

SÜGAVUSANDMESTIKU KOOSTAMINE ÜLEMISTE, RAKU JA MÄNNIKU JÄRVEDELE NING PAUNKÜLA JA SOODLA VEEHOIDLATELE

LÕPPARUANNE



Töö tellija: AS Tallinna Vesi, Tallinna keskkonna- ja kommunaalamet

Töö teostaja: TLÜ Ökoloogia keskus

Töö põhitäitjad: Egert Vandel, PhD

Tiit Vaasma, PhD

Tallinn 2022

Sisukord

Eesmärk	3
Metoodika	4
Kaardistatud veekogud	4
Ülemiste järv	4
Raku järv	4
Männiku järv	4
Paunküla veehoidla	4
Soodla veehoidla	5
Kasutatavate metoodikate ja tehniliste vahendite kirjeldus	5
Andmete töötlus	5
Morfomeetrilised parameetrid	6
Tulemused	8
Ülemiste järv	8
Raku järv	13
Männiku järv	18
Paunküla veehoidla	23
Soodla veehoidla	27

Eesmärk

Käesoleva töö eesmärk on Ülemiste, Raku ja Männiku järve ning Paunküla ja Soodla veehoidlate sügavuskaardistamine koos tulemuste tõlgendamisega. Batümeetrilise seire osadeks on sügavuste mõõdistamine kaasaegsete vahenditega, sügavuskaartide loomine ja morfomeetriliste parameetrite arvutamine.

Leitavad morfomeetrilised parameetrid:

Veepinna kõrgus (m)

Suurim pikkus (m)

Laine ajutee (m)

Suurim laius (m)

Veepeegli pindala (ha/km²)

Saarte pindala (ha/km²)

Kogupindala (ha/km²)

Veekihi pindala (ha/km²)

Suurim sügavus (m)

Keskmine sügavus (m)

Suhteline sügavus (%)

Maht (m³)

Veekihi maht (m³)

Kaldajoone pikkus (km)

Kaldajoone liigestatus

Keskmine veerukalle (kraadi)

Batümeetriline kõver

Metoodika

Kaardistatud veekogud

Järgnevalt on välja toodud töö käigus kaardistatud veekogusid iseloomustavad andmed (pindala, erinevad sügavuse näitajad, maht), mis olid teada enne siinse aruandluse koostamist ja leitavad peamiselt Keskkonnaregistrist.

Ülemiste järv

Ülemiste järv (KKR kood: VEE2005900; limnoloogiline tüüp: kalgiveeline eutroofne; VRD tüüp: II) on looduslik järv, mis kuulub Tallinna linna pinnaveesüsteemi joogiveehaardesse. Keskkonnaregistri info alusel on järve veepeegli pindala 944,4 ha, kaldajoone pikkus on 16 399 m, maksimaalne sügavus on 4,2 m ja keskmine sügavus on 2,5 m. AS Tallinna Vesi Keskkonnaaruanne 2019 põhjal on Ülemiste järve maht u 15 800 000 m³.

Raku järv

Männiku järv (KKR kood: VEE2006030) on tehisjärv, mis kuulub Tallinna linna pinnaveesüsteemi joogiveehaardesse. Keskkonnaregistri info alusel on järve veepeegli pindala 229,8 ha, kaldajoone pikkus on 15 827 m, maksimaalne sügavus on 12 m, keskmine sügavus on 7 m ja maht on u 8 000 000 m³.

Männiku järv

Männiku järv (KKR kood: VEE2006020; limnoloogiline tüüp: kalgiveeline eutroofne; VRD tüüp: III) on tehisjärv, mis kuulub Tallinna linna pinnaveesüsteemi joogiveehaardesse. Keskkonnaregistri info alusel on järve veepeegli pindala 118,5 ha, kaldajoone pikkus on 9824 m, maksimaalne sügavus on 9 m, keskmine sügavus 5 m ja maht on u 3 600 000 m³.

Paunküla veehoidla

Paunküla veehoidla (KKR kood: VEE2031910; limnoloogiline tüüp: makrofüüdijärv; VRD tüüp: III) on tehisjärv, mis kuulub Tallinna linna pinnaveesüsteemi joogiveehaardesse. Keskkonnaregistri info alusel on järve veepeegli pindala 420,2 ha, kaldajoone pikkus on 25 541 m, maksimaalne sügavus on 8,65 m, keskmine sügavus on 3,4 m ja maht on u 10 100 000 m³.

Soodla veehoidla

Soodla veehoidla (KKR kood: VEE2002410; limnoloogiline tüüp: kalgiveeline eutroofne) on paisjärv, mis kuulub Tallinna linna pinnaveesüsteemi joogiveehaardesse. Keskkonnaregistri info alusel on järve veepeegli pindala 261,7 ha, kaldajoone pikkus on 25 727 m, maksimaalne sügavus on 13 m, keskmine sügavus on 3,15 m ja maht on u 9 000 000 m³.

Kasutatavate meetodikate ja tehniliste vahendite kirjeldus

Mõõdistusi ja vaatlusi teostati kummipaadist 2022. aasta aprillis, mais, juunis ja septembris. Sügavusmõõdistused tehti paadi külge haagitud *Hydrosurveyor M9* viiekiirelise sonariga, mis igal mõõtmishetkel mõõdab sügavust viiest erinevast pinnapunktist. Aparaat on varustatud sisseehitatud GPS seadmega, mis fikseerib automaatselt mõõdistuspunktide asukohad.

Mõõdistused viidi veekogudel läbi piki- ja ristiprofiilidel vahemaadega 30 kuni 120 meetrit. Lisaks mõõdistati ka veekogude kaldajoone äärsed alad (ka saartel). Tulenevalt kogutud andmetest ja veekogu põhjaprofiili keerukusest võisid mõõtmiskohad ja nende tihedus varieeruda. Keerukamates kohtades, näiteks sügavikel ja madalatel, sooritati lisamõõdistusi.

Järvede veesamba füüsikalised parameetrid (temperatuur, elektrijuhtivus, heli levimiskiirus) mõõdeti seadmega *CastAway CTD*, mis võimaldab automaatselt viia sonari andmetesse heli levimiskiiruse parandi. Mõõdistuste päeval määrati järvede veetasemete absoluutkõrgus diferentsiaal GPS-iga *Leica GS09*. Täpsustavaid veetasemete andmeid küsiti AS Tallinna Veelt.

Tulenevalt septembri alguses Soodla veehoidlal esinenud madalast veetasemest, tehti nn kuivale jäänud järvepõhja kõrgusmõõdistused diferentsiaal GPS-iga *Leica GS09*.

Andmete töötlus

Välitöödel *CastAway*-ga mõõdetud veesamba parameetrite andmed sisestati programmi *HydroSurveyor*, kus automaatselt viidi mõõdetud sügavusandmetele sisse heli levimiskiiruse parand. Parandiga algandmed sisestati programmi *ArcMap 10.8*. ja andmetest eemaldati mõõtmisvead ning anomaaliad. Puhastatud andmed olid sisendiks hilisemaks sügavuskaartide interpoleerimiseks.

Sügavuskaartide interpoleerimiseks oli vaja ka järvede kaldajoonte kontuure ehk samakõrgusjooni, kus vee sügavusele omistati väärtus null ning mille suhtes toimus sügavusväärtuste arvutamine. Kuna sügavusandmete interpoleerimiseks peab järve kaldajoon vastama konkreetsele absoluutkõrgusele, ei oleks olnud korrektne kasutada põhikaardil (Eesti

Topograafilises Andmekogus) olevaid järvede kontuure. Seetõttu kasutati kaldajoonte kontuuride leidmiseks Maa-ameti geoportaalist allalaetud 1x1 m resolutsiooniga geotiff-formaadis kõrgusmudelit. Kõrgusmudelile modelleeriti *ArcMap*-is 1 cm vahega samakõrgusjooned ning valiti välja madalaim (välitöödel esineva veekogu veetasemele lähedane) kõrgusjoon, mis moodustas ümber järve tervikliku isojoone. Eeldatavalt kajastab leitud isojoon järve kaldajoont ja veetaset LiDAR mõõtmiste hetkel. Juhul, kui ühte terviklikku kõrgusjoont järve ümber ei leitud (või jäi esimene terviklik joon liiga kõrgele), võeti aluseks ka põhikaart, ortofotod ning välitöödel nähtu, et joonistada välja järve kalda kontuurjoon. Antud lähenemist tuli peamiselt kasutada suurtel, madalatel, laugete kallastega aladel, kus järve kaldajoonest moodustasid suure osa tihedad pilliroolad ja soovikud. Sellistel juhtudel joonistusid samad kõrguse isojooned nii eelnimetatud märgalade veepoolsesse kui ka maismaa poolsesse külge ning järve kaldajoone kontuuri joonistamisel otsustati parema lahenduse puudumisel lähtuda põhikaardil olevast vaba vee piirist ja välitööl nähtud reaalsest olukorrast. Kaldajoonte kontuuridele, mille piiritlemisel ei lähtunud ainult modelleeritud isojoontest, anti kõrgusväärtus samuti kõrgusmudeli järgi, kasutades selleks varasemalt valitud isojoone kõrgusväärtust. Kõrgusmudelilt tuletatud järvede kaldajoonte kõrgused on ka nende järvede veepinna kõrguseks (m ü.m.p.) sügavuskaartidel, mille suhtes arvutati välja ka järvede morfomeetrilised parameetrid. Järvedes, kus leidus saari, leiti ka saartele kaldajooned samasel meetodil ja neile anti sama kõrgusväärtus kui kaldajoonele. Kõigil veekogudel oli välitöödel mõõdetud veetase madalam kui järvele tekitatud kaldajoone kõrgus. Kõrguste vahe liideti välitöödel mõõdetud sügavusandmetele juurde, et sügavusandmed lähtuks järve kaldajoone veetaseme kõrgusest (veepinna kõrgusest). Kõik absoluutsed kõrgused (m ü.m.p.) on töös esitatud kõrgussüsteemis EH2000, kui ei ole märgitud teisiti.

Sügavusandmete interpoleerimine sügavuskaardiks viidi läbi programmiga *ArcMap* 10.8. kasutades tööriista "Topo to Raster". Lähteandmetena kasutati välitöödelt kogutud absoluutkõrgusele teisendatud sügavusandmeid ja kaldajoonele ning saarte kaldajoontele 0,5 meetri tihedusega tekitatud absoluutkõrgusandmetega punkte. Tihedast alusandmestikust tuleneva juhusliku müra silumiseks oli interpoleerimise esimeseks väljundiks 3x3 meetrise resolutsiooniga raster, mis seejärel konverteeriti 1x1 meetrise resolutsiooniga rastriks. Selle rastri iga piksli kohale tekitati punkt ning saadud 1 m tihedusega kõrguspunktide kiht eksporditi tekstifailiks. Väljastatud punktandmed omasid kolme ruumilist väärtust: asukoha koordinaadid X ja Y (*Estonia 1997 Lambert Conformal Conic* koordinaatsüsteemis) ning Z (kõrgus merepinnast, m). Samuti loodi 1x1 meetrisele rasterkihile samasügavusjooned iga meetri tagant, alustades järve veepinna kõrgusest. Ühtlasema põhjareljeefiga veekogudel loodi samakõrgusjoontega sügavuskaardid, mida viimistleti kasutades programmi *CorelDRAW X5*.

