes (uhtumispotentsiaali suurenedes) muutub erinevus endise paisutusala piirkonnas, kuhu põhjauhtained saavad koguneda, paisu eemaldamise eelse olukorraga väiksemaks.

Kuivõrd kärestiku rajamise tulemusel alandati enamuses jõe ristlõikest ülevoolulävendi kõrgust 0,5-1,0 m, käretiku näol säilis ca 1,5-2,2 m kõrgune künnis, millest omakorda ca 0,5 km ülesvoolu paikneb ca 1,5 m üldisest jõepõhjast allapoole süvendatud ujula, siis praeguse seisuga võib kärestikust allavoolu liikuvate põhjauhtainete massi suurenemist võrreldes paisu eemaldamise eelse ajaga lugeda nullilähedaseks. Pikas perspektiivis see ilmselt suureneb jõudes looduslikule tasemele.

## **8 KOKKUVÕTE**

Olemasolevate andmete ja eelpool toodud analüüsi põhjal võib järeldada, et Sindi paisu likvideerimise ehitustööd aastatel 2018-2020 ja järgnevalt välja kujunenud olukord ei ole endaga kaasa toonud looduslikust foonist oluliselt erinevat uhtainete ärakannet, mis varasemate aastatega võrreldes muudaks senist setete kogunemise protsessi ja kogust Pärnu jõe suudmes. Mis puudutab setete kuhjumist Pärnu jõe suudmepiirkonda, siis seda tuleb pidada peamiselt looduslikuks protsessiks. Setete eemaldamine laevaliikluse tagamiseks on seetõttu kindlasti vajalik ka tulevikus. Setete eemaldamise vajaduse sagedust määravad peamiselt looduslikud protsessid, sh jõe hüdroloogia, mere veetase ja suurte tormide esinemissagedus.

Tellija:	Keskkonnaministeerium	Töö nr:	2021110
Objekt:	Sindi paisu eemaldamise mõju hindamine setete liikumisele Pärnu jões, sh mõju setete võimalikule kogunemisele Pärnu jõe suudmesse	Staadium:	Ekspertarvamus
Aadress:	Pärnumaa	Välja antud:	4.02. 2022

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Беркович, К.М. Русловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ, МГУ, Географический факультет, Москва, 2012.
2. Макаревич, А.А и Яротов, А.Е. Речной сток и русловые процессы, БГУ, Минск, 2019.
3. Самохвалова, О.А. Дифференцированный подход к расчету расхода донных наносов в реках, ФГБУ Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург, 2015.
4. Chih Ted Yang et al. Erosion and Sedimentation manual, U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, Denver, 2006.
5. Ott, I., Timm, H. et al. Siseveekogud, Eesti Maaülikool, Tartu, 2020.
6. Чалов, Р.С. Русловые процессы, Инфра-М, Москва 2015.
7. Петровская, О. А. Оптимизационный анализ методов расчета расхода донных наносов с учетом гидравлических параметров рек, ФГБУ Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург, 2018.
8. Timmusk, T. et al. Maaparanduslike abinõude uuring kuivendatud maatulundusmaalt pärineva hajureostuse vähendamiseks, Eesti Maaülikool, Tartu, 2007.
9. Протасев, М.С., Эйпре, Т. Ф. Ресурсы поверхностных вод СССР, Том 4, Прибалтийский район, выпуск 1, Эстония, Ленинград 1972.
10. Talviste, P., Talpsep, A. Sindi paisu avamine, geotehniline uuring, IPT Projektijuhtimine OÜ, Tallinn 2016.
11. Eller, E., Kais, P. Pärnu jõgi Sindi pais, ehitusgeoloogilise uuringu aruanne, Maves AS, Tallinn 2006.
12. Talviste, P., Sedman, P. Sindi tamm Pärnu jõel, geotehniline uuring, GIB AS, Tallinn, 2000.
13. Kupits, K., Vreimann, T. Pärnu jões Sindi väliujula süvendustööd КМН aruanne, Maves AS, Tallinn, 2018.
14. Vilgats, K. Sindi paisu saaga, Pärnu, 2021.
15. Sindi paisu avamise projekteerimine, Eesti Veeprojekt OÜ ja Inseneribüroo Urmas Nugin OÜ töö nt 26-15, Tartu, 2016.