

Otepää looduspargi taimkatte inventuuri esialgse kaardistusetapi aruanne

Leping nr 21 04. augustist 2005

Koostasid Kalle Remm ja Madli Linder



Tartu 2006

Sisukord

1. Sissejuhatus	5
1.2. Otepää looduspargi loodusolud (Jaanus Paal)	8
2. Taimkatte prognoosiva kaardistuste metoodikast	9
2.1. Prognoosiva kaardistamise viisid	9
2.2. Tehisintellekt prognoosimeetodina	10
3. Taimkatteüksuste näidistebaasi kogutud näidised ja vaatluste metoodika	12
3.1. Välivaatluste metoodika	12
3.2. Näidised ja paiknemine	12
3.3. Taimkatteüksuste määratlused (Madli Linder)	15
3.3.1. Palumetsad	15
3.3.2. Laanemetsad	16
3.3.3. Sürjametsad	17
3.3.4. Salumetsad	17
3.3.5. Soostunud metsad	19
3.3.6. Madalsoometsad	20
3.3.7. Siirdesoometsad	22
3.3.8. Rabametsad	22
3.3.9. Kõdusoometsad	22
3.3.10. Lammipajustikud	23
3.4. MS Accessi vormingus andmebaas	23
3.5. Käpaliste (Orchidacea) leiandmed (Kalle Remm)	25
3.5.1. Leiandmed	25
3.5.2. Käpaliste leiandmete andmebaas	31
4. Andmekihid ja nende ettevalmistus	32
4.1. Põhikaart	34
4.1.1. Andmekihid	34
4.1.2. Põhikaart eelklassifikaatorina	34
4.1.3. Põhikaardi rasteriseerimine	34
4.2. Mullakaart	35
4.2.1. Andmekihid	35
4.2.2. Mullakaardi rasteriseerimine ja andmete teisendamine	35
4.2.3. Sarnasusmaatriksid	36
4.3. Maapinna kõrgusmudel	37
4.3.1. Andmed.....	37
4.3.2. Andmekihi ettevalmistus.....	38
4.4. Ortofotod	38
4.4.1. Andmed ja andmekihid	38
4.4.2. Värvilahutus	38
4.5. Metsakorraldusfotod	39
4.5.1. Andmed ja andmekihid	39
4.5.2. Andmekihtide ettevalmistus.....	39
4.6. Landsat 7 ETM+ satelliidipildid	39
4.6.1. Andmed ja andmekihid	39
4.6.2. Andmekihtide ettevalmistus.....	41
5. Seletavad tunnused	42

5.1. Andmekihtidest arvatud tunnustest ja nende valikust	42
5.2. Tunnuste arvutamise raadiused ja eelklassifikaatorite kasutus.....	45
5.3. Asendustunnused	45
6. Pidevstuumiumi andmebaasid.....	46
6.1. Vaatlusandmete andmebaas	46
6.2. Andmekihtide andmebaas.....	46
6.3. Tehisõppe andmebaas.....	48
6.3.1. Funktsioontunnused	49
6.3.2. Argumenttunnused	51
6.3.3. Vaatlusvektorid	52
6.3.4. Logitabelid	53
6.3.5. Seletavate tunnuste tabel	54
6.3.6. Tulemuste tabel	54
7. Tarkvara Pidevstuumium	55
7.1. Tehnilised eeldused	55
7.2. Algmenüü.....	55
7.3. Ruumimustrit kirjeldavate tunnuste arvutamine	55
7.3.1. Indeksi arvutamise parameetrid	56
7.3.2. Eelklassifikaator ja eraldised	56
7.3.3. Pildi- või kaardimustrit kirjeldavad indeksid Pidevstuumiumis.....	57
7.4. Tehisõppe	59
7.4.1. Tehisõppe protseduur.....	59
7.4.2. Tehisõppe protseduur.....	60
7.4.3. Tehisõppe osad.....	61
7.5. Teadmiste kontroll.....	65
7.5.1. Kontrolltäpsuse arvutus.....	66
7.5.2. Näidiste uuestivalik.....	66
7.6. Hinnangute ehk prognooside arvutamine	66
7.6.1. Sarnasushinnangud	67
7.6.2. Hinnangud andmebaasi tabelisse	67
7.6.3. Hinnangud rasterkaardile	68
8. Taimkatteüksuste tehisõppe tulemused.....	72
8.1. Metsaüksuste õppe tulemused	74
8.2. Mittemetsa üksuste õppe tulemused.....	77
9. Taimestikukaardid.....	80
9.1. Maakattekaart.....	80
9.2. Metsa kasvukohatüübid	82
9.3. Metsa kasvukoha troofsus ja niiskus.....	85
9.3.1. Metsa kasvukoha niiskuse kaardistus.....	86
9.3.2. Metsa kasvukoha troofsuse kaardistus	89
9.4. Taimkatte kaart	91
9.4.1. Sarnasushinnangud ja taimkattekaardi usaldatavus	93
9.5. Üksikute suurema looduskaitse väärtusega taimkatteüksuste levik.....	96
9.5.1. Liigirikkad allikasood Otepää looduspargis (Jaanus Paal).....	96
9.5.2. Liigirikkad madalsood	98
9.5.3. Põhjaveetoitelised siirdesood	104

9.5.3. Põhjaveetoitelised siirdesood	105
10. Käpaliste kaardistus.....	115
10.1. Käpaliseliikide esinemise/puudumise tehisõpe.....	115
10.2. Esinemiskohtadega sarnaste kohtade kaardid	117
10.2.1. <i>Goodyera repens</i> — roomav öövilge	118
10.2.2. <i>Epipactis palustris</i> — soo-neiuvaip	120
10.2.3. <i>Epipactis helleborine</i> — laialehine neuuvaip	122
10.2.4. <i>Malaxis monophyllos</i> — soovalk.....	124
10.2.5. <i>Liparis loeselii</i> — soohiilakas.....	127
10.2.6. <i>Gymnadenia conopsea</i> — harilik käoraamat	129
10.2.7. <i>Listera ovata</i> — suur käopõll.....	130
10.2.8. <i>Neottia nidus-avis</i> — pruunikas pesajuur	133
10.2.9. <i>Dactylorhiza baltica</i> — balti sõrmkäpp	134
10.2.10. <i>Dactylorhiza fuchsii</i> — vööthuul-sõrmkäpp	136
10.2.11. <i>Dactylorhiza maculata</i> — kuradikäpp	139
10.2.12. <i>Dactylorhiza incarnata</i> — kahkjaspunane sõrmkäpp	141
10.2.13. <i>Dactylorhiza russowii</i> — Russowi sõrmkäpp	143
10.2.14. <i>Dactylorhiza cruenta</i> — täpiline sõrmkäpp	146
10.2.15. <i>Platanthera sp.</i> — käokeel.....	149
10.3. Käpaliste liigirikkuse ja hinnangute ebakindluse koondhinnang	151
10.3.1. Käpaliste liigirikkuse kaart	151
10.3.2. Käpaliseliikide esinemise hinnangute ebakindluse kaart	159
11. Kokkuvõte ja ettepanekud uuringute jätkamiseks.....	164
11.1. Taimkatteüksuste esinduslikkus.....	164
11.2. Käpaliste andmebaasi esinduslikkus.....	165
11.3. Pildi ja kaardiandmete esinduslikkus	165
11.4. Tehnoloogilised probleemid	165
11.5. Looduskaitsetised ettepanekud	166
Vüited	167
LISAD	171
LISA 1. Microstationi programminaga cellidevärvid.bas.....	172
LISA 2. Microstationi programminaga kõrgusvärv.bas	173
LISA 3. Access VBA programmimoodul Kaardilehtede_andmed.....	174
LISA 4. Access VBA programmimoodul Valisobivad.....	175
LISA 5. Üksuste loetelud kasutatud taimkatteklassifikatsioonides.....	177
Detailised (väikesed) üksused Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes	177
Keskmsed üksused Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes	179
Suured taimkatteüksused (maakatteüksused) Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes ja esialgses kaardistuses.....	180
EUNIS 2. astme üksused Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes ja esialgses kaardistuses.....	180
Kasvukoha tüübid Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes ja esialgses kaardistuses	181
Kasvukoha klassid Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes ja esialgses kaardistuses.....	182
Esialgsel Otepää looduspargi taimkatte koondkaardil kasutatud üksused	183
LISA 6. Aruande digitaalse lisa struktuur	185

1. Sissejuhatus

Eelmine kogu Eestit hõlmav ning ühtse metoodika järgi toimunud suuremõtkavaline taimkattekaardistus viidi läbi aastatel 1934...1958, esialgu T. Lippmaa ning seejärel L. Laasimeri juhtimisel ning nende välja töötatud taimkatteüksusi kasutades. Kaardistamise välitööd kestsid kokku 21 aastat ning neist võttis osa 67 isikut (Laasimer 1965). Praegune kõige detailsem kogu riiki kattev ja taimestikku iseloomustav kaart (GIS) on satelliidipiltide põhjal loodud CORINE eraldise miinimumsuurusega 25 ha (mõõtkava 1: 100 000). Selliseid, kogu maapinda klassifitseerivaid, kuid taimkatteüksusi vaid väga üldistatult käsitlevaid kaardistusi on nimetatud maakattekaartideks (Meiner 1999). Suuremõtkavaline, kasutatud metoodikalt, üksustelt ning kvaliteedilt ühtne Eesti aktuaalse taimkatte kaart puudub. Suuremõtkavalise kaardi all peavad autorid silmas mõõtkava 1: 10 000, keskmist eraldise suurust 1 ha, pikslisuurust 10×10 m.