Morfomeetrilised parameetrid

Järvede morfomeetrilised parameetrid saadi kas otseste mõõtmiste kaudu või läbi andmete töötluse ja arvutuste programmis *ArcMap* 10.8.

Veepinna kõrgus (m ü.m.p. kõrgussüsteemis EH2000) - veepinna kõrgus, ehk järvede veetase tuletati Maa-ameti geoportaalis oleva 1x1 m resolutsiooniga maapinna kõrgusmudeli andmetest. Veepinna kõrguseks valiti madalaim samakõrgusjoon, mis joonistus ümber järvenõo.

Suurim pikkus (m) - kahe teineteisest kõige kaugema kaldajoone punkti vaheline kaugus linnulennult (punktide vahelisele joonele võib jääda nii saari kui ka maismaad). Mõõtmised tehti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt tuletatud järve polügoonilt käsitsi.

Laine ajutee (m) - suurim sirgjooneline distantis järve veepeeglit, mille teele ei jää saari ega maismaad. Mõõtmised tehti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt tuletatud järve polügoonilt käsitsi.

Suurim laius (m) - kahe teineteisest kõige kaugema kaldajoone punkti vaheline kaugus linnulennult (punktide vahelisele joonele võib jääda nii saari kui ka maismaad), mis on ristiteljel järve suurima pikkuse joonega. Mõõtmised tehti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt tuletatud polügoonilt käsitsi.

Veepeegli pindala (ha/km²) - järve kogupindala ja saarte pindala vahe.

Saarte pindala (ha/km²) - järves asuvate saarte pindala. Pindalad leiti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt tuletatud saarte polügoonide põhjal.

Kogupindala (ha/km²) - järve ümbritseva kaldajoonega piiratud ala pindala. Pindala leiti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt tuletatud järve polügooni põhjal.

Veekihi pindala (ha/km²) - järve horisontaalsete veekihtide pindalad ühe meetrise sammuga alustades järve veetasemest (veepinna kõrgus). Pindalad leiti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt, kasutades tööriista "Surface Volume".

Suurim sügavus (m) - suurim kajaloodiga mõõdetud sügavus veepinna kõrguse suhtes. Välitöödel mõõdetud väärtusele viidi sisse helikiiruse parand.

Keskmine sügavus (m) - järve mahu ja veepeegli pindala jagatis.

Suhteline sügavus (%) - morfomeetriline parameeter, mis näitab mitu protsenti moodustab järve suurim sügavus järve keskmisest läbimõõdust.

Maht (m³) - järvenõogu täitva veemassi kogus. Maht leiti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt kasutades tööriista "Surface Volume".

Veekihi maht (m³) - järve horisontaalsete veekihtide mahud ühe meetriste vahemikena alustades järve veetasemest (veepinna kõrgus). Mahud leiti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt kasutades tööriista "Surface Volume".

Kaldajoone pikkus (km) - järve ümbritseva kaldajoone pikkus veepinna kõrguse juures, mis on tuletatud Maa-ameti geoportaalil oleva 1x1 m resolutsiooniga maapinna kõrgusmudeli andmetest. Kaldajoone pikkus leiti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt tuletatud kaldajoone põhjal.

Saarte kaldajoone pikkus (m) - saari ümbritseva kaldajoone pikkus veepinna kõrguse juures, mis on tuletatud Maa-ameti geoportaalil oleva 1x1 m resolutsiooniga maapinna kõrgusmudeli andmetest. Saarte kaldajoone pikkus leiti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt tuletatud saarte kaldajoonte põhjal.

Kaldajoone liigestatus - järve kaldajoone pikkuse ja järvega sama pindala omava ringi ümbermõõdu suhe.

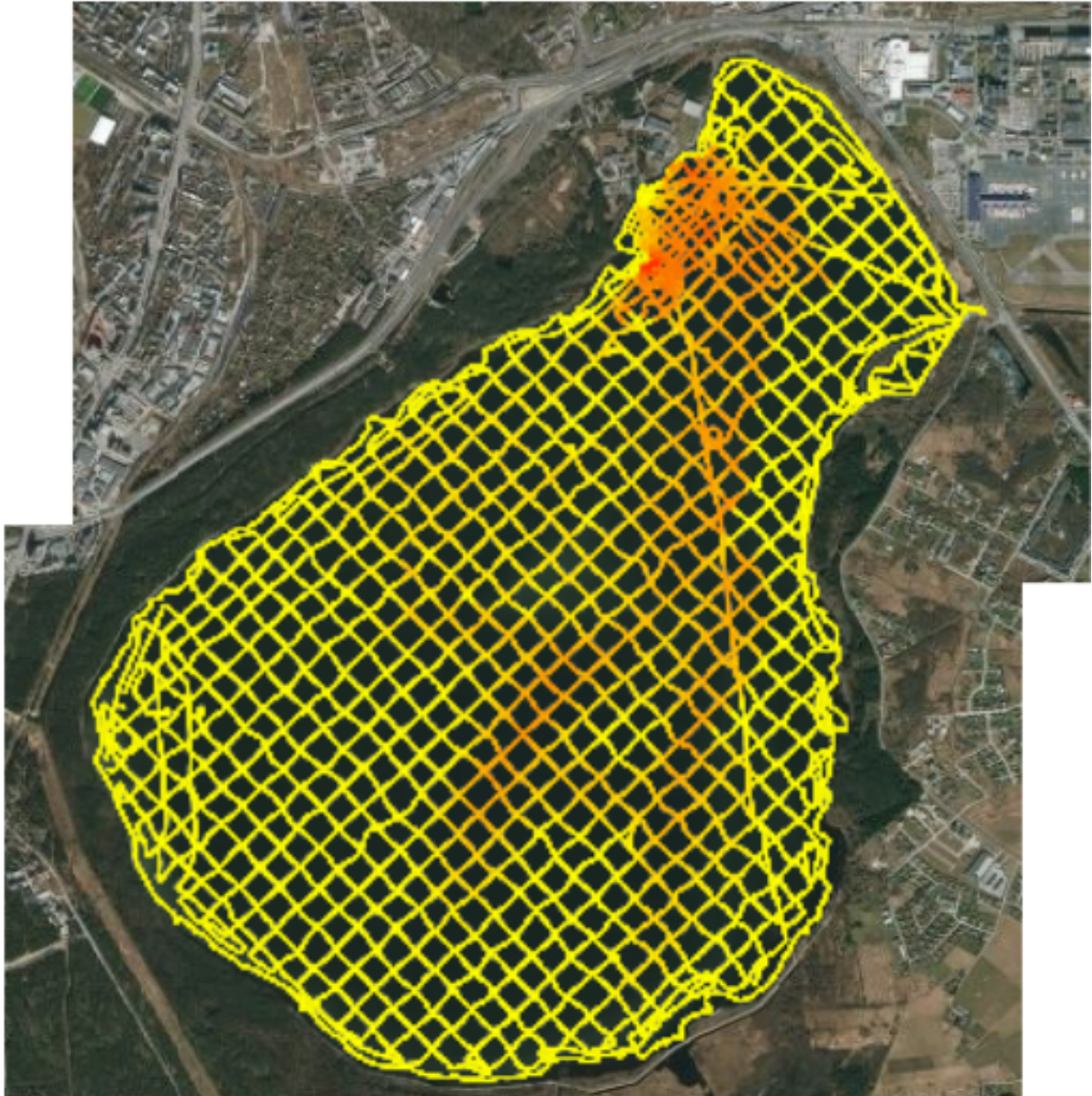
Keskmine veerukalle (kraadi) - leiti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt, kasutades tööriista "Slope".

Batümeetriline kõver - veekogu erineva sügavusega osade jagunemine pindala suhtes. Arvutatakse veekihtide pindalade ja kogu järve veepeegli pindala suhete kaudu. Veekihtide pindalad leiti *ArcMap*-is interpoleerimise tulemusena saadud rasterkihilt kasutades tööriista "Surface Volume".

