

MTR reg.nr. EP10033667-0001
MATER reg.nr.MP0008-00

Töö nr 141050

Tellija: **Kuusalu Vallavalitsus**

Asukoht: Harju maakond
Kuusalu vald
Kahala ja Uuri küla

**KAHALA JÄRVE TERVENDAMISE INSENERTEHNILINE
TEGEVUSKAVA**

Juhatuse liige

Avo Sulger

Autor

Kalev Raadla



Tallinn 2014.a.

SISUKORD

Lk.

KAHALA JÄRVE ÜLDANDMED.....	3
SELETUSKIRI.....	3
1. Üldosa	3
2. Kahala järve ja Oldoja kraavi veetasemed.....	4
3. Setete iseloomustus ja setete eemaldamise insenertehnilised meetodid.....	6
4. Muda käitlemise ala topo-geodeetiline mõõdistamine.....	8
5. Muda käitlemiseks kasutatava ala geoloogilised tingimused ja mullastik.....	9
6. Kaevandatud muda mahu määramise meetodika.....	10
7. Muda käitlemise tehnoloogiad	12
7.1 Settebasseinides käitlemine	12
7.2 Muda käitlemine geotuubides.....	15
7.3 Separeerimine	17
8. Tehnoloogiate võrdlemine, mahtude ja tööaegade kalkulatsioonid	20
KOKKUVÕTE	23

KAHALA JÄRVE ÜLDANDMED

Kahala järve veepeegli pindala	- 345,9 ha
Valgala pindala	- 15,5 km ²
Normaalveetase	- 32,85 m abs
Veetase (min....max)	- 32,80...33,00 m abs
Keskmine sügavus	- 1,00...1,15 m
Suurim sügavus	- 2,1....2,3 m
Suurim mudakihi paksus	- 6,5 m
Vee maht järves	- 3,49....4,01 milj m ³
Põhjasetete maht	- 12,3 milj m ³
Tervendamise I etapi muda eemaldamise maht	- 100 tuh m ³
sh aastamaht	- 50 tuh m ³

SELETUSKIRI

1. Üldosa

Käesolev insenertehniline tegevuskava on tellitud Kuusalu Vallavalitsuse poolt ja siintoodud meetodite kasutamisel aitab otseselt saavutada Kahala järve hea seisundi ja säilitada selle ökoloogilist potentsiaali.

Kahala järv paikneb Harju maakonnas Kuusalu vallas Kahala külas, Lahemaa rahvusparki piires. Morfoloogiliselt on järv ümar kirde-edelasuunas väljavenitatud kujuga. Järve pindala on 345,9 ha, vee maht 4,01 milj m³. Järve veepeegli pind on praktiliselt samal tasemel kui järvest lõunas asuvad madalamad haritavad maad. Siin on järv piiratud piirdetammiga, mille tagant on veed järvest mööda juhitud. Piirdetamm algab järve suubuva ainukese suurema vooluveekogu, Oldoja, suudmeosast ja lõpeb järvest väljavoolu juures. Järve väljavoolul on regulaator, mis kujutab endast r/b-kaevu, milles on ca ühe meetri laiune puitkilpidest ülevool.

Kahala järvesetete eeluuring tehti aastatel 1975-76 selgitamaks setete kasutamise võimalusi ravimudana ja põlluväetisena. Uuringu tulemusena leiti, et järv on jõudnud "raugaikka", omaaegne ca 570 ha suurune veepeegel on tänaseks kahanenud 346 ha-ni. Järve nõgu on ca 90% ulatuses täitunud orgaanilise settega so sapropeeliga. Järve säilimise huvides on vaja järve tervendada.

Kahala järve põhjasetteid uuriti täiendavalt 2013. aastal Eesti Geoloogiakeskus OÜ rakendusgeoloogia ja maavarade osakonna poolt (Kahala järve põhjatetete täiendav uuring, OÜ Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2013). Uurimistööde käigus rajati 34 sondeerimispuurauku, vahekaugusega 200-250 m.

Kahala järve limnoloogilised eeluuringud tehti Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi poolt 2013. aastal (Kahala järve tervendamiseks limnoloogilised eeluuringud, Eesti Maaülikool, Tartu 2013). Selle uuringu käigus koguti Kahala järvest laboratoorsete analüüside tarbeks sette- ja veeproovid neljast proovipunktist. Laboratoorsete analüüside käigus määrati settekihtidest kuivaine, orgaanilise aine, karbonaatide ja terrigeense aine sisaldus. Uuringu järeldusena leiti, et Kahala järve tervendamiseks tuleb järvest setet eemaldada.

Käesolevas töös on kasutatud ka Eesti Maaülikooli poolt koostatud järvede tervendamise kogumikku (Järvede tervendamine. Kogumik, Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi limnoloogiakeskus, 2011), mis on kättesaadav netist aadressil

<http://pk.emu.ee/struktuur/limnoloogiakeskus/teadustoo/publikatsioonid/jarvede-tervendamine-kogumik/>

Nimetatud kogumikus sette eemaldamise peatükis on esitatud üldised põhimõtted ja riskid setete eemaldamisel.

Setet on võimalik eemaldada kas järve või järveosa (nt kaldaala) kuivale jättes või veetasel alandamata. Esimene variant sobib pigem paisjärvedele kui looduslikele järvedele. Kui vee väljajuhtimine järvest pole võimalik või veeökosüsteemi seisukohast lubatav, on vaja kasutada eritehnikat, mille abil saab setet eemaldada vee alt (erinevad ujuvvahendil või kaldal töötavad setteammutid, eriti nende hüdraulilised setet ära imevad variandid, Geotube-metoodika kasutamine). Kahala järve veetaseme alandamine ei ole reaalne, järve suurust arvestades tuleb siin tuleb kasutada ujuvaid pinnasepumpasid.

Seirel ja järelseirel on oluline osa järve taastamis- või tervendamistöödest. See võimaldab tööde käigus kontrollida nende mõju järve ökosüsteemile ning hinnata rakendatud meetmete tulemuslikkust pärast tööde teostamist.

Käesolevas tegevuskavas on analüüsitud kolme erinevat eemaldatud muda käitlemise tehnoloogiat: settebasseinides sette kuivatamine, geotuubides ja separeerimisega sette veestustamine.

Sette eemaldamise tehnoloogiate kirjeldamisel ja mahtude kalkuleerimisel on arvestatud I etapi töödega, kus eemaldatava muda aastane maht on 50 tuh m³. Pärast KMH valmimist valitakse välja kasutatav tehnoloogia, aastased mahud, tööperioodid ja koostatakse projekt eelistatud tehnoloogiale.