Suuremõtkavaline taimkattekaart on vajalik ülevaate saamiseks käsitletava piirkonna taimkattes eelmise suuremõtkavalise taimkattekaardi koostamisest möödunud aja jooksul toimunud muutustest praegu kasutusel olevate taimkatteüksuste kontekstis, ala loodusliku mitmekesisuse detailsete üksuste – taimekoosluste ja kasvukohatüüpide tasemel hindamiseks, haruldaste ja ohustatud koosluste asukohtade ning seisukorra väljaselgitamiseks, on objektiivselt aluseks loodusolude seire optimaalsel korraldamisel ja looduskaitse planeerimisel, aitab territoriaalse planeerimise ja territooriumi majandamise puhul otsuseid langetada ning on kasulik kaardistavate nähtustega seotud informatsiooni süstematiseerimisel ja üldistamisel.

Suuremõtkavaline lauspinnaline välikaardistus on aeganõudev ja kallis. Tugevasti liigestatud maastiku ühe ruutkilomeetri läbiuurimiseks ja ettevalmistatud kaardi- ja pildiandmete tõlgendamiseks taimkattekaardi märgisüsteemi kulub üks kuni kolm inimtööpäeva. Kaardistatava ala pindala Otepää looduspargis koos umbes 100 m laiuse väljapoole looduspargi piiri jääva puhvertsooniga hõlmab 250 km^2 , kui puhvertsoon piiritleda sirgemate servadega, siis *ca* 300 km^2 . Sellise suurusega ala korral võib välikaardistusele kuluda 600 välitööpäeva. Seetõttu on lausaline välikaardistus taimkatte suuremõtkavaliste kaardistuste puhul võimalik vaid juhul, kui kaardistatav ala on suhteliselt väike. Otepää looduspargi suuruse objekti puhul ja eriti juhul, kui silmas peetakse metoodika katsetamist taimkatte suuremõtkavaliseks kaardistamiseks kogu Eesti ulatuses, on mõistlik kasutada prognoosivat kaardistust (vt ka ptk 2), mida saab vajadusel kombineerida välikaardistusega.

Suuremõtkavaliste taimkatte prognoosikaartide genereerimise kõige paindlikum ja uutele andmetele avatuim lähenemisviis võiks olla näidistele tuginev järeldamine ja mitmesuguseid lähteandmeid (pildi- ja kaardiandmeid) kombineeritult kasutav tõenäosusliku kaardistamise metoodika. Kasvukohatüüpe või muid sarnaseid ruumilisi üksusi on muudest kaardiandmetest varemgi tuletatud (Arold jt 1999, Remm 2002). Ruumiliste muutujate või klassifikatsiooniüksuste kõrgusmudeli, mullaandmete ja üksikvaatluste järgi kaardistamise ja prognoosimise näiteid võib samuti maailmast leida (näiteks Klijn jt 1996). Kaugseireandmete kasutamine on taimkatte prognoosimisel maailmas laialt levinud. Taimkatte kaardistamisel ja liikide leviku modelleerimisel on tavaliselt kasutatud kaugseireandmete arvutipõhist klassifitseerimist, aerofotosid ning mulla- ja kõrgusandmeid (Remm 2004a). Eestis on taimkatte kaardistamisel kasutatud nii satelliidipilte kui ka aerofotosid (näiteks Aaviksoo jt 2000, Palo 1999), kuid kaugseire andmetele tugineval kaardistusel ei ole taimekoosluse tasemel üksusi seni enamasti eristatud, kuna lähteandmete detailsus ei ole piisav või ei ole seda nõudnud töö eesmärk. Detailsemad taimkatte kaardistused on tuginenud mahukatele välitöödele piiratud maa-alal, nende puhul on kasutatud üksnes ortofotode visuaalset interpreteerimist, mitte digitaaltöötlust (Palo 1999). Taimkattekaardi genereerimisel kaugseire- ja kaardiandmeid ning välivaatlusi kombineerituna kasutades saab eeldatavalt kaardistada nii ruumiliselt kui ka temaatiliselt detailsemaid taimkatteüksusi kui vaid ühte liiki kaugseire andmeid (Landsat TM kujutist või

aerofotosid) kasutades, kuid laialdasemalt rakendatav meetoodika olemasolevate aerofotode, satelliidipiltide ja kaardiandmete **kombineeritud** ning **automatiseeritud** kasutamiseks kasvukohatüüpide ja taimekoosluste kaardistamisel puudub (Remm 2002).

Kogu Eesti kohta on olemas suuremõõtkavalised kaardi- ja kaugseireandmed (aerofotod, satelliidipildid eri ajahetkedest, maapinna kõrgusmudel, mullakaart, põhikaart). Nende ning välivaatluste kooskasutamisel peaks olema võimalik kameraalselt ja suhteliselt kiirelt ülepinnaliselt genereerida kaarte: maakattetüüpide, maakasutuse, taimkatte, kasvukohatüüpide ja liikide esinemistõenäosuse, võimalike kaardistusvigade ning maastikumuutuste hinnanguid jmt.

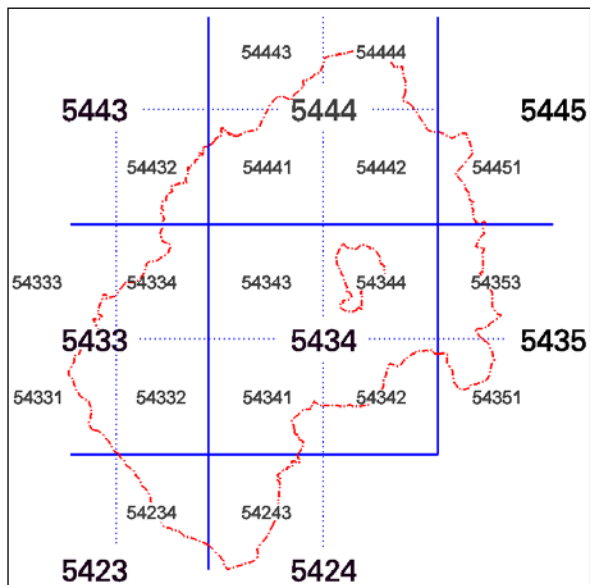
Loomulikult ei saa kameraalselt prognoositud kaardid olla päris täpsed. Samas sisaldavad kõik kaardid mingil määral vigu. 1: 10 000 mullakaarti, baaskaarti, põhikaarti on palju kritiseeritud. Ometi neid kaarte kasutatakse, sest need on kogu Eestit katvad ühtsed andmestikud. Ka välikaardistus ei ole absoluutne tõde. Prognoosivat kaarti on lihtne uuendada ning kaarti on alati võimalik vastavalt vajadusele ja võimalustele välitöödel täpsustada.

Otepää looduspargi territoorium, millele on omane väga mitmekesine pinnamood, mullastik ja taimkate, on kaardistamise seisukohast kahtlemata Eesti üks keerukamaid piirkondi, samas tuleneb sellest võimalus käsitleda siin saadud kogemusi ning kaardistamistöde meetoodilisi arendusi kui pilootprojekti kogu Eestit hõlmava pidevalt uuendatava/täiendatava taimkattekaardi andmebaasi koostamiseks.

Kaartidel kasutatud Eesti Põhikaardi tausta kasutatakse vastavalt litsentsilepingule nr. ST-02 00107. Eesti Põhikaardi lehtede paiknemise skeem Otepää looduspargi alal on joonisel 1.1.

Aruande põhitekstis esitatakse hinnanguliste kaartide generaliseeritud versioonid, detailised versioonid on aruande digitaalses lisan, mille struktuur on esitatud lisan 6. Kõik prognoosikaardid on esialgsed, neid on kavas tulevikus välivaatlustega täpsustada.

Aruande koostajad avaldavad tänu Jaanus Paalile, kes osales välivaatlustes ja kirjutas peatüki 1.2 ja 9.5.1, Jane Freyle, Elle Roosaluks, Mare Toomile, Toomas Hirsele ja Tiiu Kullile, kes abistasid taimede määramisel. Liina Remm lisan käpaliste leiukohti, Jaanus Remm ja Kaupo Kohv osalesid varasematel välitöödel, Jaanus Remm lisan ka 2005.a. näidisalasid, Elle Meier ja Kristiina Sulbi lubasid kasutada oma vaatlusandmeid.



Joonis 1.1. Eesti Põhikaardi lehed Otepää looduspargi alal.

1.2. Otepää looduspargi loodusolud (Jaanus Paal)

1180 km² suurune Otepää kõrgustik paikneb Kagu-Eestis, Võrtsjärve ja Haanja kõrgustiku vahel. See on künklik-nõolise pinnamoega liustikukuhjelisel saarkõrgustikul kujunenud maastikurajoon (Arold 2005). Kõrgustiku positiivsed pinnavormid koosnevad põhiliselt Kvaternaari ajastu mandriliustike tegevuse tulemusena moodustunud setetest. Kõrgustiku pindalast umbes 50% hõlmavad moreenkõrgendikud ja moreenkatttega mõhnad ning ligi 20% fluvio- ja limnoglatsiaalsed mõhnastikud, väiksema osa (>10%) moodustavad moreen-tasandike ja jääpaisjärvede abrasioonitasandikud ning keeruka ehitusega suurvormid (>9%), iseloomulikud üsna suure nõlvade kalde (5...30°) ja suhtelise kõrgusega (10...25 m) moreenkatttega künkad ja mõhnad, samuti fluvio- ja limnomõhnad (Hang, Karukäpp 1979). Kõrgustiku keskmine kõrgus on 126,6 m ümp; 200 meetrini ja üle selle ulatuvaid kõrgendikke on 19. Pühajärve vagumus jagab kõrgustiku ulatuslikumaks, kuid üldiselt laugjamaks idaosaks ning väiksemaks, aga tervikuna kõrgemaks lääneosaks (Hang 1976). Nii ida- kui edelaosas ilmneb kõrgendike paiknemises kirde-edelasihiline vööndilisus, mis märgib ilmselt liustikuserva pikemaageid asendeid (Arold 2005).