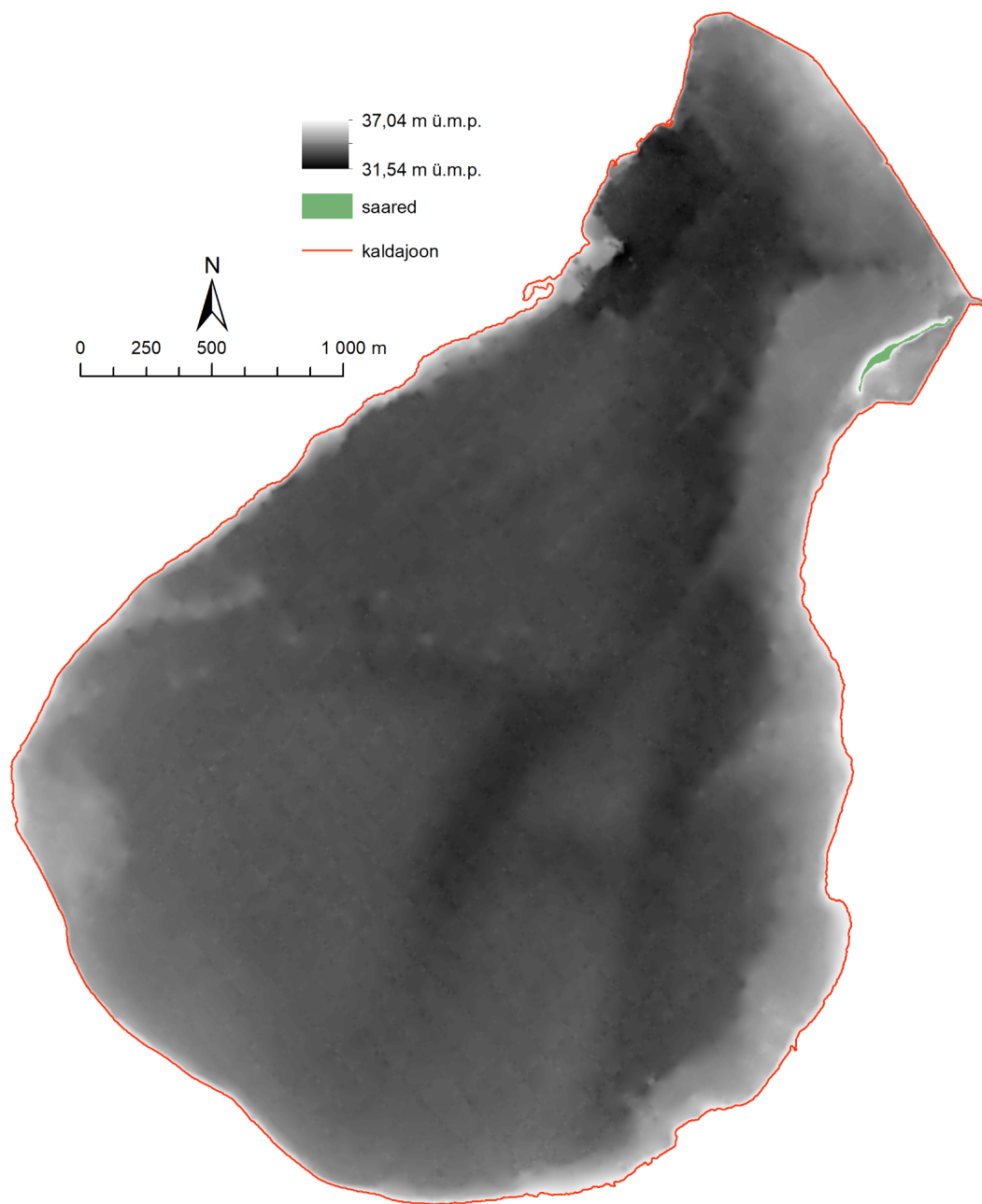
Tulemused

Ülemiste järv

Ülemiste järvel viidi mõõdistamised läbi 2022. aasta juunis ja septembris. Mõõdistamise käigus läbiti 191,4 km ja mõõdistati kokku 493 577 sügavuspunkti (joonis 1). Järve veepinna kõrgus oli mõõdistuste ajal 36,94-36,96 m ü.m.p. Järve veesammas oli mõõdistusperioodidel segunenud ja vee temperatuur jäi juunis vahemikku 17-19 °C ja septembris oli temperatuur ca 12 °C. Kogutud sügavusandmete ja Maa-ameti kõrgusmudelilt tuletatud järve kaldajoone põhjal (37,04 m ü.m.p.) interpoleeriti järve nõo batümeetriline kaardikiht (joonis 2), mille põhjal koostati batümeetriline kaart (joonis 3). Interpoleeritud sügavuskaartide (rasterite) põhjal arvutati välja veekogu morfoomeetrilised parameetrid (tabel 1), veekihtide pindalad ja ruumalad (tabel 2) ning koostati batümeetrilised ja ruumala kõverad (joonis 4). Ülemiste järve Maa-ameti kõrgusmudeli aluseks olnud LiDAR-andmed on kogutud 30.04.2021.

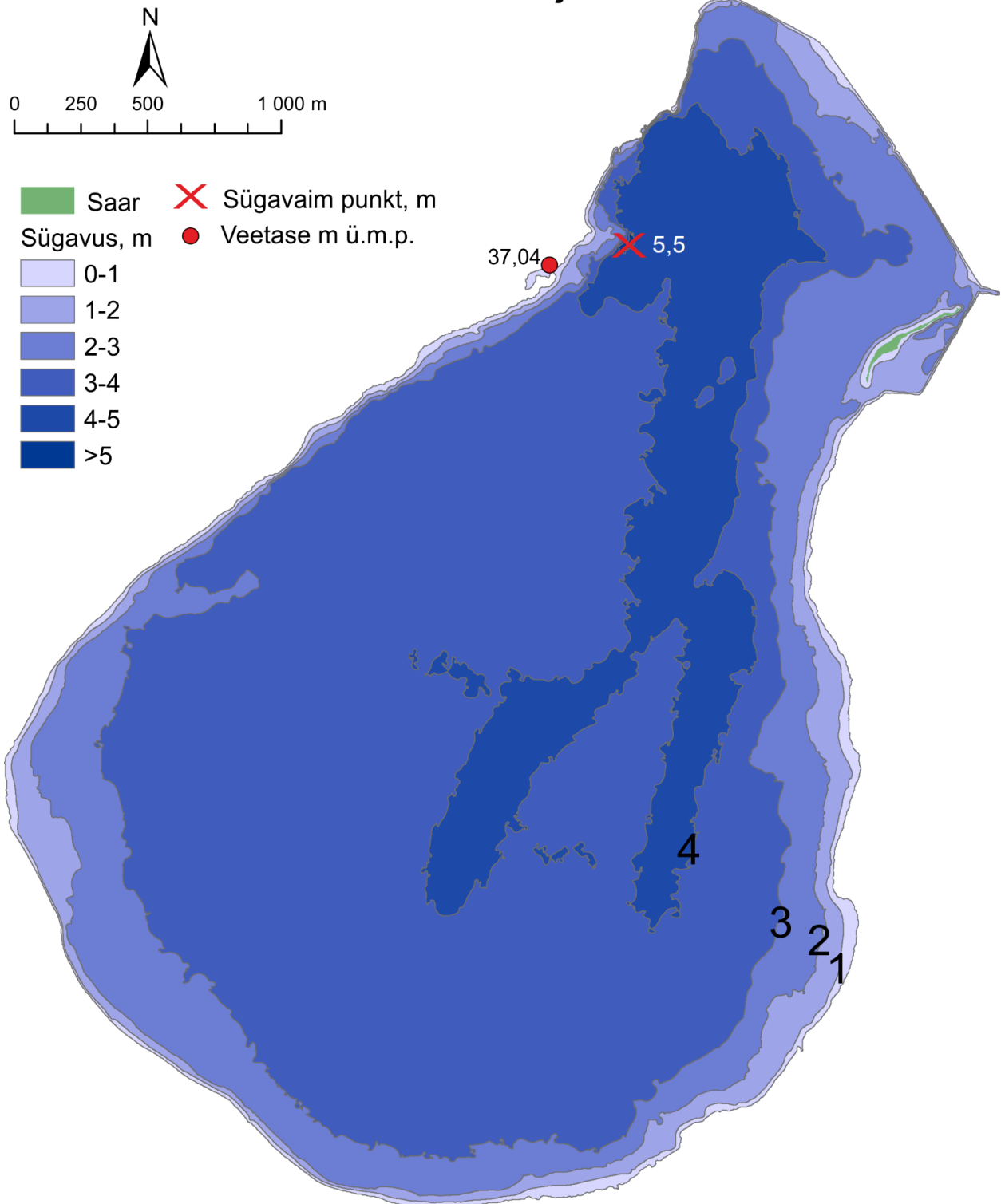


Joonis 1. Ülemiste järve sügavusmõõdistamiste toorandmed. Madalamad alad on kollaste toonidega, sügavamad alad punaste toonidega. Toorandmete maksimum sügavus on ca 5,5 meetrit.



Joonis 2. Ülemiste järve raster veetaseme 37,04 m ü.m.p. juures.

Ülemiste järv



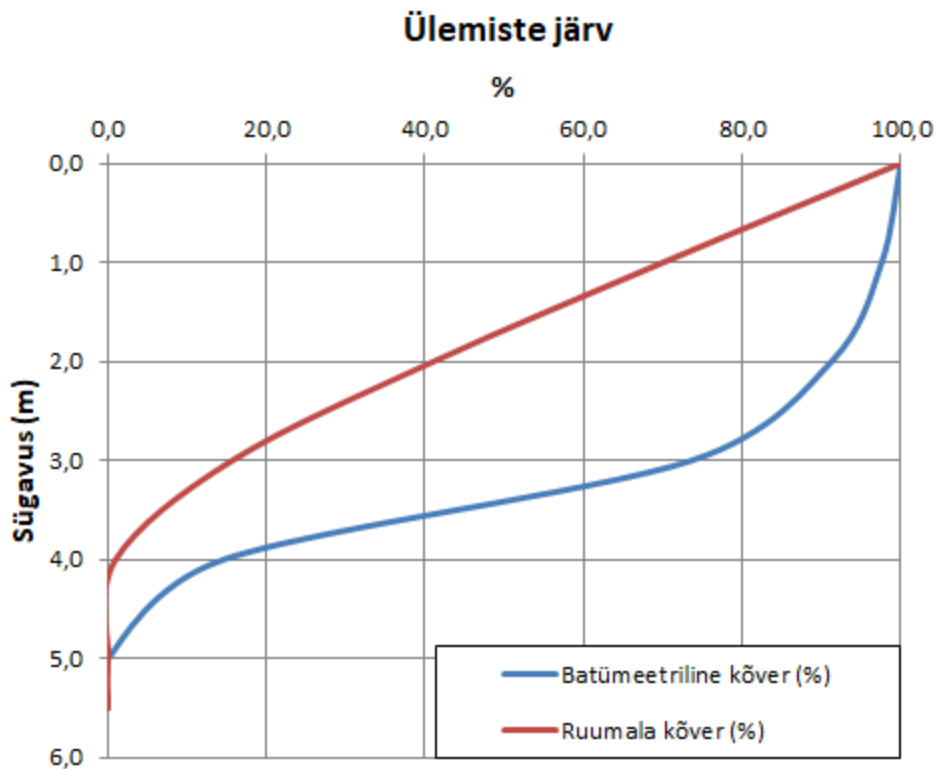
Joonis 3. Ülemiste järve sügavuskaart veetaseme 37,04 m ü.m.p. juures.

Tabel 1. Ülemiste järve morfomeetrilised parameetrid

Veepinna kõrgus (m ü.m.p.)	37,04
Suurim pikkus (m)	4690
Laine ajutee (m)	4690
Suurim laius (m)	3200
Veepeegli pindala (ha/km ²)	943,1/9,43
Saarte pindala (ha/km ²)	0,7/0,007
Kogupindala (ha/km ²)	943,8/9,44
Suurim sügavus (m)	5,5
Keskmine sügavus (m)	3,3
Suhteline sügavus (%)	0,16
Maht (m ³)	31 045 700
Kaldajoone pikkus (km)	14 280
Saarte kaldajoone pikkus (m)	1040
Kaldajoone liigestatus	1,31
Keskmine veerukalle (kraadi)	0,56

