Projektā ietverto dabas liegumu un tiem piegulošo teritoriju vizualizācijai sagatavoti reljefa virsmas 3D modeļi. Dati modeļu sagatavošanai iegūti digitizējot bijušās PSRS armijas ģenerālštāba kartes M 1:10 000. Iegūtie neregulārās izkliedes XYZ dati apstrādāti programmā Surfer, interpolējot un ekstrapolējot ar kriging algoritmu un iegūstot modelētās absolūtā augstuma vērtības regulārā taisnleņķa režģī ar soli 20 × 20 m. Surfer programmatūra izmantota arī modelēto vērtību vizualizācijai, sagatavojot 3D virsmu kartes, kuras apvienotas gan ar topogrāfisko, gan ortofoto karti, un virszemes noteces virzienu karti.

Surface elevation 3D models were prepared to visualize the Project sites and adjacent areas. The data for the models were obtained digitising former USSR army topographic maps in scale 1:10000. The irregular XYZ data were processed using Surfer software, the kriging algorithm was applied for data interpolation and extrapolation, the grid step size was 20×20 meters. The Surfer software was applied for visualization of the modelled Z values, and 3D surfaces were prepared, overlaid with topographic and orthophoto maps, as well as vector map showing surface runoff directions.

PROJEKTA TERITORIJU VIRSMU 3D MODEĻI

Projekta vajadzībām tika izstrādāti purvu un piegulošās teritorijas virsmu modeļi trīs dimensijās (3D). Virsmu 3D modeļi izveidoti Aklajam purvam, Rožu purvam, Aizkraukles purvam un mežiem un Melnā ezera purvam.

Datu sagatavošana

Dati modeļu izveidošanai iegūti, digitizējot bijušās PSRS armijas ģenerālštāba topogrāfiskās kartes mērogā 1:10000. Kartes skenētā un jau koordinātās iesietā formātā tiek uzturētas LU ĢZZF karšu serverī, no kura ar WMS (Web Map Server) palīdzību tiek servētas ArcMap ģeogrāfiskās informācijas sistēmas programmā. Lai gan kartes ir veidotas mērogam 1:10000, to digitizācija veikta mērogā ~1:2000, lai novērstu digitizēšanas laikā radušās neprecizitātes. Tomēr šādā veidā nav iespējams izvairīties no kļūdām, kas radušās izstrādājot karti, skenējot to, vai iesienot to koordinātu vidē. Zināmā mērā šie faktori arī ietekmē izveidoto 3D modeļu precizitāti.

Līdzšinējie pētījumi, kuros salīdzināts topogrāfisko karšu M 1:10000 reljefa slānis ar reāliem mērījumiem, kas veikti ar ģeodēziskām metodēm, liecina, ka šo karšu reljefa slāņa standartnovirze ir 0,6 – 0,9 m, vidējās novirzes vērtības dažādās vietās Latvijā ir robežās no 0,1 m līdz -0,6 m. Tātad, robežās no -1 m līdz +1 m iekļaujas apmēram 70% reljefa punktu (Markots *et al*., 2010).

No M 1:10000 kartēm (TOPO 10K PSRS) tika digitizēts atsevišķu augstuma punktu slānis, kā arī augstumlīkņu slānis. Izmantojot Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras 3.etapa ortofoto (ORTOFOTO 3), kas arī tiek servēts ar LU ĢZZF WMS palīdzību, atsevišķā slānī tika digitizētas arī ezeru kontūras, kuru ūdens līmenis slāņa datu bāzei, savukārt, tika ņemts no topogrāfiskās kartes (TOPO 10K PSRS). Gadījumos, ja ezera ūdens līmenis kartē nebija dots, tā līmenis purvu teritorijā datubāzē tika pierakstīts par 0,2 m zemāks, nekā tuvākais augstumpunkts.