Muld- ja taimkatte kujunemisel on määravaks olnud pinnakatte valdavalt savikas koostis. Nii mõhnu katval 1...2 m paksusel moreenil kui ka moreenküngaste karbonaadirikkal veeriselisel saviliival ja liivsvil on kujunenud üsna viljakad leetjad ja leostunud mullad (Kont 1986). Paljudes kohtades on viirudena punakaspruunil moreenil näivleeturud muldi. Üldiselt on muldkate väga vaheldusrikas, eriti väikesekünklikel aladel. Silmas pidades Otepää kõrgustiku tugevalt liigestatud pinnamoodi ning proovialade paiknemist positiivsete pinnavormide lagedel ja nõlvadel, on siin omaette probleemiks nõlvade kallakuse mõju muldade kujunemisele. Kõigil nõlvadel toimub sageda ja mingil määral mulla erosioon, mis seisneb mullamassi ärakandes reljeefi kõrgematelt osadelt nõlvade alaossa ja jalameile. Sellele viitab Hilis-Holotseenis toimunud huumuslike deluviaalsete setete kuhjumine ainult üksikutes kohtades kõrgendike nõlvadel, enamasti aga ainult nende jalamil. Kaasaegse erosiooni intensiivsus sõltub: 1) sademete hulgast, 2) nõlva kallakusest ja kalde pikkusest, 3) mulla granulomeetrilisest koostisest, struktuursusest ja huumusesisaldusest ning 4) taimkattest (Paal jt. 2004).

Karbonaadirikkamal moreenil kujunenud hea niiskusvaruga muldadel kasvavad kõrgendike salumetsad, hästi dreenitud kergema lõimisega muldadel sürjametsad. Madalamate ja karbonaadivaesemate kõrgendike näivleeturud muldadel on tüüpilised jänesekapsa laanekuusikud, kohati jänesekapsa-pohlamännikud. Liivast limnomõhnade toitekehvadel kuivadel leedemuldadel on iseloomulikud sambliku- ja kanarbikumännikud. Kõrgustiku kagunõlva sandurit katavad peamiselt palumännikud. Nõgude madalsoodele on iseloomulikud tarnakooslused, puis-madalsoodes sageli ka sookastikukooslused (Kalda 1986; Arold 2005).

2. Taimkatte prognoosiva kaardistuste meetodikast

Prognoosiva kaardistuse objektid taimkattekaardistusel on taimkatteüksuste või üksikliikide esinemistõenäosus, nähtuse oodatav esinemisala või kõige tõenäolisem klass igas kohas. Prognoosikaarte saab genereerida kas statistiliste mudelite või eksperthinnangute abil. Ekspertsüsteemid omakorda võivad tugineda kas reeglitele või näidistele. Viimane on eeldatavasti kõige paindlikum viis nii keerulise nähtuse, kui taimkate, kaardistamiseks.

2.1. Prognoosiva kaardistamise viisid

Liikide leviku prognoosil ja elupaikade leviku modelleerimisel on enamasti kasutatud statistilise kirjeldamise ja modelleerimise meetodeid (Franklin 1995, Guisan ja Zimmermann 2000, Remm 2004a). Palju on kasutatud regressioonanalüüsi erinevaid vorme, näiteks mitmest regressioonanalüüsi, üldistatud lineaarseid mudeleid, üldistatud aditiivseid meetodeid ning logistilist regressiooni (Austin 2002, Guisan ja Zimmermann 2000). Veel on liikide või koosluste leviku prognoosimisel kasutatud ordinatsiooni, mis enamasti põhineb kanoonilisel vastavusanalüüsil. Tinglike tõenäosusjaotuste (Bayesi mudelite) järgi toimub suurem osa satelliidipõhisest taimkattekaardistusest (Remm 2005b). Kasutatakse ka uuritava ala jagamist iga vaadeldud faktori järgi sobivaks ja mittesobivaks (*environmental envelopes*) (Brito jt 1999). Kasutatakse ka klassifikatsioonimeetodeid (klassifikatsiooni- ja regressioonipuud, kindlatel reeglitel või tõenäosusjaotustel põhinevad klassifikatsioonid; viimastest näiteks suurima tõepära klassifikatsioonid ja hägused klassifikatsioonid (Burrough jt 2001). Kõige sagedamini kasutatav meetod satelliidipildi interpreteerimiseks on suurima tõepära hinnanguid kasutav valvega klassifitseerimine. Suurima tõepära hinnangute kasutamine metsatüüpide eristamisel võib olla raskendatud (Aaviksoo jt 2000). Eesti 1: 50 000 baaskaardi ning CORINE maakattetüüpide kaardi koostamisel kombineeriti arvatud klassifikatsiooni selle usaldatavuse tõstmiseks satelliidipiltide visuaalse interpreteerimisega (Remm 2004a).

Laialdaselt kasutatud otsuste puul põhinevad tehnikad (klassifikatsiooni- ja regressioonipuud) (De'ath ja Fabricius 2000, De'ath 2002, Debeljak jt 1999, 2001, Hansen jt 2001, Stankovski jt 1998, Kobler ja Adamic 2000) ning *k*-lähima naabri meetod loetakse olenevalt masinõppe rollist iteratiivsel parima lahendi otsimisel kas statistiliste meetodite või tehisintellektimeetodite hulka kuuluvaks (Remm 2004a). Metsakoosluste kaardistamisel on otsuste puud kasutanud näiteks Moore jt (1991).

Intellektitehnika hulgast on lisaks otsuste puule tuginevatele ekspertsüsteemidele kasutatud tehisnärvivõrke (ANN) ja samuti ekspertsüsteemide hulka kuuluvat näidistele tuginevat järeldamist. ANNi on kasutanud näiteks Fitzgerald ja Lees (1992) maakatte/floristiliste klasside prognoosimiseks, Kimes jt (1999) metsa kaardistamisel ja selle vanuse määramisel, Hilbert ja Ostendorf (2001) mineviku taimkatte modelleerimisel, Mas jt (2004) metsade kadumise prognoosikaartide koostamisel. ANNi kasutatakse päris palju kujutise, eriti satelliidipildi töötlemisel (näiteks Fitzgerald ja Lees 1992, Kimes jt 1999, Mas jt 2004).

Sarnaste näidiste kasutamisel põhinevaid meetodeid on otsuste puudest vähem kasutatud ning need on ökoloogide seas tõenäoliselt vähem tuntud (Remm 2004a). Sarnaseid analooge on kasutatud taimkatte prognoosiks ja kaardistamiseks (Osborne ja Brearley 2000, Wilds jt 2000, Remm 2002, 2004b, Bock jt 2005), paleoökoloogilistes rekonstruktsioonides (Birks 1993, Flower jt 1997). Tugev näidistele tugineva prognoosimise koolkond on Soome metsakorralduses (Remm 2005b), kus *k*-lähima naabri meetodit on metsade inventeerimisel kasutatud alates 1990. aastatest (Remm 2004a). Piksli sarnasust etalonile on kasutatud metsakorralduse jaoks huvi pakkuvate pidevate muutujate, näiteks puidu tagavara prognoosimiseks (Tokola 2000, Mäkelä ja Pekkarinen 2001, Kilpeläinen ja Tokola 1999, Muinonen jt 2001, Pekkarinen 2002) või metsakahjustuste hindamisel (Heikkilä jt 2002)

satelliidipiltide järgi. Näidistele tuginevat prognoosimist on kombineeritud pildikujutise eelneva eraldisteks segmenteerimisega (Mäkelä ja Pekkarinen 2001, Pekkarinen, 2002).

2.2. Tehisintellekt prognoosimeetodina

Mingi nähtuse prognoosimiseks vajatakse kas mudelit, asjatundjat ehk eksperti või tehislisku ekspertsüsteemi. Ekspertsüsteemil võib olla teatud iseõppimise ehk kogemuse järgi kohanemise ehk tehisõppe võime ehk tehisintellekt. Tehisõppe tugineb suures osas dünaamilise mälu teooriale (Schank ja Abelson 1977, Schank 1982), mille kohaselt uues olukorras langetatakse otsuseid uut situatsiooni varasemate rohkem või vähem üldistatud kogemustega võrreldes ja kõige sarnasemaid näidiseid eeskujudena kasutades. Õppimisvõimeline looduslik või tehismälu peaks dünaamilise mälu teooria kohaselt olema dünaamilise struktuuriga. Õppimisena käsitleb see teooria eelkõige mälustruktuuride ümberkorraldumist ja kogemuse ümberhindamist, mitte uue kogemuse lisandumist (Schank 1982, Michalski 1986). Kuigi inimpsühholoogia käsitlemisel on dünaamilise mälu teoorial leitud mitmeid puudusi, on seda teooriat edukalt rakendatud tehisõppe alal.

Tehisõppe vallas on hakatud eristama innukat ja laiska õpet (*eager learning & lazy learning*). **Innuka õppe** puhul üldistatakse uus kogemus esimesel võimalusel ja toorandmeid ei säilitata, järeldusi tehakse valmis reeglite järgi (RBR – *rule-based reasoning*). **Laisa õppe** puhul ei kiirustata kogemuse üldistamisega ja mälustruktuuride muutmisega. Vaatlused ja kogemused hoitakse originaalkujul. Otsuste langetamine toimub uut olukorda või uusi vaatlusandmeid mälus olevatega võrreldes (CBR – *case-based reasoning*). Tehisintellekti kasutatav ekspertsüsteem hoiab oma teadmisi teadmiste baasis, mis võib sisaldada nii üldistusi (statistilisi parameetreid, reegleid, mudeleid) kui ka töötlemata lähteandmeid. Esimesel juhul nimetatakse teadmiste baasi reeglite baasiks (*rule-base*), teisel juhul näidiste baasiks (*case-base*).