Tabel 2. Ülemiste järve veekihtide pindalad ja mahud

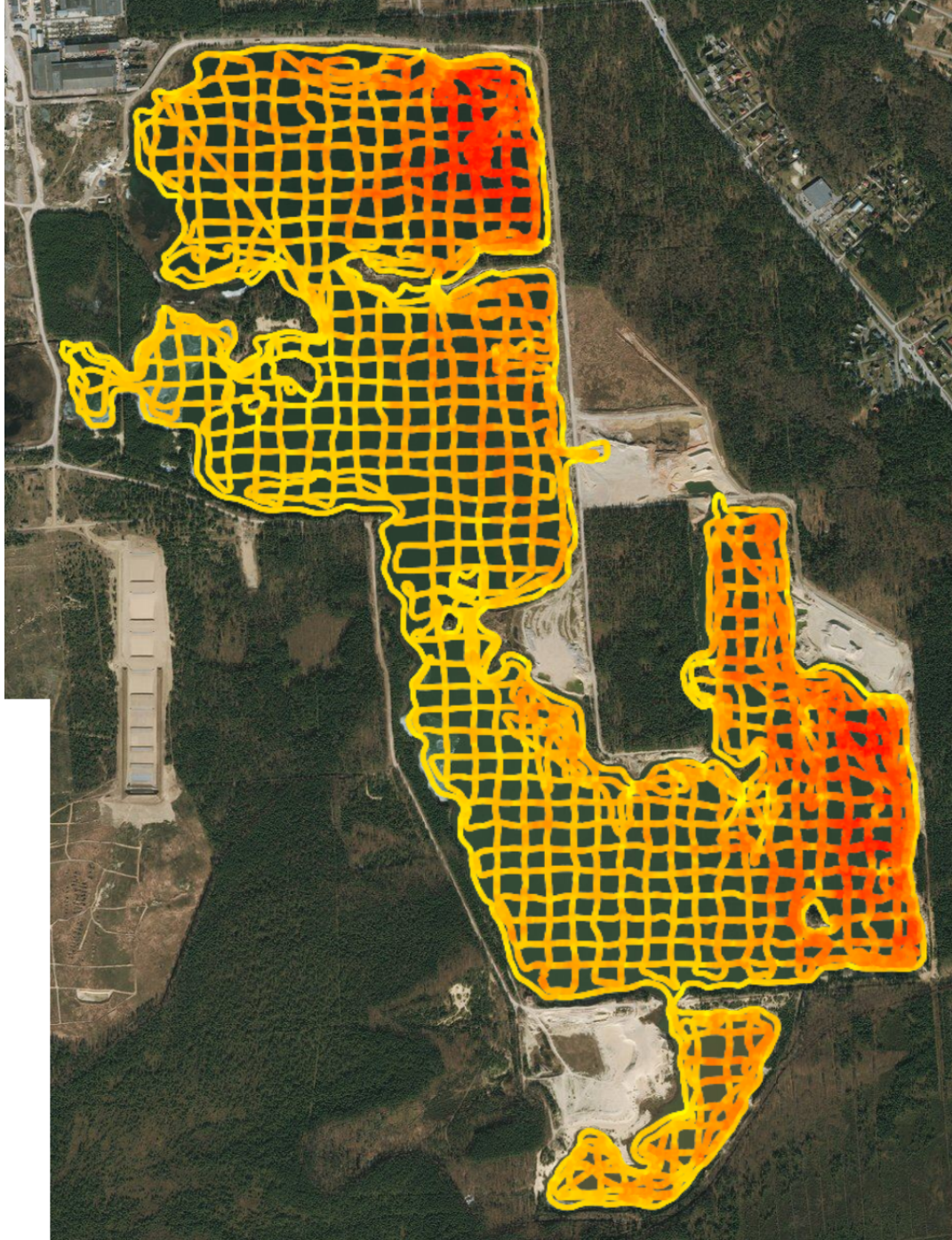
Veekiht (m)	Veekihi pindala		Sügavuse vahemik (m)	Vahemiku ruumala (m ³)
	(ha)	(km ²)		
0	943,1	9,431	0–1	9 305 400
1	919,5	9,195	1–2	8 985 100
2	860,0	8,600	2–3	7 896 100
3	693,3	6,933	3–4	4 563 300
4	137,4	1,374	4–5	295 600
5	0,2	2	>5	300



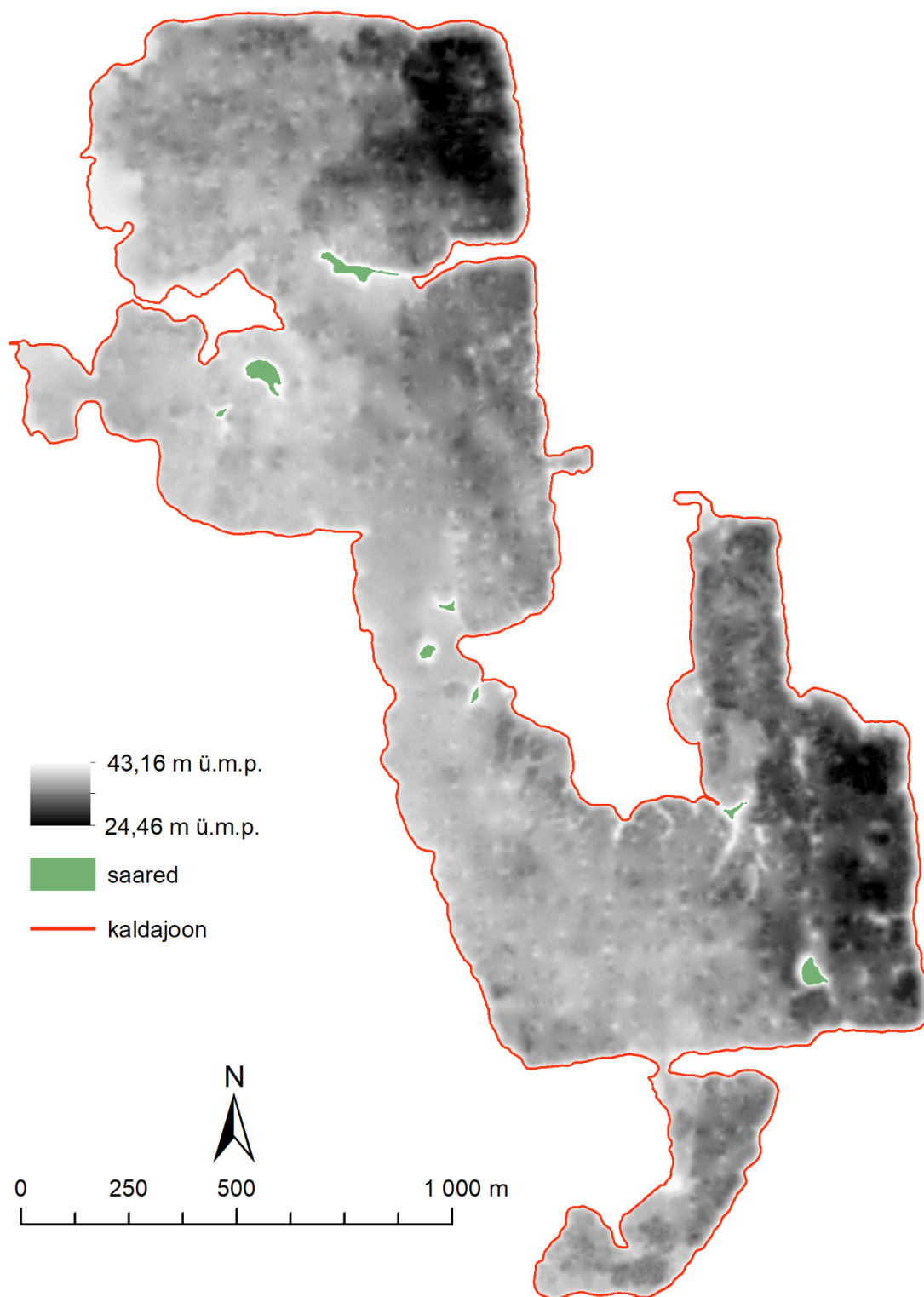
Joonis 4. Ülemiste järve batümeetriline ja ruumala kõver.

Raku järv

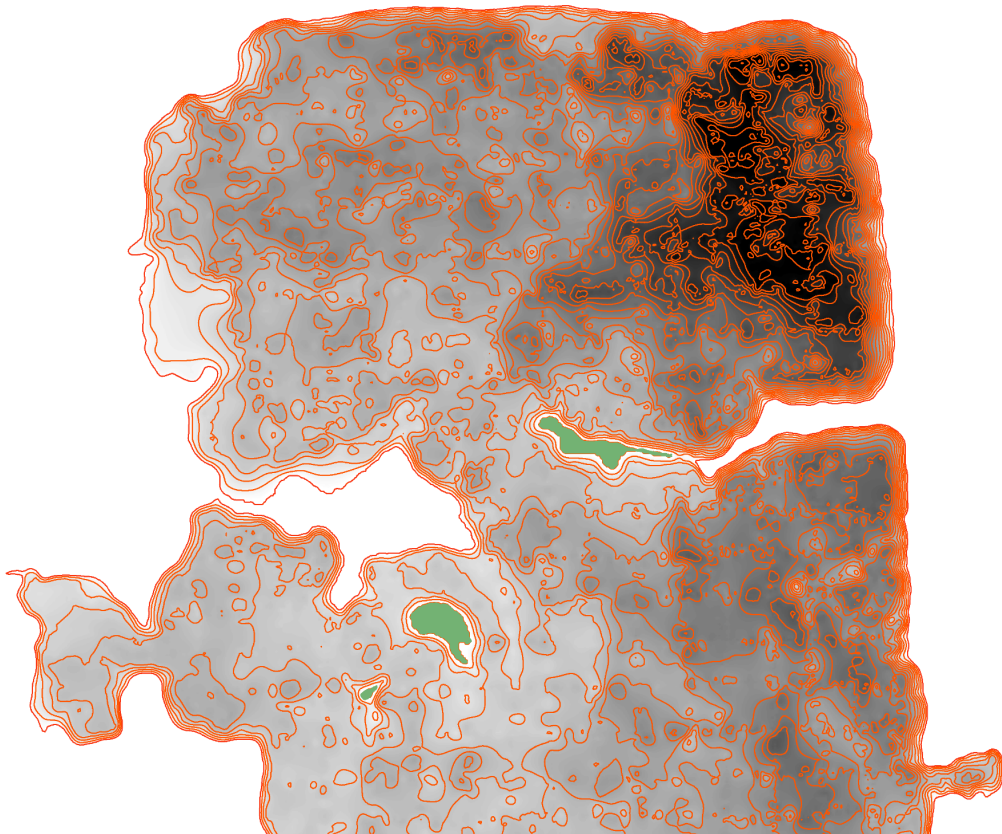
Raku järvel viidi mõõdistamised läbi 2022. aasta aprillis ja mais. Mõõdistamise käigus läbiti 107,4 km ja mõõdistati kokku 274 804 sügavuspunkti (joonis 5). Järve veepinna kõrgus oli mõõdistuste ajal 43,06 m ü.m.p. Järve veesammas oli kihistunud, hüppekiht esines 10-12 m juures. Epilimnionis oli temperatuur keskmiselt 7,5 °C ja hüpolimnionis 4,8 °C. Kogutud sügavusandmete ja Maa-ameti kõrgusmudelilt tuletatud järve kaldajoone põhjal (43,16 m ü.m.p.) interpoleeriti järve nõo batümeetriline kaardikiht (joonis 6). Tulenevalt veekogu suurusest ja keerukast põhjareljeefist (joonis 7), ei olnud mõistlik koostada 1 m isojoontega järve sügavuskaarti (jääb nõ loetamatuks). Interpoleeritud sügavuskaartide (rasterite) põhjal arvatati välja veekogu morfomeetrilised parameetrid (tabel 3), veekihtide pindalad ja ruumalad (tabel 4) ning koostati batümeetrilised ja ruumala kõverad (joonis 8). Maa-ameti kõrgusmudeli aluseks olnud LiDAR-andmed on kogutud 30.04.2021.



Joonis 5. Raku järve sügavusmõõdistamiste toorandmed. Madalamad alad on kollaste toonidega, sügavamad alad punaste toonidega. Toorandmete maksimum sügavus on ca 19,0 meetrit.



Joonis 6. Raku järve raster veetaseme 43,16 m ü.m.p. juures.