2. Kahala järve ja Oldoja kraavi veetasemed

2008.a koostati MTÜ Kahala Järv tellimusel Projekteerimisbüroos Maa ja Vesi AS väljavoolregulaatori rekonstrueerimise projekt, mida tänaseks ei ole realiseeritud. Projektis on normaalveepinna kohta kirjutatud:

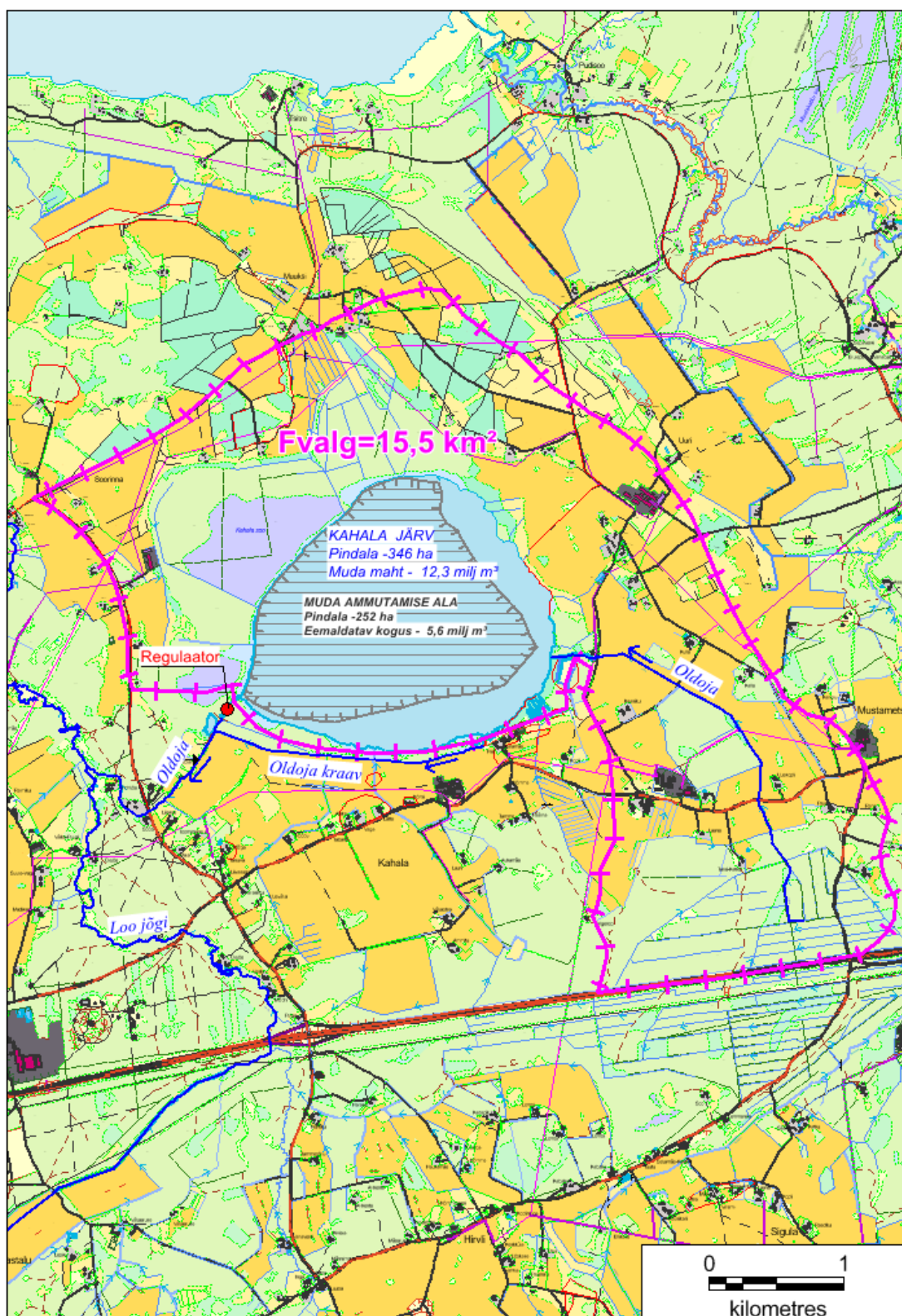
Kivipuistepaisu harja kõrgusmärgi määramisel on lähtutud kirjanduses (2) esitatud kõrgusmärgist 32,80 m, kuigi 1985.a. topograafilisel plaanil M 1:10000 järve veepinna kõrguseks on märgitud 33,20 m ning kirjanduses (1) 32,60 m. Järve veepind 33,20 m ei ole reaalne, sest tammi harja madalamate kohtade absoluutkõrgus erinevatel aegadel on olnud 33,15 m piires. Vesteldes kohalikega, siis järve maksimaalse taseme 33,0 m juures hakatakse regulaatorilt šandoore eemaldama. Seega järve veetase võiks jääda 33,00 ja 32,80 m piiridesse. Kuna olemasolev tamm jääb järvest eemale ja siia tammile ei mõju järve lainetus, siis järve maksimaalse taseme 33,00 m juures tammi minimaalne kõrgus ei tohiks langeda alla 33,30 m. Seega kivipuistepaisu rajamisega tuleks täiendavalt paisust ida poole jäävat tammi ca 70 meetri ulatuses kõrgemaks ehitada.

Regulaatori ülevoolutase 32,80 m, keskmiste vooluhulkade korral äravoolukiht 5 cm -siit järeldus - normaalveepind 32,85 m abs.

Kahala järvega lõunast piirnevate aladelt kuni Oldojani kogunevad pinnaveed juhitakse Oldoja kraavi, mis kulgeb piki järve lõunakallast järve piirdetammi taga. Oldoja kraav on ca 400 m pikkusel lõigul Hiie ja Kalamäe maaüksustel torustatud d500 mm betoonkattega terastoruga. Toru suudmest kuni suubumiseni Oldojasse olid veepinnad mõõdistamise ajal (12.11.2013) 31,70-31,40 m abs ja samal ajal oli järve veepind 32,90 m abs. Seega veepind Oldoja kraavis võrreldes veepinnaga Kahala järves oli 1,2-1,6 m madalam, mistõttu on võimalik ka järvest lõunas olevate madalate alade kuivendamine.

Järve valgala on 15,5 km², mis on suhteliselt väike, osa endisest järve valgast on ära lõigatud Oldoja kraaviga.

Üheks variandiks, mida peaks KMH aruandes analüüsima on see, kas muda käitlemise käigus tagastuvat vett on võimalik juhtida Oldoja kraavi. Kraavi seisukord ja veetasemed seda võimaldavad.