Laisa õppe eelis teiste meetodite ees on eelkõige suur paindlikkus. Lähteandmed võivad olla mistahes tüüpi, mistahes jaotusega ^{näisuse} ning ^{ine, et lei} arvutamiseks. Kuigi näidised on näidistele tugineva ekspertsüsteemi osa, ei ole vaatluste lisandumisel vajadust mudeli loomist otsast alustada, nagu statistiliste mudelite puhul. Reeglina otsustab kasutaja tunnuste ja vaatluste komplekti, sarnasuse arvutamise reeglid, otsuse langetamisel kasutatavate näidiste arvu ja sarnasuse kriitilised väärtused, kuid võimalik on ka nende muutujate sobivaimate väärtuste automatiseeritud otsimine.

Mingi tundmatu olendi liigikuuluvuse määramise ülesande puhul oleks innuka õppe lahendiks määramistabeli kui valmiskujul üldistuse kasutamine. Laisa õppe lahend oleks selle olendi võrdlemine kollektisioonis olevate juba määratud eksemplaridega. Andmetöötlusmeetoditest võib innuka õppe hulka liigitada statistilise modelleerimise, mitmesuguste klassifikatsiooniskeemide loomise ja kunstlike närvivõrkude kasutamise. Kunstlike närvivõrkude ökoloogias kasutamist on käsitlenud Lek jt (1996), Lek ja Guégan (1999), Foody (1999). Laisa õppe arvutuslikud meetodid kasutavad valdavalt kas k -lähimat naabrit, tõenäosuslikke hinnanguid või tunnusruumi segmenteerimist. Satelliidipildi tõlgitsemise viisidest oleks signatuuride kui maakatteklassi statistiliste üldistuste loomine innuka õppe väljendus, klassifitseeritavate pikslite võrdlemine õpetusalade üksikpikslitega aga laisale õppele vastav guttusemisviis.

Näidistele tuginevaid järeldusi on kasutatud paljudes teadusharudes ja elualadel, kus seaduspärasused ei ole täiesti ranged, on aga olemas suur hulk üksikjuhtumeid ja üksikuuringuid: meditsiinis, nõustamisel, finantsriskide hindamisel, tehniliste rikete diagnoosil, maastiku ja linnade planeerimisel, kaitsejõududes, tekstitöötuses, kõnetuvastuses, masintõlkes, pilditöötuses, tarkvaraarenduses. Ökoloogiaski domineerivad üksikfaktid üldistuste üle ja järeldused on enamasti pigem näidiste-põhised kui teooriapõhised.

Nii nagu statistilised mudelidki, tuleb ka näidistele tuginev ekspertsüsteem õpetusandmetele sobitada ehk välja õpetada ehk optimeerida. Süsteemi optimeerimise põhivahend on näidistele ja tunnustele parimaid prognoose tagavate kaalude leidmine. Tunnuste kaalud näidistele tuginevas süsteemis otseselt tulemust ei prognoosi, suurema kaaluga tunnuste kokkulangevus või erinevus omab vaid suuremat mõju sarnasuse arvutamisel prognoositava üksuse ja näidise vahel. Näiteks kaardilehe kood argumenttunnusena tähendab, et nähtuse prognoosimisel saavad suurema mõjukaalu need näidised, mis paiknevad samal kaardilehel. Milliseks kujuneb prognoos, sõltub prognoositava muutuja väärtustest suurema kaalu ja sarnasusega näidistel.

3. Taimkatteüksuste näidistebaasi kogutud näidisalad ja vaatluste meetodika

3.1. Välivaatluste meetodika

2005. aasta välivaatluseid koguti näidistebaasi 2005. a aprillist oktoobrini. Taimkatte näidisalade kirjeldamisel tehti GPS-vastuvõtja, aerofoto, orienteerumiskaartide ja põhikaardi abil kindlaks vaatluse asukoht ja kirjelduse kehtivuse ruumilised piirid. Märkiti üles vaatleja, kasvukohatüüp, puittaimede katvus, kümnepalline puistu valem, põõsarinde koosseis, alustaimestiku iseloomulikumat liigid. Metsakohtades hinnati kasvukoha niiskus ja troofsus arvuliste näitajatena vahemikus 0...100 kasvukohatüüpide ordinatsiooniskeemil (Lõhmus 1984). Kui vaadeldud kohas oli tõenäoliselt viimase viie aasta jooksul toimunud muutusi, mis muudavad taimkatteüksust vastavalt selles töös kasutatud jaotusele, või kui kooslus tõenäoliselt muutub paari aasta jooksul, siis lisati hinnanguliselt kirjelduse kehtivuse ajalised piirid.

Enamikus vaatluskohtades pildistati koosluse ja üldilmet ja alustaimestikku. Kokku anti projekti esimese poole aruande digitaalses lisas tellija kasutusse 1668 digitaalfotot.

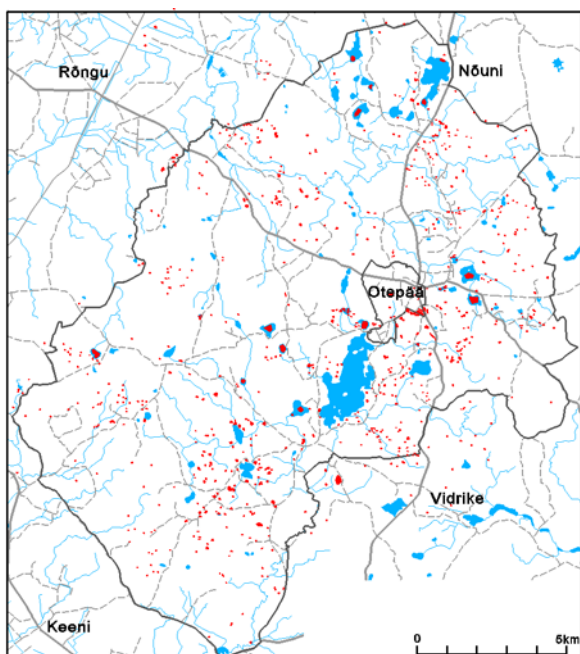
Puistu koosseisu hindamist üldvaate järgi kasutati põhjusel, et kaugseirepiltidel paistab üldvaade ja seetõttu on puistu koosseisu rohkem lootust kaugseireandmetega siduda. Kuna üldvaate järgne katvus vastab ligikaudselt liikidele langeva päiksekiirguse hulga, siis kajastab sel moel hinnatud katvus ligikaudselt liikide produktiivsust. Üldvaate järgi katvust on kasutatud varasemates Otepää looduspargi puistu andmeid kasutavates uuringutes (Remm 2002, 2004b, 2005a).

Näidisalade valikul ja piiritlemisel lähtuti neljast üldisest kriteeriumist:

- 1) ruumiline stabiilsus (näidisala kirjeldus peaks kehtima võimalikult suures raadiuses, reeglina vähemalt 20 m raadiuses),
- 2) ajaline stabiilsus (hiljuti inimtegevuse tõttu või muul põhjusel tugevasti muutunud kohti välditi),
- 3) tüpoloogiline esinduslikkus (eelistati taimkatteüksuste tüüpilisemaid esinemisvorme),
- 4) esindatus näidistebaasis (näidisaladena eelistati taimkatteüksusi, mille esinemisvormid olid näidistebaasis senini vähe esindatud (vähem kui 10 näidisala).

3.2. Näidisalade hulk ja paiknemine

Taimkatte näidisalad paiknevad Otepää looduspargi erinevates osades (joonis 3.1). Näidisalad on näidistebaasis 24. märtsi 2006 seisuga 913, nendest Otepää looduspargis 647 vaatluskohta. Läbi vaadati järgmised varasemad andmestikud: projekti „Otepää looduspargi sürjametsade mitmekesisuse inventuur” aruanne (Paal jt 2002) (vaatlused aastast 2001), Elle Meieri vaatlusandmed juulist ja augustist 2004 (Paal jt 2004), Otepää looduspargi kasvukohatüüpide kaardistus kolmel vaatlusalal aastast 2001 (leping nr 5), 1000 juhupunkti kasvukohatüübi ja metsa koosseisu kaardistus aastast 2002 (kaardistajad Kaupo Kohv, Jaanus Remm, Kalle Remm), Kristiina Sulbi vaatlusandmed augustist ja septembrist 2004 (Sulbi 2005) ning metsastuva põllumaa kirjelduste andmebaas Tartu Ülikooli geograafia instituudis. Varasematest andmetest ei liidetud andmebaasi kõiki vaatlusi, kuid liideti ka väljaspool loodusparki olevaid vaatluskohti (tabel 3.1). Varasemate andmetike sobivusele annab hinnangu kasutatud vaatluste osakaal.



Joonis 3.1. Taimkatte kaardistuse näidisalade paiknemine Otepää looduspargis ja selle lähieümbruses.

Varasemate andmete valikul lähtuti alltoodud põhimõtetest.

Eraldis ei sobi näidisalaks, kui:

- 1) selles kohas juba on näidis,
- 2) aerofotol on selles kohas defekte,
- 3) ala on valdavalt puude või hoonete varju sees,
- 4) ala on kitsas (reeglina peaks läbimõõt olema vähemalt 20 m, soovitatavalt vähemalt 30 m; alla 20 m võib olla koosluste puhul, mida laiemal alal näidistebaasis ei ole),

- 5) aerofoto järgi tundus, et puude katvus või okas- ja lehtpuude vahekord on välitööl valesti hinnatud või on välitöö ja aerofoto pildistamise vahel muutunud,
- 6) eraldis on seesmiselt ebaühtlaselt muutlik ja ei ole selge, millise osa kohta kirjeldus kehtib,
- 7) välitööl määratud kasvukohatüüp on selges vastuolus mullakaardil oleva mullaliigiga, põhikaardil oleva põhialaga või aerofotoga vastuolus.