Melnā ezera purva 3D modeļa izstrādē, papildus topogrāfiskās kartes reljefa slāņiem, tika izmantoti arī ģeodēziskie mērījumi gar grāvjiem, kas deva precīzāku reljefa informāciju purva teritorijā. Diemžēl, nebija pieejama informācija par pašreizējām augstuma atzīmēm norakto kūdras lauku teritorijā. Tāpēc Melnā ezera purvam piegulošās teritorijas virsmas reljefs modelī ir ļoti aptuvens.

Augstuma punktu, augstumalīkņu un ezeru slāņi pēc tam apvienoti kopējā slānī, kurš izmantots virsmu 3D modeļu izveidei. Aizkraukles purvam un mežiem izmantoti 17837 punkti, Aklajam purvam – 13529 punkti, Melnā ezera purvam – 4396 punkti, Rožu purvam – 17394 punkti. Digitizētie dati tika eksportēti kā *.csv formāta datnes (piemēru skat. 1. tabulā), kas piemēroti 3D modeļu veidošanai GS Surfer datorprogrammā. Datu tabulas piemērs pievienots pielikumā.

1. tabula. Reljefa augstuma atzīmju datu tabulas piemērs

X (E), m	Y (N), m	Z, m v.j.l.
578305,34	6284064,47	90,1
577901,19	6283844,21	90,4
577960,06	6284006,93	90,1
577674,97	6284059,18	90,3
577779,48	6284264,90	92,7
577928,31	6284313,84	88,9
577339,61	6284079,03	90,4
577247,01	6284323,77	90,6
577463,31	6284387,93	90,1
577485,80	6283858,10	90,9
577032,03	6283890,51	90,2
576481,70	6283922,26	89,3
576694,69	6284157,08	89,7
576957,95	6284145,83	89,9
576699,32	6284344,27	89,2
576520,73	6284325,09	90,9
576147,66	6284298,63	88,4
576084,82	6284090,27	89,4
576026,62	6283859,42	88,1
576343,45	6283821,06	89,4
575633,71	6284223,22	87,6
575217,65	6284348,90	87,3
578305,34	6284064,47	90,1
577901,19	6283844,21	90,4
577960,06	6284006,93	90,1
577674,97	6284059,18	90,3
577779,48	6284264,90	92,7
577928,31	6284313,84	88,9
577339,61	6284079,03	90,4
577247,01	6284323,77	90,6
577463,31	6284387,93	90,1
577485,80	6283858,10	90,9
577032,03	6283890,51	90,2
576481,70	6283922,26	89,3
576694,69	6284157,08	89,7
576957,95	6284145,83	89,9
576699,32	6284344,27	89,2
576520,73	6284325,09	90,9
576147,66	6284298,63	88,4
576084,82	6284090,27	89,4
576026,62	6283859,42	88,1

Purvu virsmas 3D modeļu izveide

Purvu virsmas trīsdimensiju modeļu izveidošanai tika izmantotas sagatavotās datnes *.csv formātā, kas saturēja informāciju par punkta koordinātām LKS-92 koordinātu sistēmā un absolūtā augstuma atzīmēm Baltijas augstumu sistēmā. Šie dati tika ielasīti datorprogrammā GS Surfer, kas paredzēta dažādu dabas un vides datu un procesu vizualizācijai gan plaknē, gan telpā (Surfer. User's guide, 2002). Izvēlētā datorprogramma aprēķina neregulāri izvietotu punktu ar koordinātēm X, Y, Z noteikto virsmu, izveidojot regulāru taisnleņķa režģi, kura mezglu punktos (X, Y) ir modelētas Z vērtības. Mezglu punktu Z vērtību modelēšanai tiek piedāvātas vairākas atšķirīgas metodes kurās izmantoti dažādi interpolācijas un ekstrapolācijas algoritmi., no kuriem tika izvēlēts *krigging* algoritms, kas ir atzīts kā viens no piemērotākajiem tieši dažādu dabas un vides datu apstrādei (Franke 1982, Cressie 1990, Briggs 1974).