Joonis 1 Kahala järve ülevaateplaan

3. Setete iseloomustus ja setete eemaldamise insenertehnilised meetodid

Kahala järve limnoloogiliste uuringute kokkuvõttes on soovitatud järve tervendamiseks järvest setet eemaldada. Tervendamist alustada järve sissevoolu lähedalt, kuid eeldusel, et valgalalt tulev koormus on väike. Sissevoolu juurest peaks eemaldama vähemalt 2 m paksuse settekihi, et saavutada järve sügavuseks keskmiselt 3 m. Arvestades sette iseloomu eeldame, et sellel alal hakkab arenema veesisene taimestik. Veesisene taimestik hoiab väga efektiivselt vee läbipaistva. Kui ülekaalu saavad kaldaveetaimed, siis toimub maastumine kiiresti, kui ujulehtedega taimed, siis vee selgena hoidmine pole nii efektiivne. Kolmemeetrilise sügavuse saavutamine loob head eeldused veesisese taimestiku arenemiseks ja takistab teiste taimestiku eluvormide pealetungi. Praegu on järve keskmine sügavus 1,16 m. Kahala järve põhjasetetes esineb värvuse ja konsistentsi poolest kaks eriilmelist setteerimit, millest ülemine kiht on hele kuni tumepruun ja tombulise tekstuuriga ning alumine kiht rohekaspruun, sisaldades vähest aluriitset purdmaterjali. Pruun erim on Kahala järve põhjasettes prevaleeriv, selle suurim paksus on 5,6 m ja järve keskmine 3,01 m. Rohekaspruun erim on pruuni erimi lamamis, selle paksus ei ületa valdaval osal järves 0,9 m. Rohekaspruun erim ei ulatu käesoleva pilootprojekti kaevandamise sügavuseni.

Järve pindala on 345,9 ha, vee maht 4,01 milj m³ (vp 33,00 m).

Kaevandatavat setet planeeritakse kasutamiseks põllumajanduses väetisena.

Ülevaateplaanil joon 1 sette eemaldamise kontuur on leitud sellisel, et pärast settekihi eemaldamist peab jääma veekihi sügavuseks 3,0 m, süvendatakse 3,5 m sügavuseks arvestusega, et osa settest valgub tagasi kaevandatud alale. Järve ala, mille sügavus koos põhjasetetega jääb alla 3,5 m seal sette eemaldamist ette ei nähta.

Kuivainesisaldus Kahala järve settes on madal ja jääb kõikides proovipunktides vahemikku 3,53-8,56 % sette märgkaalust. Enamus proovipunktides kuivainesisaldus ei suurene sügavuse suurenedes, vaid kõigub mõne protsendi piires. Üldjoontes on Kahala järve sete väga veerikas ning sellest tulenevalt olid ka kuivainesisaldused madalad.

Esialgsetes arvutustes võetakse keskmiseks sette kuivaine sisalduseks 6 %. Orgaanilise aine sisaldus oli kõikides uuritud proovipunktide kihtides väga kõrge ja jäi vahemikku 57-72 % sette kuivainest. Kaltsiumkarbonaatide sisaldus varieerus 4 % kuni 20 % ja kõrgemad sisaldused esinesid pindmistes settekihtides. Sügavamal lasuvates settekihtides olid karbonaatide sisalduses sarnased. Terrigeense aine sisaldus oli enamus proovipunktides sügavuti võrdlemisi ühtlane.

Kahala järve sete on väga kergesti lenduv juba väiksemagi häiringu korral ning selle tagajärjel suureneb fosfori vabanemine settest vette. Seega tuleb töödeldav ala piirata, et vältida primaarprodutsentidele kättesaadav fosfori sisalduse suurenemist.

Kirjanduse andmetel, mida on tsiteeritud ka Järvede tervendamise kogumikus (EMÜ, 2011), võib sette-eemaldustööde käigus sete järveveega seguneda ehk resuspendeeruda osa settest, eriti kui pindmine settekiht on väga vedel. Setted on aga järveveega võrreldes toiteainerikkad, mistõttu järvevesi rikastub väetavate ainetega. Resuspensiooniga kaasnev produktsioonitõus pigem ajutine ja selle negatiivne mõju võrreldes sette eemaldamisega saavutatava positiivse mõjuga tagasihoidlik.

I etapis on ette nähtud Oldoja suudme piirkonnast eemaldada 100 tuh m³ setet, mille pindala on ca 4,3 ha. Selles piirkonnas on veekihi keskmiseks sügavuseks 1,2 m ja seega eemaldatava settekihi tuseduseks on 3,5-1,2=2,3 m. Aastaseks sette kaevandamise mahuks on arvestatud 50 tuh m³.

Käesolevas projektis on võrreldud sette eemaldamiseks 3 erinevat tehnoloogiat, kõigi kolme juures toimub järvest muda ammutamine pinnasepumbaga ja torustikuga pulbi transportimine töötlemiskohta.

Need alternatiivsed muda töötlemise tehnoloogiad on järgmised:

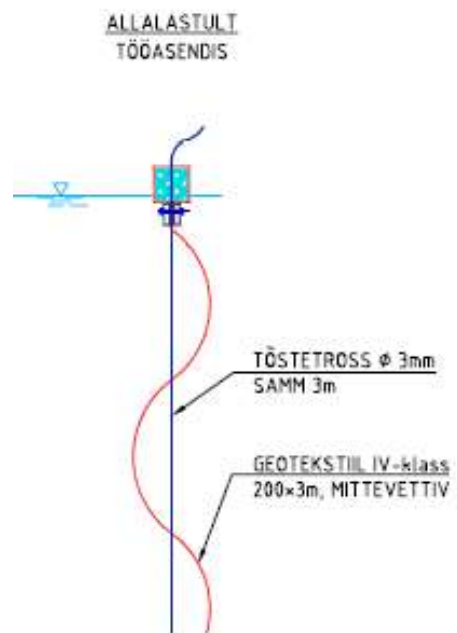
1. Settebasseinides sette kuivatamine ja pärast külmatsükli läbimist muda äravedu – Settebasseinides käitlemine
2. Sette veestustamine geotuubides- Geotuubides käitlemine
3. Sette veestustamine tsentrifugaaljõu toimel separaatorites- Separeerimine.

Kõikide tehnoloogiate korral on vaja setete pumpamise töödepiirkond eraldada järves geotekstiilist ekraaniga, et vältida vee segunemist ülejäänud järveveega. Samuti tagastuv vesi juhitakse geotekstiiliga eraldatud alale.