Tabel 3.1. Taimkatte kaardistuse näidisalade andmebaasisolevate vaatluste hulk ja päritolu

Andmeallikas	Vaatlusi andmeallikas	Näidiste baasi liidetud vaatlusi	Kasulike vaatluste osa [%]
Välivaatlused 2005	573	573	100
Metsastuva põllumaa kirjelduste andmebaas	361	33	9
Paal jt 2004	15	15	100
Sulbi 2005	12	12	100
1000 juhupunkti 2002.a	1000	179	18
Paal jt 2002	49	13 (14)*	27 (29)*
Kaardistus 2001	6420	88 (89)**	1

* Paal jt (2002) andmetest sai kokku 13 näidisala, kuid kasutati 14 vaatlust (kaks vaatlust ühendati üheks näidiseks nende sarnasuse ning lähestikku paiknemise tõttu).

** Üks vaatluskoht on kombineeritud kirjeldusega andmestikust Sulbi (2005).

24. märtsi 2006 seisuga on taimkatte näidisalade andmebaasi taimkatteüksuste tabelis 298 nimetust. Selle projekti põhieesmärk on Otepää looduspargi taimkatte kaardistamine näidiste ning kaugseire- ja kaardiandmete järgi. Kaugseire- ja kaardiandmete järgi kaardistamisel saab õpetusandmetena kasutada ka väljaspool Otepää loodusparki olevaid näidisalaid, kui need esindavad Otepää looduspargis esinevaid kaardistusüksusi. Seetõttu on selles peatükis olevates tabelites esitatud nende näidisalade arv, mis esindavad Otepää looduspargis esinevaid taimkatteüksusi ning mida kasutatakse näidistele tugineva prognoosisüsteemi õpetusandmetena.

Otepää looduspargi kaardistamiseks sobivad näidisalad jagunevad EUNIS elupaikade klassifikatsioonis (Davies, Moss 2002) 19 teise astme üksuse, 49 kasvukohatüübi ja 150 taimekoosluse tasemel detailse kaardistusüksuse vahel. Detailse kaardistusüksuse tasemel on näidis kasutamiskõlblikuks loetud juhtudel, kui kirjeldatud kasvukohatüüp on Otepää looduspargis paiknevate näidiste hulgas esindatud. 150 Otepää looduspargis oodatavalt esinevast detailsest kaardistusüksusest on looduspargis paiknevate näidistega esindatud 133 üksust.

3.3. Taimkatteüksuste määratlused (Madli Linder)

Enamiku Otepää looduspargis esinevate üksuste määratlus lähtub Eesti taimkatte kasvukohatüüpide klassifikatsioonist (Paal 1997). Juurde on lisatud järgmised kasvukohatüübid: *lillaka palumets, metsastuv sööt, suurtaimestik vees, allikasoomets*.

Metsade jagamisel leht-, okas- ja segametsaks järgiti esmalt Eesti põhikaardil kasutatavat määratlust, et kõik metsad, kus nii okas- kui ka lehtpuude osa on alla 80%, on segametsad. Nende üksuste osas, kus näidiseid kogunes rohkem, jagati segametsi täiendavalt okaspuu ja lehtpuu ülekaaluga metsadeks. *Lillaka, sinilille, naadi ja madalsoo* kasvukohas on lisaks eelmainitule segametsi jagatud enamuspoolsuulise järgi. Kõik siintoodud segametsade jaotused on esialgsed, neid optimeeriti nii, et kaardistatavate klasside äratuntavus oleks võimalikult suur.

3.3.1. Palumetsad

3.3.1.1. Pohla kasvukohatüüp

Pohla kasvukohatüübis eristati kõige rohkem männikuid. Kirjeldati ka üks segamets ning kaks pohlaharvik/noorendik/raiesmikku. Domineeris mänd, kuusk esines teises rindes, ulatudes esimesse. Koosluses pohlaharvik/noorendik/raiesmik lisandus kask.

Teises rindes esines kuuske ja kaske, põõsarindes oli kõige sagedamini märgitud kadaka esinemist, samuti kuuske, tamme, kaske ning vaarikat; lisaks mäнди, sarapuud, pihlakat, paakspuud, punast leedrit, toomingat.

Puhma-rohurindes oli kõige rohkem pohla, vähem mustikat, kanarbikku ja metskastikut, palu-härgheina ning lamba-aruheina. Lisaks oli mõnes kirjelduses nimetatud karvast piipheina, lillakat, põdrasamblikku, raiestikel jäneskastikut jne.

3.3.1.2. Mustika kasvukohatüüp

Mustika kasvukohatüübis eristati kõige enam segametsi, aga ka männikuid ning harvik/noorendik/raiesmik. Kõigi koosluste puistutes peale ühe, kus domineeris kuusk, oli peapuuliigiks mänd, millele lisandus peamiselt kuuske, aga ka kaske ning sookaske.

Mustika kasvukohatüüpi kuuluvate näidisalade kirjeldustes oli teise rinde puudest mainitud pihlakat, põõsarindes pihlakat, haaba, mäнди, kaske ning vaarikat.

Puhma-rohurindes kasvas peamiselt vaid mustikas, millele võis lisanduda pohla.

3.3.1.3. Lillaka kasvukohatüüp

Esineb nn. küllastumata sidus-liivmullal (*Arenosol*) (Paal jt 2004), millele mullakaardil vastab huumuslik leede (L(k)) või leetunud (Lk) muld. Selle mullaliigi profiilis pole leethorisont välja kujunenud või esineb kitsa triibuna. Pohla kasvukohatüüp esineb rohkem leetunud mullal. Sinilille kasvukohatüübiga võiks seda eristada karbonaatide esinemise põhjal mullaprofiili ülemistes horisontides, kuna peale vaadates näeb see välja üsna ühesugune. Eeldatavasti esinevad karbonaadid sinilille kasvukohatüübis kõrgemal (mitte allpool kui 60 cm) kui lillaka kasvukohatüübis (eeldatavasti allpool kui 60 cm või puudub hoopis).

Lillaka kasvukohatüübis kirjeldati enim lillaka-männisegametsi ning lillakamännikuid. Enamasti esines männikutes koos männiga kuusk, segametsades ning kase- ja männisegametsades lisaks kask, viimases ka sarapuu.

Teises rindes oli sagedaseim tamm, palju oli ka kaske, haaba, kadakat, kuuske ning sarapuud. Lisaks toomingat, pärna, vahtrat, pihlakat.

Kirjeldustes oli põõsarindes kõige sagedamini nimetatud pihlakat, sarapuud, tamme ning vaarikat. Kuusk, vaher, mage sõstar ning sarapuu olid samuti mitmel näidisalal esindatud. Lisaks kasvas lillaka kasvukohatüübi kohtades paakspuud, kadakat, kaske, haaba, punast leedrit jt.

Puhma-rohurindes oli kõige rohkem märgitud lillakat, maasikat ning metskastikut. Palju oli veel jänesekapsast, mustikat, pohla, maikellukest ning karvast piipheina. Suhteliselt sagedased olid ka ohtene sõnajalg, laanelill, kilpjalg, leseleht, kuutöverohi. Lisaks oli mitmes kirjelduses märgitud maarjasõnajalga, ussilakka, koldnõgest, jänesehalatit, palu-härgheina, lakklehte, sinilille, aasosja, lamba-aruheina, mets-härgheina, kolmissõnajalga, naistesõnajalga, kanarbikku, jäneskastikut, väikeseõielist lemmaltsa jne. Kasvukohatüübi paiknemisest ordinatsiooniteljestikus pohla, mustika, jänesekapsa ja maasika-sürja kasvukohatüüpide vahel annab tunnistust kuutöverohu ja kanarbiku koosinemine ning nii maasika, pohla, mustika kui jänesekapsa suhteliselt ohtrus.

3.3.2. Laanemetsad

3.3.2.1. Jänesekapsa-mustika kasvukohatüüp

Selles kasvukohatüübis eristati kõige enam segametsi, puhtpuistutest kuusikuid, kaasikuid ning haavikuid. Puistutes domineeris kuusk, rohkelt oli ka mändi, kaske, sarapuud ning haaba. Lisaks esines pihlakat, leppa, vahtrat, tamme.

Teises rindes kasvas enim pihlakat, tamme ning kaske, lisaks mändi ja kuuske, aga kohati ka sarapuud, haaba, vahtrat, saart ning leppa.

Põõsarindes domineerisid vaarikas, pihlakas ja vaher, rohkem oli veel magedat sõstart ja sarapuud. Vähem oli kirjeldustes mainitud kuuske, paakspuud, kaske ning kuslapuud. Lisaks kasvas selles kasvukohatüübis kohati mändi, toomingat, saart, tamme, leppa.

Puhma-rohurinne oli liigivaene. Kõige enam oli nimetatud mustikat, leselehte, jänesekapsast ja lillakat, palju oli veel metskastikut, maasikat, maikellukest, koldnõgest, sinilille, mets-härgheina. Lisaks oli mitmel korral nimetatud jänesehalatit, kilpjalga, ohtest sõnajalga, karvast piipheina, maarjasõnajalga, sõrmtarna, metspipart, võsaülüst, aasosja, põdrakanepit, jäneskastikut jt.

3.3.2.2. Jänesekapsa kasvukohatüüp

Jänesekapsa kasvukohatüübis eristati kõige enam lehtpuu- ja okaspuusegametsi, puhtpuistutest (peapuuliigi katvus üle 80%) kuusikuid ning vähem kaasikuid ja haavikuid.