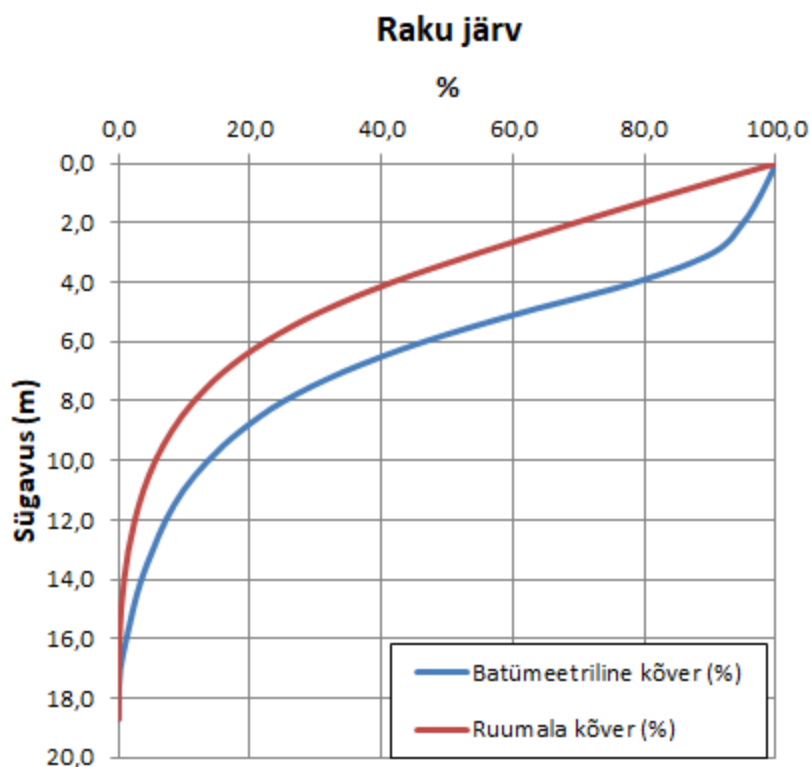
Joonis 7. Raku järve põhjaosa raster 1 m sügavusvahemiku isojoontega.

Tabel 3. Raku järve morfomeetrilised parameetrid

Veepinna kõrgus (m ü.m.p.)	43,16
Suurim pikkus (m)	3150
Laine ajutee (m)	2600
Suurim laius (m)	1200
Veepeegli pindala (ha/km ²)	234/2,34
Saarte pindala (ha/km ²)	0,34/0,003
Kogupindala (ha/km ²)	234,3/2,34
Suurim sügavus (m)	18,7
Keskmine sügavus (m)	6,4
Suhteline sügavus (%)	1,08
Maht (m ³)	14 890 450
Kaldajoone pikkus (km)	14 860
Saarte kaldajoone pikkus (m)	1475
Kaldajoone liigestatus	2,74
Keskmine veerukalle (kraadi)	6,5

Tabel 4. Raku järve veekihtide pindalad ja mahud

Veekiht (m)	Veekihi pindala		Sügavuse vahemik (m)	Vahemiku ruumala (m ³)
	(ha)	(km ²)		
0	234,0	2,340	0–1	2 301 300
1	227,2	2,272	1–2	2 240 200
2	220,7	2,207	2–3	2 161 400
3	210,1	2,101	3–4	1 983 800
4	182,8	1,828	4–5	1 629 200
5	143,4	1,434	5–6	1 247 800
6	107,9	1,079	6–7	933 600
7	79,8	798	7–8	685 100
8	58,4	584	8–9	503 500
9	43,1	431	9–10	371 200
10	31,6	316	10–11	270 800
11	22,9	229	11–12	196 300
12	16,7	167	12–13	143 400
13	12,1	121	13–14	100 000
14	8,1	81	14–15	65 800
15	5,1	51	15–16	39 000
16	2,7	27	16–17	16 200
17	0,6	6	17–18	1 900
18	0,0	0	>18	10



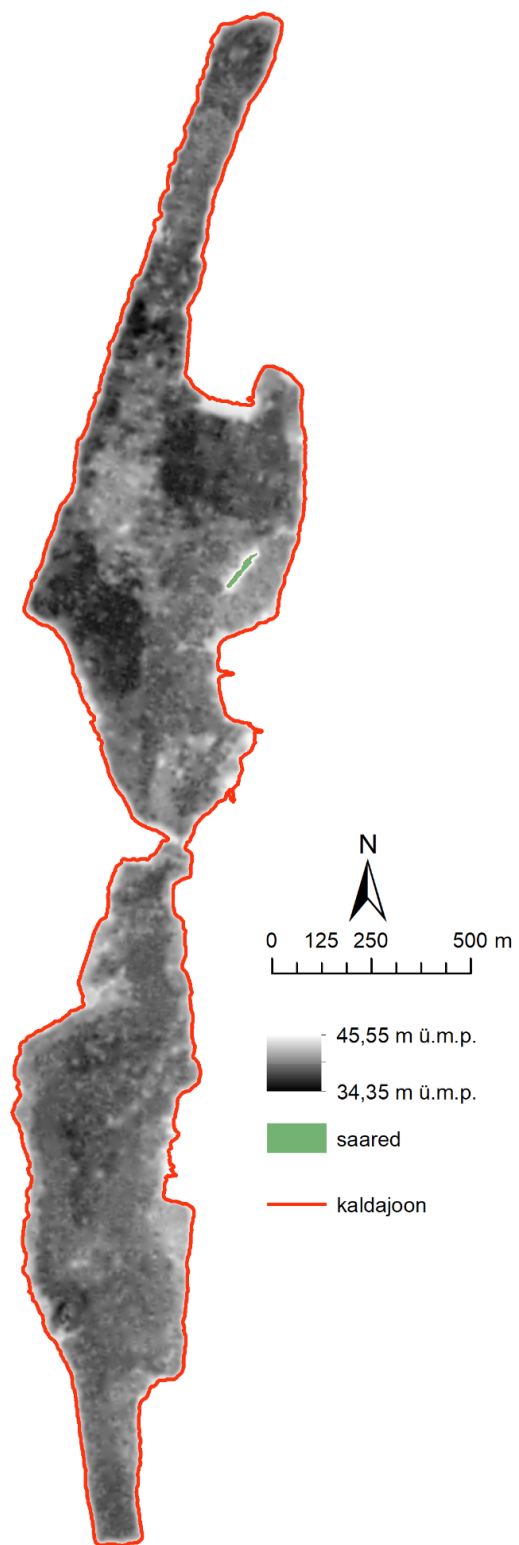
Joonis 8. Raku järve batümeetriline ja ruumala kõver.

Männiku järv

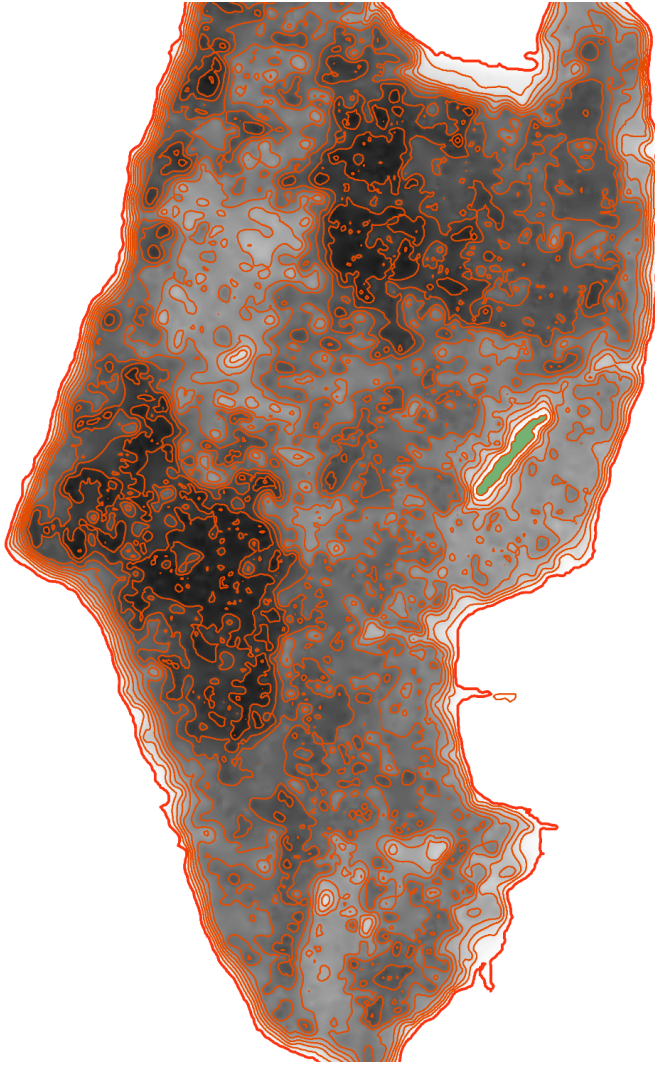
Männiku järvel viidi mõõdistamised läbi 2022. aasta aprillis ja mais. Mõõdistamise käigus läbiti 76,6 km ja mõõdistati kokku 186 357 sügavuspunkti (joonis 9). Järve veepinna kõrgus oli mõõdistuste ajal 45,52 m ü.m.p. Järve veesammas oli segunenud ja vee temperatuur oli 7,6 °C. Kogutud sügavusandmete ja Maa-ameti kõrgusmudelilt tuletatud järve kaldajoone põhjal (45,55 m ü.m.p.) interpoleeriti järve nõo batümeetriline kaardikiht (joonis 10). Tulenevalt veekogu suurusest ja keerukast põhjareljeefist (joonis 11), ei olnud mõistlik koostada 1 m isojoontega järve sügavuskaarti (jääb nõ loetamatuks). Interpoleeritud sügavuskaartide (rasterite) põhjal arvutati välja veekogu morfomeetrilised parameetrid (tabel 5), veekihtide pindalad ja ruumalad (tabel 6) ning koostati batümeetrilised ja ruumala kõverad (joonis 12). Maa-ameti kõrgusmudeli aluseks olnud LiDAR-andmed on kogutud 30.04.2021.



Joonis 9. Männiku järve sügavusmõõdistamiste toorandmed. Madalamad alad on kollaste toonidega, sügavamad alad punaste toonidega. Toorandmete maksimum sügavus on ca 11,0 meetrit.



Joonis 10. Männiku järve raster veetaseme 45,55 m ü.m.p. juures.



Joonis 11. Männiku järve põhjaosa raster 1 m sügavusvahemiku isojoontega.