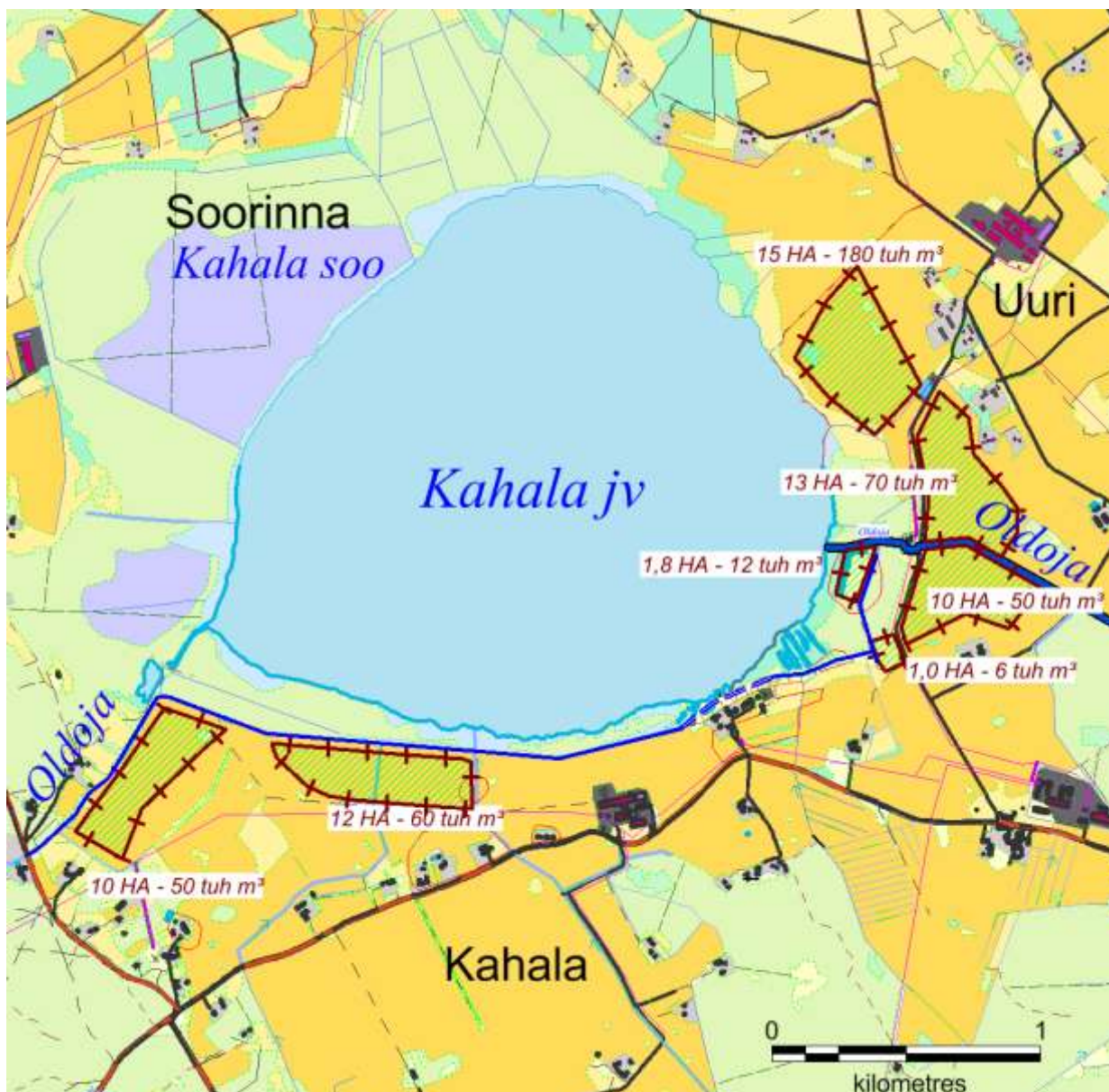
Enne tõkestusekraani eemaldamist lastakse heljumil settida aja jooksul, mis täpsustatakse tööde käigus visuaalse vaatlusega. Ekraani eemaldamiseks tõstetakse see tõstetrosside abil üles ja transporditakse uude kohta.

Eraldusekraanikraani kirjeldus:

- IV klassi mitteveetiv geotekstiil.
- Kett kaaluga 2 kg/m õmmeldud raskuseks kanga sisse.
- Tõstetross $\varnothing 3$ mm, samm 3 m.
- Tõstetrossi kinnitus terasõõs $\varnothing 6$ mm, samm 0,5 m.
- Ujukiks vahtplast.



Nii settebasseinide kui ka geotuubide kasutamise korral on vaja üsna suuri alasid kuhu ehitada setteväljakuid. Eriti palju pinda nõuab muda settebasseinides käitlemine. Need alad peaksid olema tasase reljeefiga ja paiknema järve lähipiirkonnas. Olemasoleva plaanimaterjali põhjal selgitati välja perspektiivsed alad ja need on esitatud joonisel 2. Neid alasid on piisavalt aga valdav osa maaomanike ei ole nõus setteväljakute rajamiseks neid põllumajanduslikust kasutusest ka ajutiselt välja jätma. Erinevate tehnoloogiate kirjelduste peatükkides esitatud joonistel on muda käitlemisaladena kasutatud ainult neid alasid, kus on praeguseks saadud kokkulepped maaomanikega.



Joonis 2 Perspektiivsed settbasseinides sette käitlemisalad

4. Muda käitlemise ala topo-geodeetiline mõõdistamine

Topo-geodeetilised mõõdistamised tehti novembris 2013. Mõõdistati M1:500 täpsusega 2,1 ha ala Farmi ja Hiie kinnistul. Farmi kinnistu sõnnikuhoidla kõrvale pidi tulema muda separeerimise tsehh ja see oli maaomanikuga kooskõlastatud aga hiljem ütles sellest ära. See topoplaan on digitaalselt vormistatud (Acad). Mõõdistati ka idapoolsete perspektiivsete settbasseinide turbapinnasega ala kuna turvas aja jooksul vajub. Ülejäänud perspektiivsete alade kohta on olemas Kahala sovhoosi Uuri objekti maaparanduse tehniline tööprojekt, Eesti Maaparandusprojekt, Tallinn 1971, mille topoalust kasutati muda käitlemisalade väljavalikul ja planeerimisel.

Trasseeriti ka Oldoja kraav kuni Kahala-Oldoja teeni. Kuna otseselt Oldoja kraavi muda käitlemise juures ei kasutata siis mõõdistamistulemusi lõplikult ei vormistatud. Juhul kui tulevikus on vaja neid andmeid kasutada siis on need digitaalsel kujul olemas ja antakse tellijale üle.

Topogeodeetilised mõõdistamised on otstarbekas teha pärast tehnoloogia väljavalimist ja käitlemiskohtade lõplikku kooskõlastamist. Praeguses etapis piisab olemasolevast kaardimaterjalist ja täiendavalt tehtud mõõdistamistest.

6. Kaevandatud muda mahu määramise meetodika

Kaevandatud muda mahu määramisel tuleb enne kaevandamise (pumpamise) alustamist mõõdistada loodusliku lasundi pealispind uuringuvõrgu tihedusega 20x20 m. Võttes aluseks Põllumajandusministri määruse 03.09.2011 nr 75 *Maaparanduse uurimistöödele esitatavad nõuded*, tuleb mõõdistada sette ülemise tasapinna kõrgus mõõteseadmega, mis koosneb vardast või latist ja selle otsa kinnitatud kettast. Ketta läbimõõt arvutatakse järgmise valemiga:

$$D=100 \sqrt{\frac{P}{1,2}} \text{ (mm)}$$

kus D on ketta läbimõõt millimeetrites ja P mõõteseadme kogukaal kilogrammides.

Pärast piirkonnas kaevandamise lõpetamist mõõdetakse sama mõõteseadmega lasundi pealispind uuringuvõrgu tihedusega 20x20 m, kusjuures mõõdistatakse kaevandamise servaalast kaugemale vähemalt 20 m. Seda selleks, et selgitada muda valgumist kaevandatud alale. Enne ja pärast kaevandamist koostatud profiilide järgi arvutatakse kaevandatud maht. Maht arvutatakse 100 m³ täpsusega.