Okaspuusegametsades (puistud, kus okaspuid 50% või enam) domineeris enamasti kuusk, üksikutel juhtudel määnd, kaaspuliigina esines enim kaske, aga ka leppa, haaba ning sarapuud.

Lehtpuusegametsades (puistud, kus lehtpuid 50% või enam) domineerisid kased või haavad, harvem ka lepp, palju oli sarapuud. Peaaegu kõigil näidisaladel esines puistuvalemis ka kuusk.

Lisaks esines mõlemat tüüpi segametsas saart, vahtrat, toomingat, remmelgat, lehtpuenamusega puistutes ka jalakat ning okaspuenamusega puistutes tamme ja pihlakat.

Teises rindes oli rohkem märgitud kase, pihlaka, remmelga, vahtra esinemist, aga ka sarapuud, kuuske, jalakat, haaba, leppa, tamme.

Põõsarindes domineerisid pihlakas, sarapuu ja vaher, rohkem oli märgitud ka saare, kuslapuu, vaarika, mageda sõstra ja paakspuu esinemist. Vähem, kuid siiski esindatud olid ka tamm, jalakas, toomingas, lodjapuu, lisaks lepp, kask, haab, kuusk ning paju.

Puhma-rohurinne oli suhteliselt liigivaene, selles oli kõige enam nimetatud jänesekapsast. Suhteliselt paljude vaatluste puhul oli nimetatud maasikat, koldnõgest, naiste-, maarja- ning ohtest sõnajalga. Mitmel korral oli mainitud ka metspipart, sinilille, võsaulast, väikeseõielist lemmaltsit, lillakat, salu-siumarja, aasosja, kõrvenõgest, metskastikut, leselehte, mustikat, jänesesalatit, naati, maikellukest, salu-tähtheina, maamõõla, ussilakka, kilpjalga, lisaks harilikku härgheina, metsosja, põdrakanepit, kirjut kõrvikut, laanelille, kolmissõnajalga, luht-kastevart, uibulehte, karvast piipheina jne.

3.3.3. Sürjametsad

3.3.3.1. Maasika kasvukohatüüp

Maasika kasvukohatüüp on ainuke tõeline sürjametsa kasvukohatüüp Otepää looduspargis (vt. ka alapeatükki 3.3.4.1. *Sinilille kasvukohatüüp*). Need on positiivsete pinnavormide lagedel ja nõlvadel karbonaadirikkal, kuid suviti läbikuivaval mullal esinevad kooslused (Paal 1997).

Enim kirjeldati maasikasegametsa kooslusse kuuluvaid näidiseid. Neis metsades domineeris ülekaalukalt mänd, rohkelt oli ka kuuske ning kask, vähem haaba ja sarapuud. Lisaks oli puistuvalemis paju, pihlakat, leppa, tamme, remmelgat. Puhtpuistutest esines kõige rohkem männikuid, aga ka kuusikuid ning kaasik. Neis puistutes esinesid koos mänd, kuusk, kask, männikutes lisandus sarapuu.

Teises rindes olid sagedasemad pihlakas, kuusk ja sarapuu, lisaks esines mändi, toomingat, kask, vahtrat. Sarnaselt teisele rindele esines põõsarindes kõige sagedamini pihlakat ja sarapuud, aga ka kuuske, lisaks vahtrat, tamme, magedat sõstart, kuslapuud, toomingat ja vaarikat.

Puhma-rohurinde puhul oli teistest tunduvalt rohkem kirjeldustes nimetatud maasikat. Suhteliselt palju oli ka lillakat, ristikut, lakklehte, sinilille, jänesekapsast, kõrvenõgest. Lisaks oli mõnes kirjelduses mainitud võsalille, metskastikut, mustikat, longus helmikat, arujumikat, suurt aruheina, punast aruheina, mägimünti, kolmissõnajalga, karvast piipheina, võilille, harilikku näärt, luht-kastevart, äiatari, väikeseõielist lemmaltsa, koldnõgest, kannikest, roomavat tulikat, harilikku nurmikak, karukolda, salu-siumarja, maarjaleppa, sõrmtarna, aasosja, pehmet madarat, maamõõla, leselehte, nurmenukku, kilpjalga, jänesesalatit, palu-härgheina.

3.3.4. Salumetsad

3.3.4.1. Sinilille kasvukohatüüp

Varasemates Otepää looduspargi kasvukohatüüpide kaardistustes (2001 ja 2002) antud kasvukohatüüpi ei eristatud. Siis paigutati sellised kooslused sarapuu kasvukohatüüpi. Sinilille ja sarapuu kasvukohatüüpide puhul on tegemist väga lähedaste üksustega, mille omavaheline piiritlemine ning arutus selle üle, kas sarapuu kasvukohatüüpi on üldse mõtet eristada, on segadust tekitanud juba aastakümneid (Linder 2004). Mõlemad kasvukohatüübid esinevad pruunmuldadel ja rendsiinadel ning sarapuu ohtrus on suur ka sinilille kasvukohatüübis, eriti nooremates metsades, mida uuritaval tuleb ette suhteliselt palju. Erinev on neil aga veerežiim. Sarapuu kasvukohatüüp kuulub sürjametsade tüübirühma, mis on defineeritud õhukese peenesekihiga kuivemapoolsete, suvel läbikuivavate muldadega koosluseid hõlmava üksusena (Paal 1997). Kuna aga arutlusalused sarapuuohked kooslused

Otepää looduspargis niiskuse puuduse all ei kannata, siis antud uurimuses sarapuu kasvukohatüüpi ei eristatud. Leiti, et tüüpilisel kujul esineb seda pigem Eesti lääneosas, näiteks Saaremaal. Küll aga leidub Otepää looduspargis tüüpilist sürjametsade tüübirühma kuuluvat maasika kasvukohatüüpi (vt. alapeatükk 3.3.3.1. *Maasika kasvukohatüüp*).

Sinilille kasvukohatüüpi kohta on näidistebaasis kõige rohkem näidiseid.

Kõige rohkem on andmebaasis sinilille-okassegametsi, mis defineeriti puistuna, kus okaspuid on 50% või rohkem. Enamasti oli tegemist kuuse-enamusega segametsadega, sageduselt järgmine oli männienamusega segamets. Sinilille-lehtsegametsade hulgas eristati puistuid, kus enim esines arukaske, kuuske, sarapuud ning haaba, aga ka leppa, saart ning tamme. Koosluses, mis nimetati sinilillenoorendikuks/harvikuks/raiesmikuks, esines enim kuuske ja sarapuud. Puhtpuistutest esines antud kasvukohatüübis kaasikuid ja männikuid, vähem kuusikuid, üks leplik ja üks pärnik.

Sinilille kasvukoha puistud on ühed liigirikkamad (naadimetsade kõrval), mida näeb ka puistuvalemitest, milles sageli esineb 7 erinevat puuliiki.

Puudest oli teises rindes kõige sagedamini kirjeldustes nimetatud tamme ja pihlakat, aga ka vahtrat, kaske, remmelgat, haaba. Lisaks esines leppa, sarapuud, kuuske ning saar ja mändi.

Kasvukohatüübile iseloomulikest taimedest domineerisid põõsarindes sarapuu ja kuslapuu, rohkelt esines ka magedat sõstart, pihlakat ning vahtrat; lisaks kuuske, vaarikat, toomingat, saart, mõnikord tamme, lodjapuud, näsiniint.

Puhma-rohurindes oli kõige sagedamini märgitud sinilille ja jänsekapsast, neile järgnesid maasikas, metskastik ja metspipar, palju oli veel koldnõgest, lillakat ja maikellukest. Suhteliselt sageli oli mainitud naati ja salu-siumarja ning võsaülalt, lisaks kilpjalga, mustikat, jänesesalatit, väikeseõielist lemmaltsa, sõrmtarna, aasosja, ohtest sõnajalga, naistesõnajalga, leselehte, karvast piipheina jne.

Võrreldes naadi kasvukohatüübiga polnud rohurinne enam nii liigirikas (v.a mõne leht- või lehtsegametsa näidise puhul) ning märkimisväärne on nõgese mainimine vaid ühe vaatluse puhul. Kilpjalga leidus enamasti metsades (ka teistes kasvukohatüüpides), kus kasvas kaske. Metskastikut oli rohkelt just männimetsades. Jänsekapsas domineeris sinilille kõrval peamiselt okaspuuenamusega metsades. Paljude vaatluste puhul sinilille ei nimetatudki.

3.3.4.2. Naadi

Naadi kasvukohatüübis eristati kõige rohkem naadisegametsi, millest omakorda eraldati vastavate näidiste rohke esindatuse tõttu naadi-lepasegametsad. Viimased defineeriti puistutena, milles halli leppa on vähemalt 50%. Naadisegametsades domineeris kask, palju oli kuuske, haaba, sarapuud, leppa ja jalakat, aga ka saart ning remmelgat. Lisaks esines puistuvalemis pärn, vaher, tamm, pihlakas, paju, mänd. Harvikutes domineeris haab või kask, mõnikord ka remmelgas.

Puhtpuistutest leiti kõige rohkem lepikuid, aga ka kaasikuid, haavikuid, kuusikuid ning männik. Kõige sagedamini oli kaaspuuliigiks kuusk või kask.

Muu naadi-salumetsa koosluse nimetuse alla kuuluvad puhtpuistud, milles peapuuliigiks mõni muu puuliik, mis puhtpuistut moodustab tõenäoliselt harva. Näidistebaasis on selle koosluse kohta olemas 1 näidis, kus peapuuliigiks vaher.

Puistud on sinilille kasvukohatüüpi omade kõrval kõige liigirikkamad.

Alusmetsas kasvas puudest enamasti kuuske, toomingat (see just lepikus), kaske, aga ka vahtrat, pihlakat, haaba, paju, remmelgat, leppa, tamme, saart.