Atkarībā no punktu (X, Y, Z) skaita, izmantojot *kriging* algoritmu, tam tiek piemēroti divējādi interpolācijas un ekstrapolācijas veidi. Ja datu kopā esošo visu analizējamo punktu skaits nepārsniedz 250 visā modelējamajā teritorijā, tad režģa mezglu Z vērtību aprēķināšanai tiek izmantotas visu punktu (skat. 1. attēlu) svērtās vērtības (punkta Z vērtība un attālums no punkta līdz aprēķina mezglam), t.i., jo tālāk kāds punkts atrodas no aprēķina mezgla, jo mazāk tas ietekmē mezgla Z vērtību.

1. att. Urbumu datu (X, Y, Z) interpolācijas un ekstrapolācijas *kriging* metodes režģa mezglu Z vērtību aprēķina shēma, ja ir mazāk kā 250 urbumi

Savukārt, ja datu kopas punktu skaits ir ievērojami lielāks par 250, tiek piemērots cits Z vērtību atlases algoritms, kurā režģis tiek sadalīts četros sektoros (skat. 2. attēlu) ar aprēķina mezglu sektoru saskares punktā. Katrā sektorā tiek nolasītas tuvāko 16 punktu Z vērtības pēc kurām, atkarībā no punktu izvietojuma plaknē, tiek aprēķināta mezgla Z vērtība.

2. att. Urbumu datu (X, Y, Z) interpolācijas un ekstrapolācijas *kriging* metodes režģa mezglu Z vērtību aprēķina shēma, ja ir vairāk kā 250 urbumi

Izmantojot izvēlēto algoritmu, tika sagatavota režģa datne *.grd, kur režģa solis bija 20 metri. Pēc tam šī režģa datne tika pielietota gan 3D virsmas, gan virszemes ūdeņu plūsmas virzienu modelēšanai. Izveidotās 3D virsmas tika apvienotas ar esošajām topogrāfiskajām un otrofoto kartēm, un ūdenstilpju un ūdensteču slāņiem, kā arī ūdens plūsmas virzienu vektorkartēm. Turpmāk sniegti dažādi šo modeļu piemēri attēlos.

Aizkraukles purvs un meži

Dabas lieguma „Aizkraukles purvs un meži" reljefa virsmas 3D modelis.
Vertikālais sagrozījums 1:30. Attēlā redzami grāvji dabas lieguma teritorijā, kā arī lielākie purva akači-ezeriņi. Ar purpura krāsas līniju parādīta dabas lieguma robeža.

Virszemes noteces plūsmas virzieni dabas lieguma „Aizkraukles purvs un meži" teritorijā.
Attēlā redzami grāvji dabas lieguma teritorijā, uz tiem projektēto dambju vietas. Virszemes noteces virziena bultiņas ir mērogotas – jo garāka bultiņa, jo salīdzinoši ātrāka plūsma / lielāks kritums. Ar purpura krāsas līniju parādīta dabas lieguma robeža.

Dabiskie mežu biotopi (Baroniņa, 2011) dabas lieguma „Aizkraukles purvs un meži" teritorijā. Vertikālais sagrozījums 1:30. Attēlā redzams dabisko meža biotopu izvietojums lieguma teritorijā un tā piesaiste reljefā – piemēram, platlapju meži (ar dzelteno krāsu) – uz ppurva salām, melnalkšņu dūksnāji (tumši violeti) – gar augstā purva malu. Ar purpura krāsas līniju parādīta dabas lieguma robeža.

Dabas lieguma „Aizkraukles purvs un meži" 3D reljefa virsmas modelis un ortofotkarte (ORTOFOTO 3).

Dabas lieguma „Aizkraukles purvs un meži" 3D reljefa virsmas modelis un topogrāfiskā karte

Aklais purvs

Dabas lieguma „Aklais purvs" reljefa virsmas 3D modelis.
Attēlā redzami grāvji dabas lieguma teritorijā, kā arī purva ezeri. Redzami divi purva kupoli abpus Znotiņu ezeram (lielākajam ezeram). Ar sarkanas krāsas līniju parādīta dabas lieguma robeža.