Kaevandatud muda mahtu saab kontrollida ka loodusliku lasundi lõpptoodangu niiskusesisalduse järgi. Selleks võib kasutada Keskkonnaministri 26. mai 2005. a määruse nr 44 *Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord* muda varu üleviimiseks mahult kaalule 60% tingniiskusele kasutatavat järgmist valemit:

$$P = V_x[(100 - W_1):(100 - W_2)] \times \gamma$$

P – varu, tuh t;

V – lasundi maht, tuh m³;

W_1 – muda looduslik niiskus protsentides;

W_2 – muda arvestuslik tingniiskus, milleks on 60%;

γ – muda mahukaal, mis on määratud laboratoorselt või vastavalt lisatud tabelile

Kui valemisse viia sisse tegelikud näitajad, siis saab sellega arvutada muda loodusliku mahu. Siin on vaja teha hulgaliselt laboratoorseid analüüse, seetõttu selle meetodi kasutamine ei ole otstarbekas.

JÄRVE- JA MEREMUDA NING JÄRVELUBJA KESKMINE MAHUKAAL SÕLTUVALT LOODUSLIKUST NIISKUSEST

Looduslik niiskus, %	Mahukaal, t/m ³	Looduslik niiskus, %	Mahukaal, t/m ³
95,5	1,001	83,0	1,086
95,0	1,006	82,5	1,086
94,5	1,011	82,0	1,087
94,0	1,016	81,5	1,087
93,5	1,021	81,0	1,087
93,0	1,026	80,5	1,087
92,5	1,031	80,0	1,087
92,0	1,035	79,5	1,088
91,5	1,040	79,0	1,088
91,0	1,045	78,5	1,088
90,5	1,051	78,0	1,088
90,0	1,054	77,5	1,088

7. Muda käitlemise tehnoloogiad

7.1 Settebasseinides käitlemine

See tehnoloogia põhineb seisvas vees pinnaseosakeste settimisel basseini põhja. Olenevalt osakese läbimõõdust on settimisaeg ka erinev. Alljärgnevas tabelis on toodud pinnaseosakese settimiskiirused.

Pinnaseliik	diameeter mm	settimiskiirus (mm/s)	settimisaeg 1 m kohta
Kruus (20 – 2)	10,0	1000	1 sek
liiv (2-0,2 mm)	0,6	63	16 sek
	0,2	25	40 sek
0,2-0,02 mm	0,08	6	3 min
	0,06	3,8	4 min
	0,02	0,28	60 min
tolm (0,02-0,002 mm)	0,006	0,065	4 tundi
	0,002	0,0062	45 tundi
lbc (< 0,002 mm)	0,0015	0,0035	79 tundi
	0,0001	0,000015	750 ööpäeva
kolloidid	0,00001	0,000000154	205 nädalat

Kahala järves oleva sette puhul tuleks arvestada pinnaseosakestega $d < 0,002$ mm st seisuaeg basseinis peaks olema vähemalt 3 ööpäeva. Kogemustele põhinev basseini maht peaks olema ca 2 kordne muda profiilne maht st 50 tuh m^3 muda settimiseks oleks vaja 100 tuh m^3 mahuga settebasseine. Kuna Kahala järve muda on väga suure niiskusesisaldusega (94 %), siis selle pumpamisel tarbitakse lisavett vähem kui tiheda konsistentsiga muda korral. Arvestuslikult on võetud muda profiilse mahu 1 m^3 kohta lisavett 1,5 m^3 . Seega aastane pumbatav pulbi maht on 125 tuh m^3 , millest tagastvat vett on 110 tuh m^3 . Siit võib järeldada seda, et piisab ka nt 90 tuh m^3 basseini mahust kuna pidevalt voolab vesi järve tagasi tekitades lisamahtu. Kohalikke olusid arvestades on järve lähipiirkonnas võimalik leida kokku kuni 7,5 ha settebasseinide rajamiseks maaomanikega kooskõlastatud alasid. Seega on basseini maht 1,8 kordne muda maht. Selitatud vee ärajuhtimiseks saab kasutada trüüpveelaskmeid ja põhjapaisuga analoogilisi ülevoolu. Sette tahenemise kiirendamiseks varustatakse settid drenaažiga. Viimasel ajal on drenideks kasutatud 65 mm läbimõõduga kookoskiuga mähitud torusid ning drenikaevik on täidetud liivaga, et vesi kiiremini drenaaži pääseks. Dreenide vahekaugus on 8–10 meetrit, rajamissügavus 0,5–0,7 meetrit

Muda pumpamiseks on ette nähtud amfiibmasin Watermaster Classic IV, mis on võimeline setet pumpama kuni 1,5 km kaugusele. Projektala tarbeks kujuneb torustiku pikkuseks 1,0 km.