Põõsarindes oli eriti ohtralt vaarikat, toomingat, sarapuud ja kuslapuud ning pihlakat. Sageli esines kirjeldustes veel vahtrat, kuuske, magedat sõstart, aga ka leppa ja haaba; harvem näsiniint, saart, lodjapuud ning paju. Lisaks üksikutes kirjeldustes mainitud põõsad (jalakas,

kask, leeder, tamm, pärn, must sõstar), millest mitmed on olulised ära märkida just seetõttu, et need esinevad vaid suhteliselt harva ning just seesugustes laialehistes naadimetsades.

Naadi kasvukohatüübi metsades domineeris puhma-rohurindes naat, palju oli ka metspipart, kõrvenõgest ja jänesekapsast, vähem sinilille, maasikat, koldnõgest ning naistesõnajalga. Mitmetes kirjeldustes oli veel nimetatud luht-kastevart, maarjasõnajalga, heinputke, aasosja, ussilakka, seaohakat, metsosja, angervaksa, salu-tähtheina, väikeseõielist lemmaltna, metstarna ning mets-nõianõgest. Mõnikord oli mainitud salu-siumarja, mets-harakputke, orasheina, keraheina, metskastikut, harilikku luga, soo-koeratubakat, mets- ja harilikku härgheina, lillakat, soo-ohakat, maamõõla, kolmissõnajalga, jänesesalatit, maikelukest, ohtest sõnajalga, kilpjalga, imekannikest, kevadist seahernest, nõgeselehist ja laialehist kellukat, suurt aruheina ja püsig-seljarohtu jt.

3.3.5. Soostunud metsad

3.3.5.1. Sõnajala kasvukohatüüp

Andmebaasis esinevad segametsade ning harvik/noorendik/raiesmiku kirjeldused. Tegemist on väga erinevailmeliste puistutega, kus enamasti domineerib kuusk, rohkelt võib esineda haaba ja leppa, aga ka kaske, saart, sookaske, mäнди, jalakat, remmelgat. Lisanduda võib sarapuu ning pihlakas.

Põõsarindes kasvasid erinevatel näidisladel samuti erinevad põõsad: paakspuu, tamm, pihlakas, haab, sookask, mäнд, paju, kuusk, kuslapuu, sarapuu, jalakas, saar, toomingas.

Rohurindes oli kõige enam naistesõnajalga, koeratubakat ning metskastikut, vähem seaohakat ja naati ning lisaks paiselehte, ülast, maasikat, metsosja, harilikku luga, angervaksa, laiuvat sõnajalga, maarjasõnajalga, ohtest sõnajalga, kolmissõnajalga, jänesekapsast, väikeseõielist lemmaltna, luht-kastevart, salu-siumarja, kõrvenõgest, metspipart, suurt aruheina, heinputke, salu-tähtheina, koldnõgest, sookastikut, aasosja.

3.3.5.2. Angervaksa kasvukohatüüp

Enim eristati segametsi ja hall-lepikuid, lisaks sanglepikuid, harvik/noorendik/raiesmik ning kaasik.

Segametsades domineeris kuusk, rohkelt oli ka sangleppa, halli leppa, kaske ning haaba. Lisaks kasvas neis paju, saart, sarapuud, paju, tamme, vahtrat, pärna, jalakat. Hall-lepikutes kasvas lisaks hallile lepale sangleppa, paju, toomingat. Harvik/noorendik/raiesmikus domineeris hall lepp, lisandus kuuske ja kaske. Kaasikus kasvas kasega koos kuuske.

Teises rinde kasvas kaske ja kuuske, põõsarindes oli kõige rohkem kuuske, halli leppa ja toomingat, kuid esindatud olid ka paju, pihlakas, sarapuu, paakspuu, jalakas, nimetatud oli ka kuslapuud, pärna tamme, musta sõstart, lodjapuud.

Puhma-rohurindes domineerisid angervaks ja seaohakas, palju oli ka naati, metspipart, ohtest, maarja- ning naistesõnajalga, kõrvenõgest, harilikku metsvitsa, ojamõõla, jänesekapsast. Lisaks oli nimetatud lillakat, metsosja, luht-kastevart, soo-koeratubakat, salu-tähtheina, heinputke, humalat, püsig-seljarohtu, kevadist seahernest, aasosja, ülast, roomavat tulikat, väikeseõielist ja õrna lemmaltna, sinilille ning koldnõgest.

3.3.5.3. Sinihelmika kasvukohatüüp

Andmebaasis on üks näidis — segamets, kus kasvab aru- ja sookaske, kuuske ning sarapuud ning põõsarindes kuuske, sarapuud, pihlakat, paakspuud. Puhma-rohurindes olid esindatud ojamõõl, soo-koeratubakas, jänesekapsas, metsosi, maarjasõnajalg.

3.3.6. Madalsoometsad

3.3.6.1. Madalsoometsa kasvukohatüüp

Selles uurimuses on allikasoometsad ja lodupajustikud loetud madalsoometsade tüübirühma, kuid allikasoomets eristati eraldi kasvukohatüübina ning lodupajustik lodumetsa kasvukohatüüpi kuuluva kooslusena.

Kõige enam eristati madalsoosegametsi, kus enamasti domineeris sookask või kuusk, millele järgnesid sanglepp ning kask. Madalsoosegametsadest eraldati madal-soo-männisega ja madal-soo-sookasesegametsad. Seda põhjusel, et mänd ja sookask domineerivad sageli madal-soometsade puistutes (katvus vastavalt männil või sookasel 50% või rohkem), kuid tihti 80% puistu koosseisust välja ei anna, et kooslust nende liikide järgi nimetada. Puhtpuistutest eristati kaasikud (soo- või arukase katvus üle 80% või soo- ja arukase katvus kokku 80% või rohkem). Sageli esines puistuvalemis pajuliike.

Teises rindes kasvas enamasti kuusk või hall lepp, nimetatud oli ka saart, remmelgat, mändi, sangleppa, arukaske ning haaba.

Põõsarindes oli kõige sagedasemaks liigiks paakspuu, palju oli ka kuuske ning pajuliike, lisaks pihlakat, kadakat, madalat kaska, vahtrat, türnpuud, halli leppa, saart, toomingat, sara-puud, sookaske. Mainitud oli ka vaarikat, tamme, lodjapuud, magedat sõstart, sangleppa, vaevakaske ning mändi.

Puhma-rohurindes domineeris angervaks, lisaks sellele oli palju ojamõõla, soopihla ja ubalehte, aga ka varsakapja, soo-koeratubakat, harilikku tarna, mustikat, tedremaranat. Vähem leidis seahakat, kannikeseliike, metsvitsa, konnaosja, soo-piimputke, heinputke, pilliroogu, mätastarna, pohla, lillakat, luht-kastevart, jänese-kapsast, sookastikut, ohtest ja soosõnajalga ning soomadarat. Peale selle oli märgitud jõhvika, soo-ohaka, soo-kurereha, piibelehe, naistesõnajala, lodumadara, hirsstarna, kõrvenõgese, soo-osja, naadi, põistarna, sinihelmika, kollase tarna, uibulehe, leselehe, ussilille ja maasika jt. esinemist.

3.3.6.2. Lodumetsa kasvukohatüüp

Kuna näidistebaasi kogutud vaatluste seas oli mitmeid paju enamusega kooslusi (paju osakaal puittaimestikis vähemalt 80%), otsustati need eristada omaette üksustena — lodupajustikena. Need pajustikud kasvavad künkliku maastiku sulglohkudes, kuhu valgub lume sulamisel ja vihmaga tekkiv pinnavesi. Ilmselt on siin ka põhjavesi liikuv ning selle tase suhteliselt kõrge; muldkatte moodustab toorhuumusliku horisondiga gleimuld.

Loetletud probleemide tõttu on üksuste eristamisel järgitud järgmisi printsiipe. Kui pajustik ei kasva lammil, vaid asub kuskil mujal ning madal-soomullal (hästilagunenud turba-kihi tusedus üle 30 cm), on tegemist *lodupajustikuga* lodumetsa kasvukohatüübis soometsade klassis. Näidistebaasi lisatud lodupajustike näidistes oli vesi enamasti liikuv ning roostene.

Kui tegemist on mineraalmullal (sealhulgas mineraalsel lammimullal) asuva pajustikuga (need on tavaliselt suhteliselt väikestes sulglohkudes keset haritavat maad või selle ääres kasvavad pajustikud), nimetatakse kooslus *määratlemata pajustikuks* paju kasvukohatüübis lammipajustike tüübirühmas lammimetsade ja -põõsastike klassis.

Lammipajustike tüübirühma paju kasvukohatüüpi paigutati samuti lammi-madal-soomuldadel ning sulglohkudes madal-soomuldadel asuvad pajustikud. Esimesed seetõttu, et lammi-madal-soomullad on selles üksuses aktsepteeritud. Samas on lammi-madal-soomuldi nimetatud ka lodumetsade kirjelduses. Kas lammi-madal-soomuldadel kasvavad pajustikud on siis lodupajustikud või lammipajustikud? Antud juhul eelistati viimaseid, sest see annab iseloomulikkust paremini edasi. Sulglohkudes madal-soomuldadel asuvad pajustikud on aga nimetatud üksusse paigutatud seetõttu, et sulglohkudes olulist vee liikumist ei esine, lodumetsad aga on määratletud just toitaineid lisava liikuva vee olemasolu alusel. Samas pole

tegemist lammiga ning antud üksuse kirjelduses pole mitte-lammi-madalsoomuldi mainitud. Seetõttu oleks mõttekas luua selliste koosluste tarbeks eraldi *madalsoopajustiku* kasvukohatüüp.