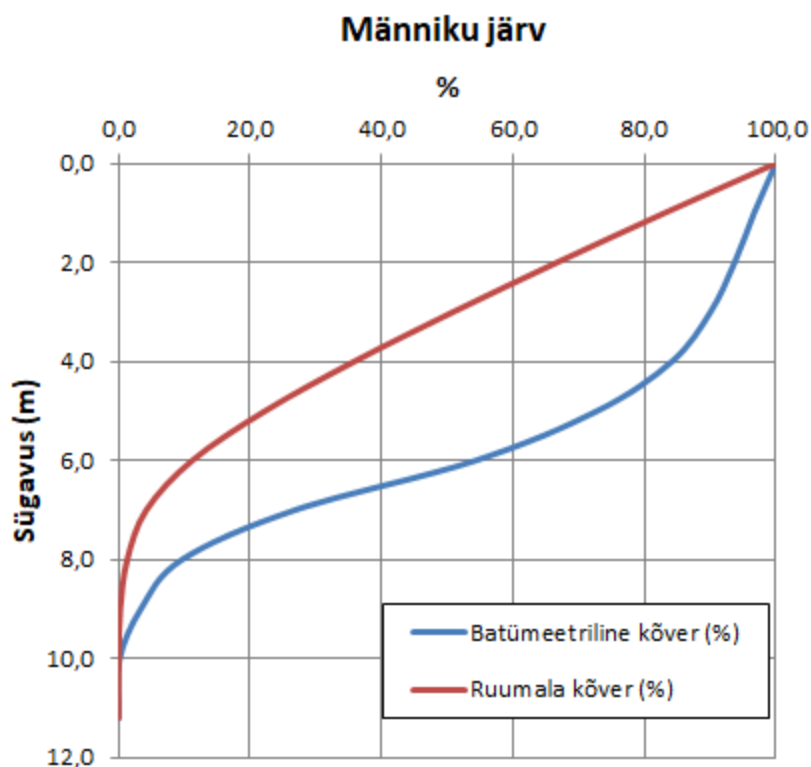
Tabel 5. Männiku järve morfomeetrilised parameetrid

Veepinna kõrgus (m ü.m.p.)	45,55
Suurim pikkus (m)	3890
Laine ajutee (m)	2900
Suurim laius (m)	600
Veepeegli pindala (ha/km ²)	119,0/1,19
Saarte pindala (ha/km ²)	0,1/0,001
Kogupindala (ha/km ²)	119,1/1,19
Suurim sügavus (m)	11,2
Keskmine sügavus (m)	5,8
Suhteline sügavus (%)	0,91

Maht (m ³)	6 885 000
Kaldajoone pikkus (km)	9865
Saarte kaldajoone pikkus (m)	250
Kaldajoone liigestatus	2,55
Keskmine veerukalle (kraadi)	7,3

Tabel 6. Männiku järve veekihtide pindalad ja mahud

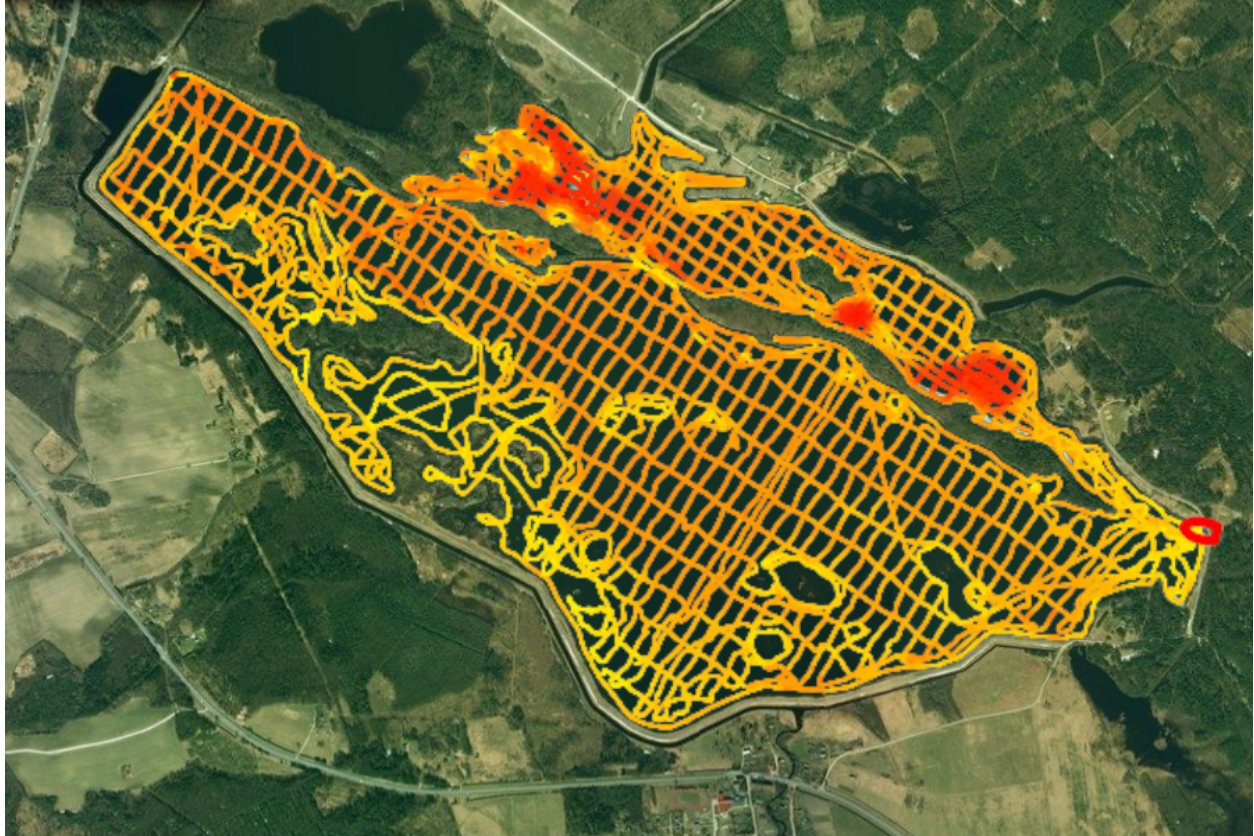
Veekiht (m)	Veekihi pindala		Sügavuse vahemik (m)	Vahemiku ruumala (m ³)
	(ha)	(km ²)		
0	119,0	1,190	0–1	1 164 700
1	114,5	1,145	1–2	1 127 300
2	111,0	1,110	2–3	1 088 800
3	106,6	1,066	3–4	1 035 100
4	99,7	997	4–5	935 100
5	86,2	862	5–6	764 400
6	64,3	643	6–7	479 900
7	31,7	317	7–8	199 600
8	11,4	114	8–9	73 700
9	4,0	40	9–10	15 900
10	0,2	2	10–11	500
11	0,0	0	>11	2



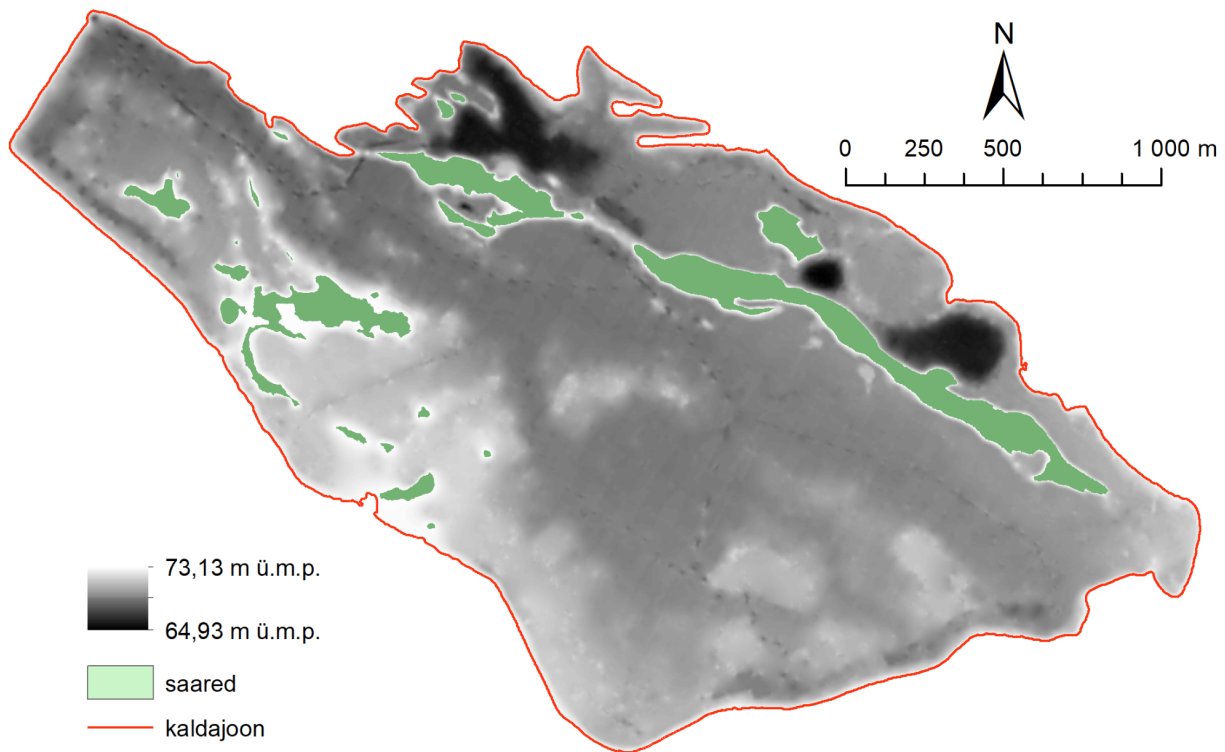
Joonis 12. Männiku järve batümeetriline ja ruumala kõver.

Paunküla veehoidla

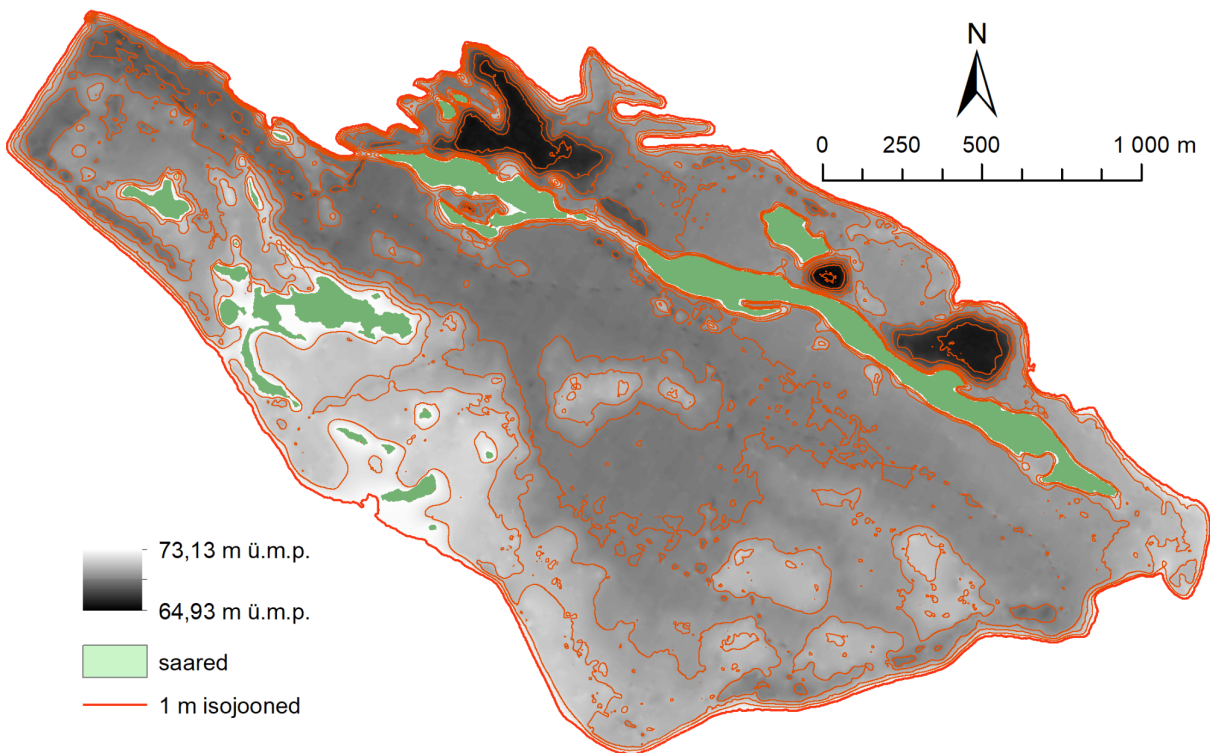
Paunküla veehoidlal viidi mõõdistamised läbi 2022. aasta mais ja septembris. Mõõdistamise käigus läbiti 154 km ja mõõdistati kokku 441 319 sügavuspunkti (joonis 13). Järve veepinna kõrgus oli kevadiste mõõdistuste ajal 73,13 ja sügisestel mõõdistustel keskmiselt 73,3 m ü.m.p. Järve veesammas ei olnud kevadel segunenud, kuid ei esinenud ka tugevat kihistumist. Kuni 5 m sügavuseni oli temperatuur keskmiselt 11 °C ja allapoole seda temperatuur langes lineaarselt kuni 8 kraadini (°C). Sügisel oli veesammas segunenud keskmise temperatuuriga 15,1 °C. Kogutud sügavusandmete ja Maa-ameti kõrgusmudelilt tuletatud järve kaldajoone põhjal (73,13 m ü.m.p.) interpoleeriti järve nõo batümeetriline kaardikiht (joonis 14). Tulenevalt veekogu suurusest ja keerukast põhjareljeefist (joonis 15), ei olnud mõistlik koostada 1 m isojoontega järve sügavuskaarti. Interpoleeritud sügavuskaartide (rasterite) põhjal arvutati välja veekogu morfomeetriselised parameetrid (tabel 7), veekihtide pindalad ja ruumalad (tabel 8) ning koostati batümeetrilised ja ruumala kõverad (joonis 16). Maa-ameti kõrgusmudeli aluseks olnud LiDAR-andmed on kogutud 07.04.2020.