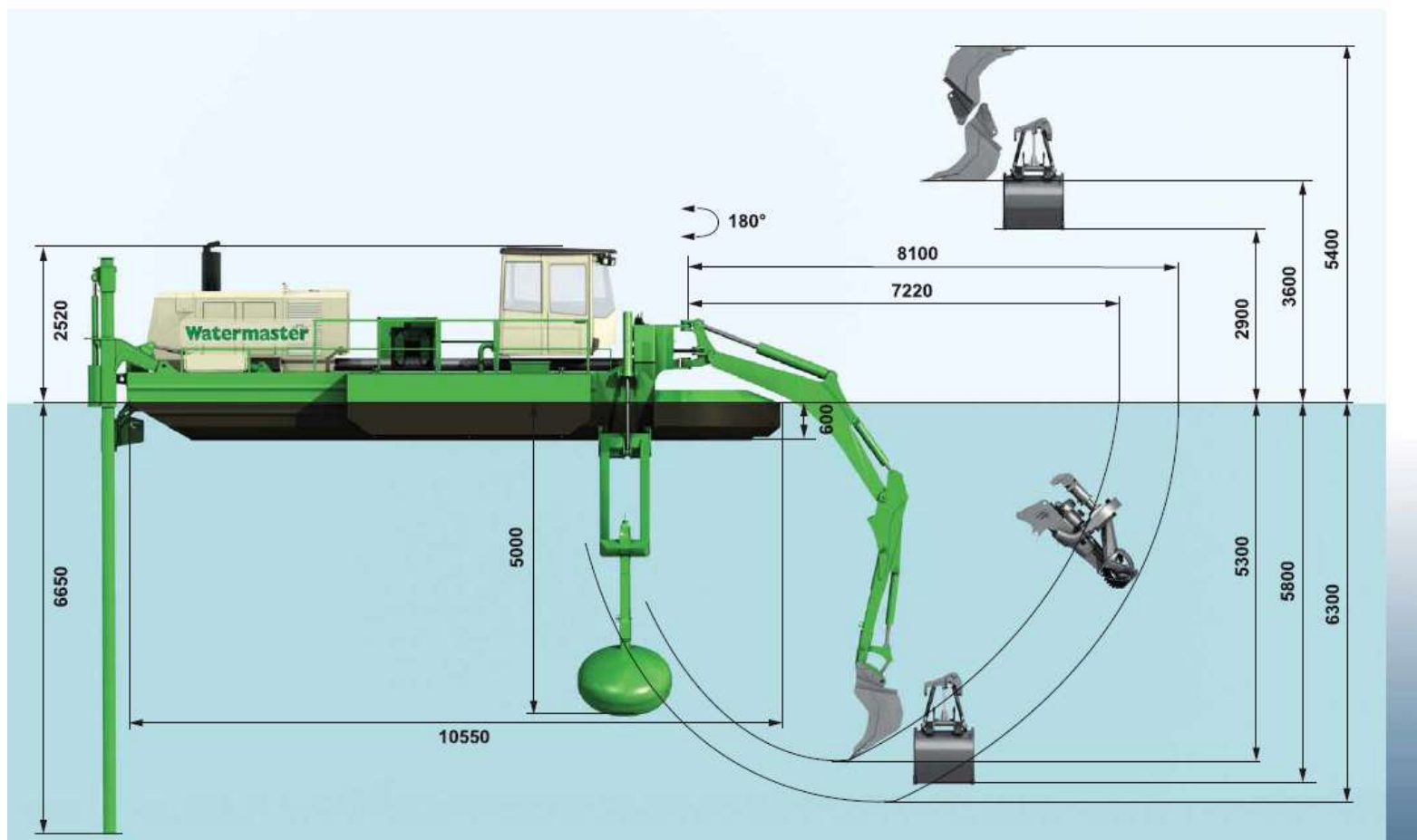
Watermasteri varustuses olev pinnasepump on jõudlusega 150-250 m^3/h . Käesoleval juhul on arvestatud keskmiselt 180 m^3/h . Tagastuva vee fosforisisaldust tuleb kontrollida ja kui see ei vasta normatiivsele siis lisatakse koagulanti nt alumiiniumsulfaati, mis vähendab fosforisisaldust. Selleks rajatakse eraldi basseini. Järves tööpiirkond piiratakse pontoonidele kinnitatud ja järve põhjani ulatuva geotekstiiliga, et tõkestada taimetoitaineterikka vee ja kaevamisel üleskeerutatava heljumi kandumist järve teistesse piirkondadesse. Projektis on ette nähtud eraldusseini tuua kaldasse kinni selliselt, et tagastuv vesi jääks seinaga eraldatud osa sisse. Vesi juhitakse järve tagasi olemasoleva kraavi kaudu.

Kuna on soovitatav muda käitlemisel lasta sellel seista ka talvel settebasseinis, siis äravedu saab alata alles kevadel. Basseinide tühjendamine võtab aega ca 2 kuud ja kuna on tegemist kolme eraldiseisva basseini alaga siis nendega mõistlikult opereerides ei ole vaja täiendavaid basseine.

Järgnevalt on esitatud gabariidid ja tööulatused vt joonis 5.

Joonisel 6 on esitatud settebasseinides muda käitlemise I etapi asendiplaan.

Watermaster 



Joonis 5 Watermaster Classic IV mõõdud



Joonis 6 Settebasseinides muda käitlemise asendiplaan

7.2 Muda käitlemine geotuubides

USAs võeti 1990ndate lõpus vedeljäätmete tahendamiseks kasutusele *Geo Tube*-tehnoloogia, Soomes on seda rakendatud juba üle kümne aasta. Vedeljäätmed või veekogude põhjamuda pumbatakse tahendamiseks suurtesse vett läbilaskvast sünteeskangast geokottidesse. Vesi nõrgub geokotist välja ning selle sisse jäävad tahked osised ja sellega seotud taimetoitained ning osaliselt raskmetalle ja naftasaadusi. Sette tahenemise kiirendamiseks lisatakse pinnasepumbast tulevale settepulbile enne geokotti jõudmist polüakrüüli (looduslik polümeer), mis soodustab vee eraldumist. Tahenemine on geokotis oluliselt kiirem kui settebasseinis, sest sellele aitavad kaasa sette oma raskus ja lisatud polümeer. Sette algmaht väheneb geokotis 2-4 korda. Geokottide mõõtmestamiseks ja lisatava polümeeri sobivuse hindamiseks tehakse katse, kus 30 liitrile settele lisatakse polümeer ja saadud massi tahenemist mõõdetakse katsekotis.



Foto 1 Geotuubide täitmine ladestusplatsil

Aastase mahu 50 tuh m³ töötlemiseks vajalik pind on ca 2 ha, mis paikneb tammide vahel ja põhi kaetud geotekstiiliga. Järves tööpiirkond piiratakse pontoonidele kinnitatud ja järve põhjani ulatava kilega või geotekstiiliga, et tõkestada taimetoitainerikka vee ja kaevamisel üleskeerutatava heljumi kandumist järve teistesse piirkondadesse. Projektis on ette nähtud kilesein tuua kaldasse kinni selliselt, et tagastuv vesi jääks kileseinaga eraldatud osa sisse.

Tuubide täitmine toimub mitmes järgus, vahepeal lastakse tuubidel veest tühjeneda.

Pumpamine toimub analoogselt settebasseinide tehnoloogiale so Watermasteri pinnasepumbaga ja pulp juhitakse torustiku kaudu ladestusalale. Ladestusala paikneb samal massiivil kus settbasseinidega variandi korral ainult pind on tunduvalt väiksem kui settebasseinidel.

Geotuubide kasutamisel hakkab läbi koti imbunud vesi kohe tagasi voolama. Juhul kui tagastuva vee keemiline koostis nõuab järeltöötlust, siis selle tarbeks on ette nähtud vastav basseini. Tagastuv vesi voolab isevoollalt olemasoleva kraavi kaudu tagasi järve kileseintega piiratud alale. Muda pumpamise hooaja pikkus on sama mis settebasseinidega variandil so 2,8 kuud.

Üldiselt soovitatakse ka geotuubide kasutamisel lasta mudal kottides seista läbi talve, geotuubid on ühekordse kasutamisega, ainese kättesaamiseks lõigatakse kotid katki äravedu toimub analoogselt settebasseinide tehnoloogiaga.

Kuna on soovitatav muda käitlemisel lasta sellel seista ka talvel tuubis, siis äravedu saab alata alles kevadel. Äravedu võtab aega ca 2 kuud st, et äraveetud alale saab järk-järgult paigaldada uusi geotuube, mida hakatakse täitma. Järgneval joonisel on näidatud ladestusplats geotuubide tarbeks ja muude tehnoloogiliste osade paiknemine.