Virszemes noteces plūsmas virzieni dabas lieguma „Aklais purvs" teritorijā.
Attēlā redzami grāvji dabas lieguma teritorijā, uz tiem projektēto dambju vietas. Virszemes noteces virziena bultiņas ir mērogotas – jo garāka bultiņa, jo salīdzinoši ātrāka plūsma / lielāks kritums. Ar sarkanas krāsas līniju parādīta dabas lieguma robeža.

Dabas lieguma „Aklais purvs” 3D reljefa virsmas modelis un ortofotkarte (ORTOFOTO 3).

Dabas lieguma „Aklais purvs” 3D reljefa virsmas modelis un topogrāfiskā karte

Melnā ezera purvs

Dabas lieguma „Melnā ezera purvs" reljefa virsmas 3D modelis.
Attēlā redzami grāvji dabas lieguma teritorijā. Redzams, ka lieguma teritorijā esošā purva daļa ir augstāka par piegulošo teritoriju, kur plešas kūdras lauki. Ar sarkanas krāsas līniju parādīta dabas lieguma robeža.

Virszemes noteces plūsmas virzieni dabas lieguma „Melnā ezera purvs" teritorijā.
Attēlā redzami grāvji dabas lieguma teritorijā. Virszemes noteces virziena bultiņas ir mērogotas – jo garāka bultiņa, jo salīdzinoši ātrāka plūsma / lielāks kritums. Ar sarkanas krāsas līniju parādīta dabas lieguma robeža.

Dabas lieguma „Melnā ezera purvs" 3D reljefa virsmas modelis un ortofotkarte (ORTOFOTO 3).

Attēlā redzami gan pašreiz izmantotie, gan jau izstrādātie kūdras lauki ap liegumu, kā arī ūdenstilpes lieguma teritorijā.

Dabas lieguma „Melnā ezera purvs" 3D reljefa virsmas modelis un topogrāfiskā karte

Rožu purvs

Dabas lieguma „Rožu purvs" reljefa virsmas 3D modelis.
Attēlā redzami grāvji dabas lieguma teritorijā. Redzama pussala, kas iestiepjas purvā, sadalot to divās daļās, kā arī purvu ieskaujošo pauguru grēdas. Ar sarkanas krāsas līniju parādīta dabas lieguma robeža.

Virszemes noteces plūsmas virzieni dabas lieguma „Rožu purvs" teritorijā.
Attēlā redzami grāvji dabas lieguma teritorijā. Virszemes noteces virziena bultiņas ir mērogotas – jo garāka bultiņa, jo salīdzinoši ātrāka plūsma / lielāks kritums. Ar sarkanas krāsas līniju parādīta dabas lieguma robeža.

Dabas lieguma „Rožu purvs” 3D reljefa virsmas modelis un ortofotkarte (ORTOFOTO 3).

Dabas lieguma „Rožu purvs” 3D reljefa virsmas modelis un topogrāfiskā karte

Izmantotā literatūra

Markots A., Nartišs M., Rečs A. 2010. Topogrāfiskās kartes M 1:10 000 reljefa piemērotība Baltijas jūras stadiju pētniecībā. *Latvijas Universitātes 68. zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: Referātu tēzes.* Rīga: Latvijas Universitāte, 164.-166.

Briggs, I. C. 1974. Machine Contouring Using Minimum Curvature. – *Geophysics*. V 39 (1), 39-48 pp.

Cressie, N. A. C. 1990. The Origins of Kriging. – *Mathematical Geology*. V 22, 239-252 pp.

Franke, R. 1982. Scattered Data Interpolation: Test of Some Methods – *Mathematics of Computations*. V. 33 (157), 181-200 pp.

Surfer. User's guide. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. (2002) Golden Software Inc., Colorado, 640 pp

Baroniņa V. (vad.) 2011. Dabas lieguma "Aizkraukles purvs un meži" dabas aizsardzības plāns. Latvijas Dabas fonds, Rīga, 139 lpp.

TOPO 10K PSRS. Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1:10 000. LU ĢZZF WMS. Skatīts 01.01.2010. Pieejams http://kartes.geo.lu.lv

ORTOFOTO 3. LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Skatīts 01.01.2010. Pieejams http://kartes.geo.lu.lv