Joonis 13. Paunküla veehoidla sügavusmõõdistamiste toorandmed. Madalamad alad on kollaste toonidega, sügavamad alad punaste toonidega. Toorandmete maksimum sügavus on ca 8,0 meetrit.



Joonis 14. Paunküla veehoidla raster veetaseme 73,13 m ü.m.p. juures.



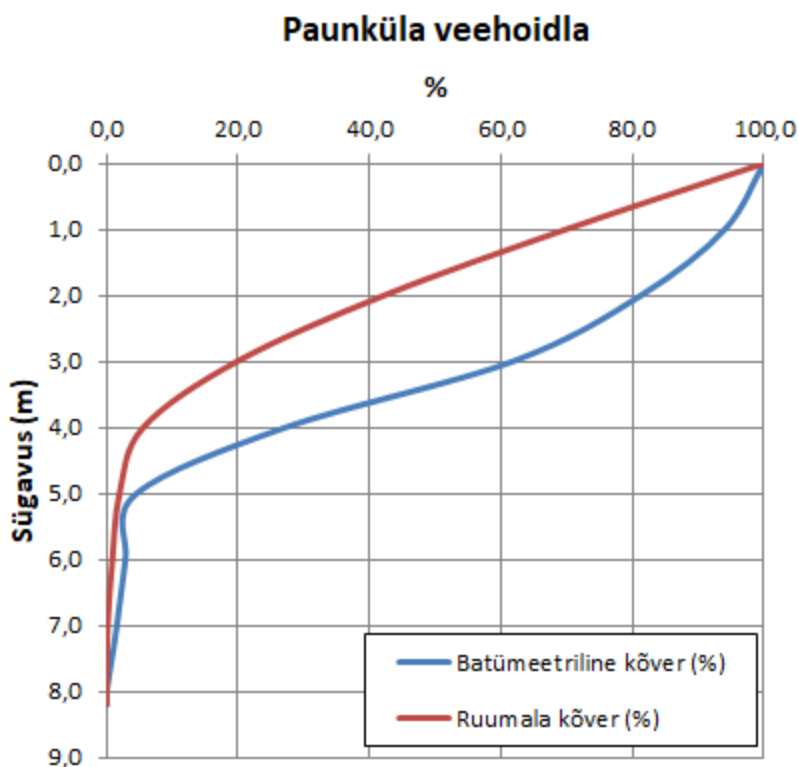
Joonis 15. Paunküla veehoidla raster 1 meetrise sügavusvahemiku isojoontega.

Tabel 7. Paunküla veehoidla morfomeetrised parameetrid

Veepinna kõrgus (m ü.m.p.)	73,13
Suurim pikkus (m)	3980
Laine ajutee (m)	3920
Suurim laius (m)	1870
Veepeegli pindala (ha/km ²)	423,9/4,24
Saarte pindala (ha/km ²)	28,3/0,28
Kogupindala (ha/km ²)	452,2/4,52
Suurim sügavus (m)	8,2
Keskmine sügavus (m)	3,2
Suhteline sügavus (%)	0,35
Maht (m ³)	13 572 500
Kaldajoone pikkus (km)	12 020
Saarte kaldajoone pikkus (m)	13 295
Kaldajoone liigestatus	1,59
Keskmine veerukalle (kraadi)	1,8

Tabel 8. Paunküla veehoidla veekihtide pindalad ja mahud

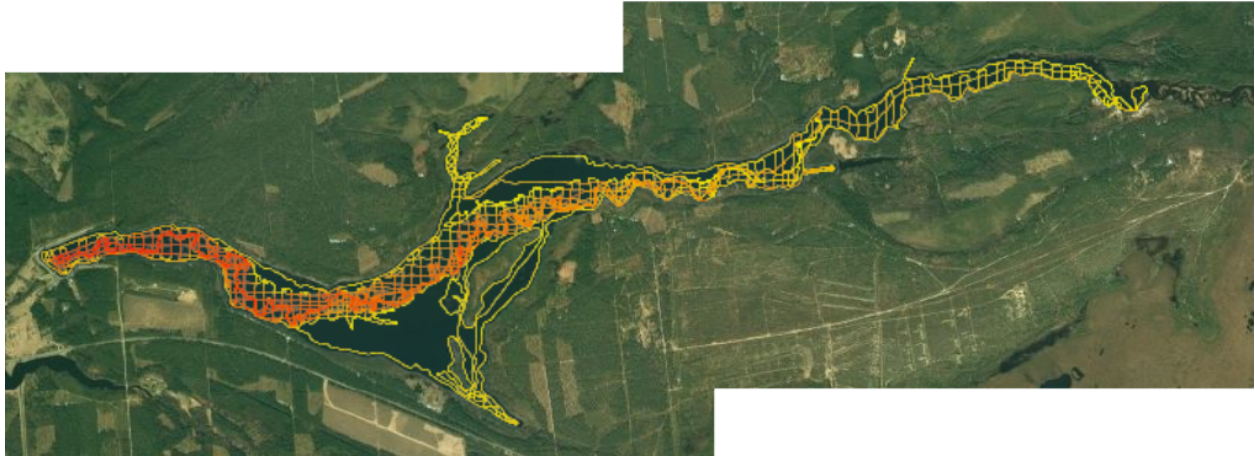
Veekiht (m)	Veekihi pindala		Sügavuse vahemik (m)	Vahemiku ruumala (m ³)
	(ha)	(km ²)		
0	423,9	4,239	0–1	4 090 000
1	397,2	3,972	1–2	3 755 600
2	343,3	3,433	2–3	3 034 100
3	260,9	2,609	3–4	1 937 300
4	114,9	1,149	4–5	490 400
5	19,1	191	5–6	147 000
6	12,1	121	6–7	96 700
7	6,6	66	7–8	21 300
8	0,1	1	>8	30



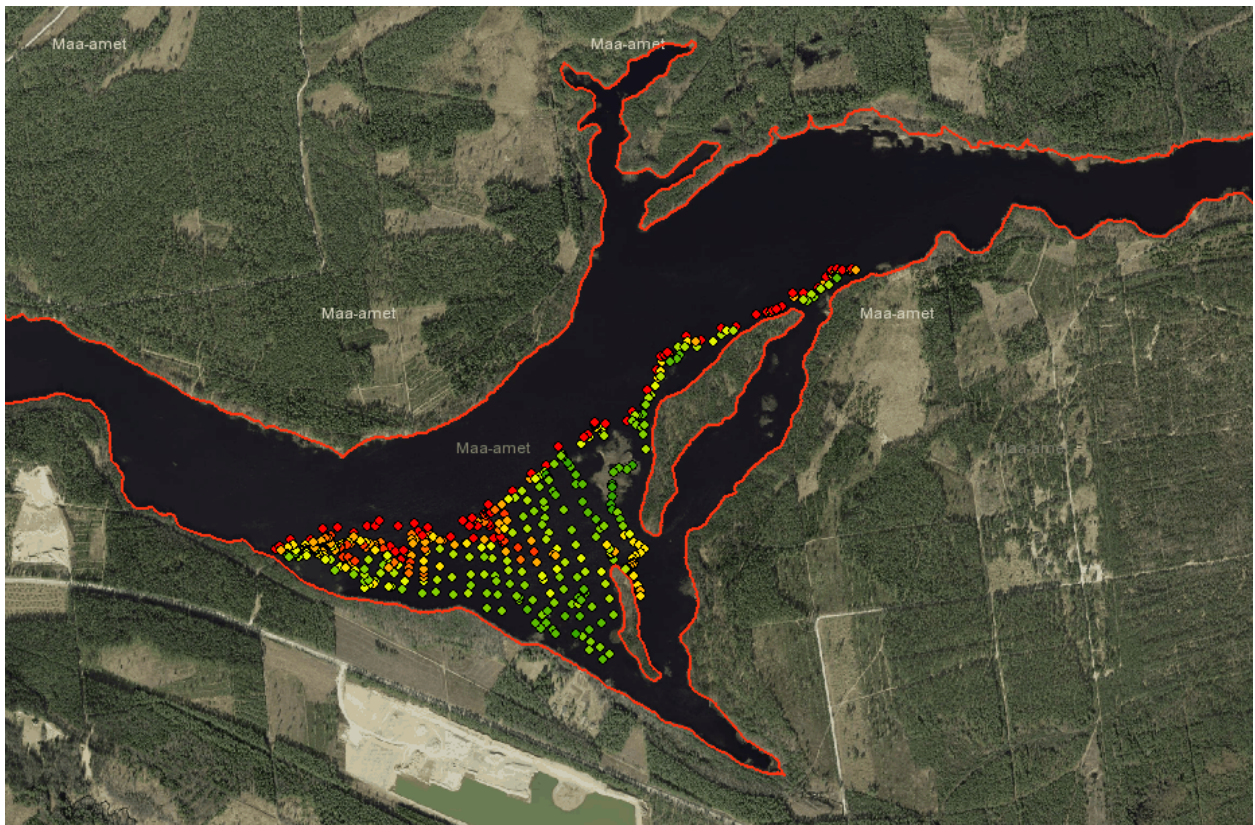
Joonis 16. Paunküla veehoidla batümeetriline ja ruumala kõver.