Joonis 7 Geotuubidega muda käitlemise asendiplaan

7.3 Separeerimine

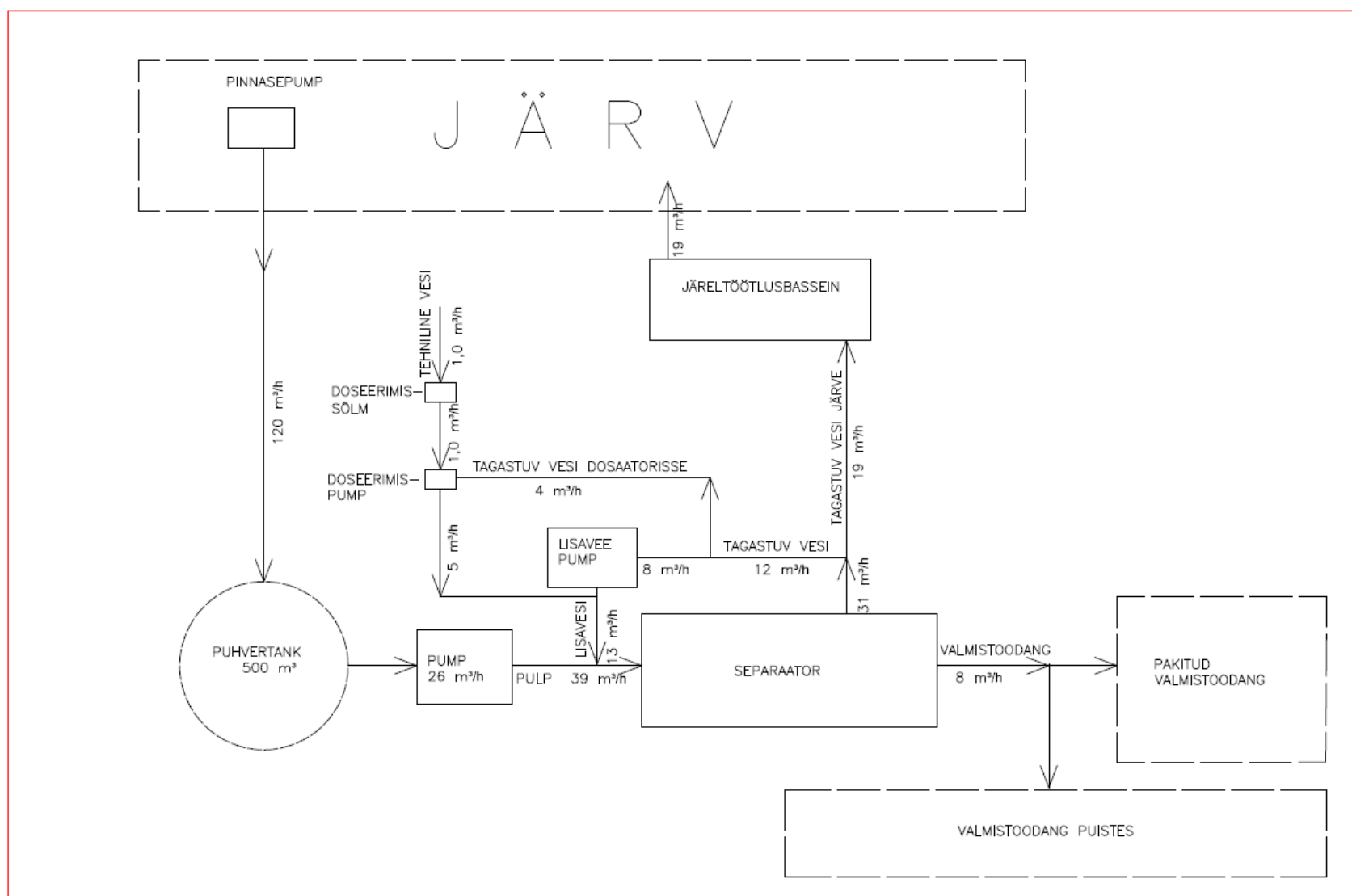
Järve põhjasette veestustamine separeerimise tehnoloogiaga põhineb tsentrifugaaljõu põhimõttel. Tahked osakesed on raskemad kui vesi ja need kogunevad kiiresti pöörleva separaatori välisseina, kust see juhitakse veest eraldi separaatorist välja.

Separeerimine toimub selleks rajatavas hoones, mille kasulik pind on ca 600 m².

Muda pumpamiseks kasutatakse elektriajamiga pinnasepumpa, mis imeb settekihi alt ja arvestuslikult lisavett pumpa ei satu, praktikas võib muidugi ka lisavett pumpa pääseda. Separaatori normaalseks tööks on vajalik kuivaine sisaldus ca 2% st enne separaatorisse minekut lahjendatakse vastavalt pulpi täiendava vee lisamisega. Esialgseks käivitamiseks on vaja lisavett väljaspoolt juurde anda, hiljem saab lahjendusveena kasutada tagastuvat vett. Sellest tulenevalt separeerimise tehnoloogiat kasutades on järve tagastuv veekogus tunduvalt väiksem kui settebasseinide ja geotuubide korral. Separeerimissõlme juurde kuulub ka puhvertank mahuga 500 m³, mis võimaldab järvel oleva pumba tööaega vähendada 6-le tunnile, kusjuures kahe separaatori kasutamisel kujuneb nende tööpäeva pikkuseks 13 tundi 6 kuu jooksul.

Separaatorist väljuv aines osa pakitakse kottidesse ja osa ladustatakse plaanil näidatud asukohas puistena. Suuri laomahte ei ole võimalik kohapeal hoida, seetõttu tuleb toodangut pidevalt realiseerida.

Järgnevalt on esitatud separeerimise tehnoloogiline skeem ja asendiplaan.



Joonis 6 Muda separeerimise tehnoloogiline skeem ühe seadme kasutamisel



Joonis 7 Separaatoritega muda käitlemise asendiplaan

8. Tehnoloogiate võrdlemine, mahtude ja tööaegade kalkulatsioonid

Alljärgnevas tabelis on esitatud kalkulatsioonid järves oleva profiilse aastamahu 50 tuh m³ käitlemiseks

Jrk	Näitaja	Settebasseinid	Geotuubid	Separaator	Märkused
1	Sette maht, tuh m ³	50	50	50	Aastane maht on leitud meil praegu kasutusel olevate mehhanismide jõudlust arvestades. Amfiibeksavaatori Watermaster üheks tööorganiks oleva pinnasepumba jõudluseks on 180 m ³ /h (pulpi). 50 tuh m ³ sette pumpamiseks kulub 2,8 kuud. Separaatorite korral kasutatakse väiksema võimsusega elektrilist pumpa, mille müra tugevus on tunduvalt väiksem võrreldes diiselmootoriga Watermasterist.
2	Kaugus töötlemiskohta, torustiku pikkus, km	1,0	1,0	1,3	Watermasteri max torustiku pikkuseks loetakse 1,5 km. Tulevikus järve kaugematest osadest pumpamisel on vajalik kasutada vahepumplat.
3	Sette kuivaine sisaldus, %	6	6	6	Järve sette kuivaine sisaldus on 3,53-8,56 %, arvutustes on võetud 6%.
4	Töötlemiseks vajalik pind, ha	7,5	4	1,5	Selitusväljakute pinna leidmisel on võetud 1 m ³ järves oleva profiilse muda m ³ -le 1,8 m ³ basseini mahtu. Geotuubide korral on pind väiksem. Mõlemal tehnoloogial äravedu segab kahel aastal järjest sama ala kasutada siis on vaja topeltpinda või kasutada koagulanti, mis kiirendab vee eraldumist tahkest ainest. Separeerimiseks on vajalik hoone pind ca 600 m ² lisaks veel kogumistank ja järeltöötlusbassein-kokku ca 1,5 ha
5	Soovitav pinnasepump	Watermaster, 180 m ³ pulpi tunnis (1 osa muda ja 1,5 osa vett so 40% profiilset mahtu)	Watermaster, 180 m ³ pulpi tunnis (1 osa muda ja 1,5 osa vett so 40% profiilset mahtu)	El pinnasepump 120 m ³ /h (1 osa muda ja 1 osa vett so 50% profiilset mahtu)	Watermasteri jõudluse korral on võimalik 50 tuh m ³ muda eemaldada ca 3 kuuga (25 tp kuus, päeva pikkus 10 tundi). Separeerimise korral on dikteerivaks separaatorite jõudlus, mis kahe agregadi korral on 26 m ³ /h ja tööpäeva pikkuseks 13 tundi. 500 m ³ -se puhvertanki korral pumba tööpäeva pikkuseks 6 tundi.
6	Pulbi kuivaine sisaldus, %	2,6	2,6	3	
6	Sette profiilse mahu vähenemine, m ³ /h	180x0,4=72	180x0,4=72	120x0,5=60	Vastavalt pumba jõudlusele on järvest sette profiilse mahu vähenemine sõltuvuses lahjendusastmest.
7	Pumba tööaeg, tundi/ööp	10	10	6	Keskmine tööpäeva pikkus 10 tundi
8	Sette kaevand maht, m ³ /d	720	720	600	

9	Separaatori tööaeg, tundi/ööp			13	Kahe separaatori jõudlus on 26 m ³ sette profiilset mahtu tunnis, aastamahu saavutamiseks on vajalik tööpäeva pikkus 13 tundi .
10	Separaatori (2 agregati) võimsus, sette profiilset mahtu, m ³ /d			338 13 tundi*26 m ³ /h =338 m ³ /d	Ühe separaatori jõudlus on 26 m ³ /pulpi tunnis, millest profiilset mahtu on 50%. Seega kahe separaatori profiilne maht on 2x13=26 m ³ /h.
11	Tööpäevi aastas	139 50000/720 m ³ /d=69	139 50000/720 m ³ /d =69	148 50000/338 m ³ /d =148	Aastamahu 50 tuh m ³ pumpamiseks selitisse või geotuubidesse kulub 69 tööpäeva. Separeerimise korral saadakse kohe lõpptoodang ja aastamahu töötlemiseks kulub 148 tööpäeva.
12	Tööaeg kuudes (25tp/kuus)	69/25=2,8>3	69/25=2,8>3	148/25=5,92>6	Arvestatud on 25 tp/kuus
13	Valmistoodang, m ³ /aastas	30000	20000	30000	
14	Valmistoodangu niiskusesisaldus, %	80	70	80	
15	Äraveo kestus päevades	100 30000 m ³ /300 m ³ /d=100 päeva	67 20000 m ³ /300 m ³ /d=67 päeva	175	Separeerimise korral toimub pidev äravedu, siin on arvutustes võetud 7 kuud ja 8 tundi päevas. Selitamisel ja geotuubide korral on vajalik külmatsükkel ja äravedu segab sama ala kaks aastat järjest kasutada.
16	Äraveo maht, m ³ /päevas	300	300	170	
17	Maksumus, 1m ³ profiilset mahtu, ilma äraveota, €/m ³	10	30	10	Number näitab järvest eemaldatud muda 1 m3 käitlemise maksumust ilma valmistoodangu äraveota
18	Projektiga haaratud mü arv	5-6	3	3	

Ülaloodud kalkulatsioonide põhjal võib välja tuua erinevate tehnoloogiate eelised ja puudused.

Plussid

Settebasseinides muda käitlemisel

Tehnoloogia lihtne
Väike tööjõu vajadus

Miinused

Nõuab palju pinda, raske leida sobivaid alasid
Pikk tsükkel
Äravedu peab toimuma lühikese aja jooksul või
vaja täiendavaid basseine

Geotuubides muda käitlemisel

Sobiv käitlemise ala pind leitav

Kõrge hind
Pikk tsükkel
Äravedu peab toimuma lühikese aja jooksul või
topeltpind geotuubidele
Geotuubid ühekordse kasutusega

Separeerimine

Käitlemise ala pind väike
Lühike tsükkel
Toodangu realiseerimise aeg pikk

Kõrge hind
Suur energiakulu
Esmane investeering kallis

KOKKUVÕTE

Kahala järve tervendamise insenertehniline tegevuskava tugineb järve geoloogiliste ja limnoloogiliste uuringute tulemustele. Nende uuringutega jõuti arusaamisele, et järve tervendamiseks on vajalik sealt muda eemaldada alalt, kus vee sügavus pärast muda eemaldamist jääb vähemalt 3 meetrit. Seega kaldatsoonist muda ei eemaldata. Järve pindala on 346 ha ja eeltoodud põhimõtet arvestades on see pindala kust tuleks muda eemaldada 252 ha ja eemaldatav muda kogus on 5,6 milj m³.

Käesolev insenertehniline tegevuskava käsitleb I etapi töid, kus on ette nähtud eemaldada 100 tuh m³ muda kahe aasta jooksul kolme erinevat tehnoloogiat kasutades no muda käitlemine settebasseinides, geotuubides ja muda separeerimine. Kõikide nende tehnoloogiate juures on ette nähtud muda transportimine käitlemisaladele pinnasepumba ja torustiku abil.

Erinevatel tehnoloogiatel on omad plussid ja miinused. Oluliselt kallim on geotuubides muda käitlemine kuna tuubid on kallid ja need on ühekordse kasutamisega. Geotuubid sobivad pigem väiksematele mahtudele ja kitsastes oludes kasutamiseks. Separeerimine ja settebasseinides muda veestustamine on hinna poolest võrreldavad aga siin on erinevat laadi miinused. Separeerimisel on esmane investeering kallis ja suur energiakulu. Settebasseinides käitlemise korral on suur probleem basseinidele alade leidmine. Tehnilisest küljest on neid alasid järve lõuna- ja idakaldal piisavalt aga kokkuleppeid maaomanikega settebasseinide rajamiseks on väga raske saavutada.

Käesoleva tegevuskava põhjal koostatakse praegu KMH aruannet, kus analüüsitakse kõigi kolme tehnoloogiaga muda käitlemise mõju inimese tervisele, heaolule, keskkonnale, kultuuripärandile ja varale. Pärast KMH valmimist valitakse välja kasutatav tehnoloogia, aastased mahud, tööperioodid jm. Seejärel koostatakse pilootprojekt eelistatud tehnoloogiale, mille realiseerimise käigus täpsustatakse tehnoloogiat ja uuritakse ka tagastuva vee keemilist koostist ja selle käitlemise tingimusi.