Soodla veehoidla

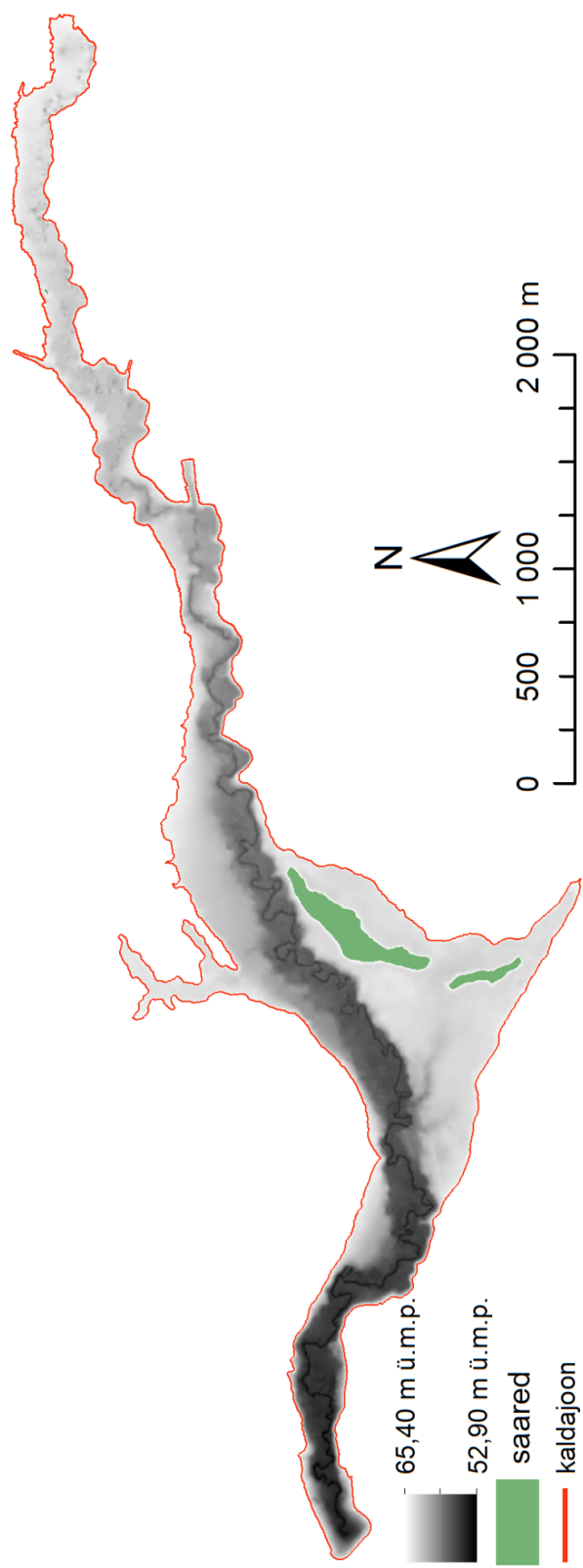
Soodla veehoidlal viidi mõõdistamised läbi 2022. aasta mais ja septembris. Mõõdistamise käigus läbiti 113,5 km ja mõõdistati kokku 345 077 sügavuspunkti (joonis 17). Tulenevalt septembrikuu veekogu madalast veetasemest kaardistati osad veekogu alad, mis olid kuivale jäänud, diferentsiaal GPS-iga (joonis 18). Kuivale jäänud alasid, mille veerukalle oli visuaalsel hinnangul veepiirist kaldajooneni (kevadest kõrgema veetaseme korral mõõdistatud alani) lineaarne, diferentsiaal GPSiga ei kaardistatud. Järve veepinna kõrgus oli kevadest mõõdistuste ajal 65,26 m ü.m.p. Sügiseks oli veetaseme drastiliselt langenud: vee pind oli alanenud 62,51 meetrini ü.m.p. Järve veesammas oli kevadest ja sügisel segunenud ja vee temperatuurid olid vastavalt 11,3 °C ja 15,0 °C. Kogutud sügavusandmete ja Maa-ameti kõrgusmudeliil tuletatud järve kaldajoone põhjal (65,40 m ü.m.p.) interpoleeriti järve nõo batümeetriline kaardikiht (joonis 19). Tulenevalt veekogu suurusest ja keerukast põhjareleefist (joonis 20), ei olnud mõistlik koostada 1 m isojoontega järve sügavuskaarti (jääb nõ loetamatu). Interpoleeritud sügavuskaartide (rasterite) põhjal arvutati välja veekogu morfomeetrilised parameetrid (tabel 9), veekihtide pindalad ja ruumalad (tabel 10) ning koostati batümeetrilised ja ruumala kõverad (joonis 21). Maa-ameti kõrgusmudeli aluseks olnud LiDAR-andmed on kogutud 08.04.2020, 23.04.2020 ja 12.06.2020.



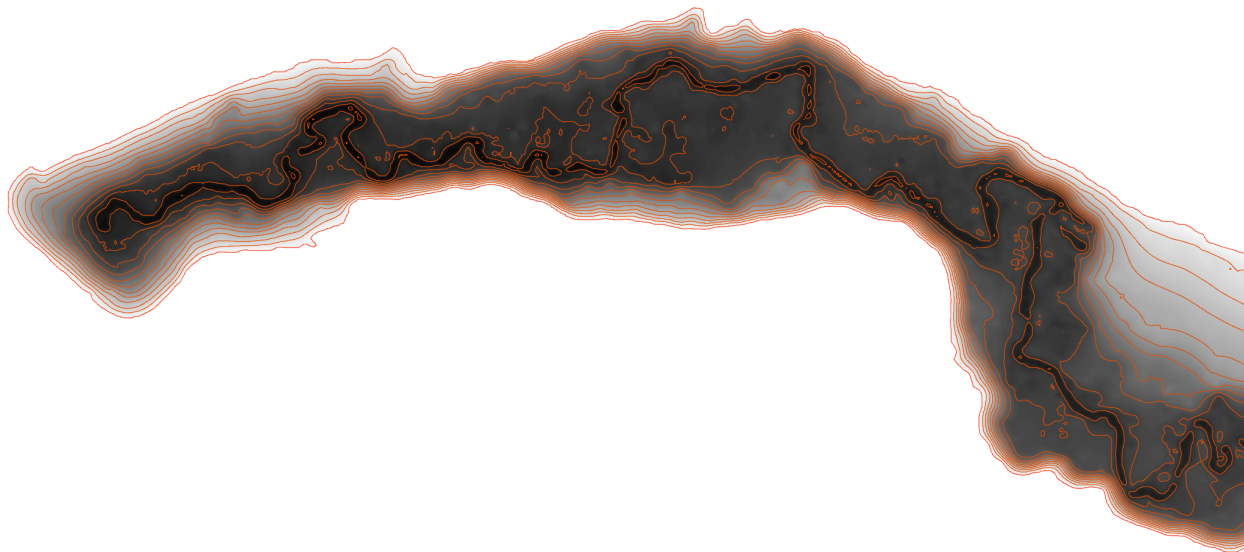
Joonis 17. Soodla veehoidla sügavusmõõdistamiste toorandmed. Madalamad alad on kollaste toonidega, sügavamad alad punaste toonidega. Toorandmete maksimum sügavus on ca 12,0 meetrit.



Joonis 18. Soodla veehoidla diferentsiaal GPS-iga võetud sügavuspunkte asukohad. Madalamad punktid on roheliste toonidega, sügavamad punktid punaste toonidega.



Joonis 19. Soodla veehoidla sügavuskaart veetaseme 65,4 m ü.m.p. juures.



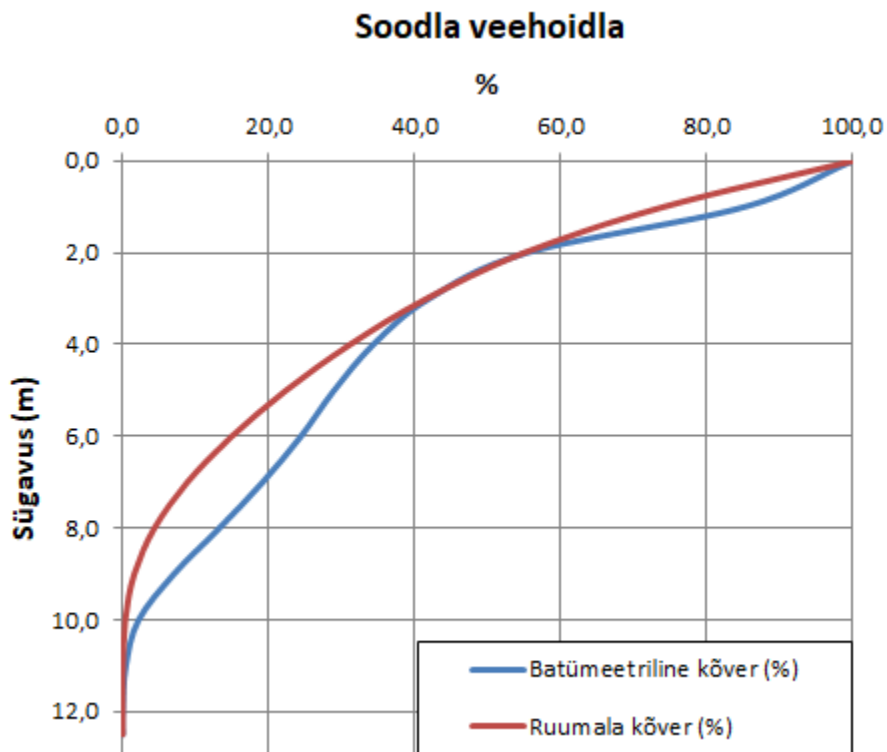
Joonis 20. Soodla veehoidla lääneosa raster 1 m sügavusvahemiku isojoontega.

Tabel 9. Soodla veehoidla morfomeetrised parameetrid

Veepinna kõrgus (m ü.m.p.)	65,40
Suurim pikkus (m)	7320
Laine ajutee (m)	2800
Suurim laius (m)	1000
Veepeegli pindala (ha/km ²)	270,9/2,79
Saarte pindala (ha/km ²)	9,19/0,092
Kogupindala (ha/km ²)	280,1/2,80
Suurim sügavus (m)	12,5
Keskmine sügavus (m)	3,58
Suhteline sügavus (%)	0,67
Maht (m ³)	9 684 600
Kaldajoone pikkus (km)	23 715
Saarte kaldajoone pikkus (m)	2770
Kaldajoone liigestatus	4,00
Keskmine veerukalle (kraadi)	3,35

Tabel 10. Soodla veehoidla veekihtide pindalad ja mahud

Veekiht (m)	Veekihi pindala		Sügavuse vahemik (m)	Vahemiku ruumala (m ³)
	(ha)	(km ²)		
0	270,9	2,709	0–1	2 510 800
1	229,3	2,293	1–2	1 847 500
2	149,0	1,490	2–3	1 296 400
3	112,9	1,129	3–4	1 015 200
4	92,4	924	4–5	848 600
5	78,0	780	5–6	719 700
6	65,7	657	6–7	587 800
7	51,6	516	7–8	438 400
8	35,6	356	8–9	267 500
9	18,9	189	9–10	119 300
10	5,9	59	10–11	29 100
11	1,1	11	11–12	4 200
12	0,0	0	>12–13	10



Joonis 21. Soodla veehoidla batümeetriline ja ruumala kõver.