Sama probleem võib ette tulla, kui näidistebaasi lisatakse (siiani seda tehtud pole) mineraalmaal (kuid mitte lammil) kasvava liikuva veega (nn lodustuva) pajustiku näidis. Ka sellele pole olemasolevas klassifikatsioonis päris täpset vastet. Turbakihi väikese tüseduse tõttu ei saaks seda lodumetsade hulka liigitada. Selline kooslus võiks siis kuuluda näiteks *soostunud pajustiku* üksusse. Viimatinimetatud üksuse loomine lahendaks ka mitte lammidel kasvavate sulglohkudes asuvate mitteliikuva veega pajustike klassifitseerimisprobleemi (need on ajutiselt paigutatud lammikoosluste klassi).

Lodumetsa kasvukohatüüpi kuuluvate koosluste hulgas eristati kõige rohkem segametsi. Nii seal kui koosluses loduharvik/noorendik/raiesmik domineeris sanglepp. Palju oli ka sookaske ning leppa, vähem kaske ja kuuske. Lisaks esines haaba, paju ja mäнди.

Lisaks eristati lodu-sanglepikuid, -kaasikuid (nii soo- kui arukase enamusega) ning madalsoolepik. Viimases oli peapuuliigiks hall lepp. Puhtpuistutes oli kaaspuuliigiks kuusk, sookask või paju.

Lodupajustikud eristati juhul, kui puittaimede katvus oli vähemalt 30%, sellest paju vähemalt 80%. Lodupajustikes esines ka leppa, soo- ning arukaske. Teises rindes kasvas sookaske, kuuske, mäнди ning sangleppa ja remmelgat.

Põõsarindes oli kõige sagedasemad pajuliigid, palju oli ka toomingat, lisaks halli leppa, paakspuud, kuuske, pihlakat. Kohati kasvas neis kasvukohatüüpides magedat sõstart, lodjapuud ning musta sõstart.

Rohurindes olid tavalisemateks taimedeks angervaks ja konnaosi, rohkelt oli ka ubalehte, sootarna ja varsakapja ning soovõhka, harilikku tarna, mätastarna, soopihla ja harilikku maavitsa. Lisaks oli mitmes kirjelduses mainitud soomadarat, parkheina, ojamõõla, seaohakat, heinputke, sookastikut, jänese kapsast ning lillakat.

Olemasolevate kirjeldustega vaatlused olid taimestiku järgi pigem kuivemapoolsed — lammimetsade (näiteks pika tarna), pajustike või angervaksa kasvukohatüübi lähedased.

Lammimuldadel olevates kooslustes kasvas nii lammipajustikele (soo-piimputk) kui ka madalsoometsadele (lodumetsadele) (ubaleht, suur tulikas) ning samuti neile mõlemale iseloomulikke taimi (konnaosi, soosõnajalg, sookastik).

3.3.6.3. Allikasoometsa kasvukohatüüp

Allikasoometsade näidisalasid on esialgu andmebaasis vähe ja need on kõik segametsad. Puistu koosseisus esinesid kuusk, hall lepp ning sookask, vähem mäнди ja saart, lisaks arukaske, paju ning sangleppa.

Teises rindes kasvas kuuske, halli leppa, toomingat ning pihlakat. Põõsarinne oli suhteliselt liigirikkas, kõige enam oli nimetatud halli leppa, samuti sarapuud, pihlakat ning paakspuud. Lisaks kasvas põõsarindes vaarikat, paju, arukaske, kadakat, tamme, kuuske, saart ning madalat kaske.

Puhma-rohurinde liikidest oli kõige sagedamini nimetatud seaohakat, soo-koeratubakat ning angervaksa, vähem pilliroogu, ojamõõla, konnaosja, soo-osja, soomadarat, heinputke, lakklehte, uibulehte, naati, naistesõnajalga, jänese kapsast, lillakat. Lisaks oli mainitud sinilille, metsosja, ussilille, salu-tähtheina, vööthuul-sõrmkäppa, kannikest, suurt aruheina, niitjat tarna, väikeseõielist lemmaltsa, aasosja, soo-lõõsilma, mätastarna, metsvitsa, varsakapja, soo-piimputke, pajulille, ussilakka, metskõrkjat, soosõnajalga, peetritehte, käbiheina, tedrearanat, mustikat, pohla, leselehte, ubalehte.

3.3.7. Siirdesoometsad

3.3.7.1. Siirdesoometsa kasvukohatüüp

Kõige rohkem leidus selles kasvukohatüübis segametsi. Kirjeldati ka kaasikuid, üks männik ning harvik/noorendik/raiesmik.

Segametsade hulgas oli tavalisim kooslus männi, kuuse ning (enamasti soo-) kase segamets.

Kaasikutes oli peapuuliigiks sookask, millega koos kasvas mõnikord paju või mändi. Männikus lisandus peapuuliigile kuusk. Harvik/noorendik/raiesmikul domineeris kuusk, millele lisandus sookask.

Teises rindes kasvas kuuske, sookaske, halli leppa ja sangleppa, haab ning kadakat. Põõsarindele oli kõige iseloomulikum ohtra paakspuu esinemine; palju oli ka kuuske, samuti pajuliike, kadakat, tamme, pihlakat. Lisaks oli kirjeldustes põõsarindesse märgitud haaba, sarapuud, halli leppa, saart ning madalat kaske.

Puhma-rohurinnet iseloomustab siirdesoometsadele iseloomulik üleminekuline taimestik. Madalsoopoolse siirdesoo puhul oli mitmes kirjelduses nimetatud ubalehte ja konnaosja, vähem harilikku tarna, pilliroogu ja sinihelmikat, lisaks oli mainitud soosõnajalga, sookastikut, soopihla, niitjat tarna, soo-piimputke, lodutarna, varsakapja, peetrilehte. Veel kasvas siirdesoometsades suhteliselt palju õhema turbakihiga (soostunud) metsadele iseloomulikke taimi nagu angervaks, ojamõõl, ohtene sõnajalg, vähem soo-koeratubakat, metsvitsa, tähttarna, lakklehte, jänesekapsast, mustikat, tedrearanat. Siirdesoometsadele omaselt kasvavad neis kasvukohtades madalsootaimedega kõrvuti rabataimed: rohkem jõhvikat, sinikat, tupp-villpead ja pohla, vähem küüvitsat, kanarbikku, sookailu. Mätastel kasvas lillakat ja leselehte. Viimased, laanelill ning ümaralehine uibuleht, aga ka jänesekapsas, mustikas ning lakkleht viitasid võimalikule kuivenduse/kuivenemise mõjule (kõdusoostumisele).

3.3.8. Rabametsad

3.3.8.1. Rabametsa kasvukohatüüp

Leiti enamasti männikuid, kuid ka segametsa. Mõlemas kooslusetüübis domineeris mänd ning lisandus sookask.

Teises rindes esines selle olemasolu korral kuuske ning kohati halli leppa, põõsarindes aga lisaks neile soo- ja arukaske.

Puhma-rohurindes domineerisid rabataimed: sookail, tupp-villpea, sinikas, samuti jõhvikas ja kanarbik, lisaks kasvas kohati küüvitsat ja rabamurakat. Siirdesoometsa-poolses koosluses (segamets) kasvas pilliroogu ja ubalehte, kuivemates ning toitainerikkamates kohtades mustikat, pohla, palu-härgheina.

3.3.9. Kõdusoometsad

3.3.9.1. Mustika-kõdusoometsa kasvukohatüüp

Enim leiti segametsi, kuid ka kuusikuid ning männik. Kasvukohatüübi puistutes kasvasid kuusk, mänd ja sookask enamasti koos, neist domineeris esimene. Mõnikord esines kaske, paju, haaba, leppa, sangleppa.

Teises rindes kasvas pihlakat, kuuske, tamme, põõsarindes samuti pihlakat ning kuuske, aga ka vahtrat, paakspuud ja vaarikat.

Puhma-rohurindes domineerisid palu- ja laanemetsade taimed: mustikas koos pohla ning tavaliselt ka jänesekapsaga, leseleht, ohtene sõnajalg. Kõdusoometsadele iseloomulikult esines kõrvuti arumetsataimedega sootaimi (sookail). Lisaks leiti ühelt näidisalalt kápaliseliik: roomav öövilge.

3.3.9.2. Jänesekapsa-kõdusoometsa kasvukohatüüp

Jänesekapsa-kõdusoo kasvukohatüübis kirjeldati kõige enam segametsi. Neis domineeris kuusk, palju oli ka sookaske, mändi ja kaske. Lisaks esines haaba, sangleppa ja leppa.

Jänesekapsa-kõdusoo-kaasikutes esines nii sookaske kui arukaske, kaasikuteks loeti ka puistud, milles sookase ja arukase katvus kokku oli vähemalt 80%. Kaskedega koos kasvas kuusk. Andmebaasis on ka jänesekapsa-kõdusoo-kuusiku näidiskoht.

Teises rindes oli kohati mändi ja saart.

Põõsarindes domineeris pihlakas, rohkelt oli ka kuuske ja paakspuud ning tamme. Lisaks esines kuslapuud, lodjapuud, paju, leppa, sarapuud.

Rohurindes domineerisid laanemetsade alustaimestule iseloomulikud taimed (jänesekapsas, ohtene sõnajalg, ümaralehine uibuleht), lisaks meil laanemetsades sageli esinevad salutaimed (lillakas, ussilakk) ning muud salutaimed — nii kuivemapoolsete kasvukohtade omad (maasikas, sinilill) kui ka rohkem niiskust ja toitaineid nõudvad (salu-tähthein, salusiumari, harilik nõiakold, kõrvenõges, naistesõnajalg). Lisaks esines mustikat ja väikeseseõielist lemmaltsa. Madalloometsade, millest jänesekapsa-kõdusoo metsad on kujunenud, taimi (varsakabi, soosõnajalg, soo-koeratubakas, ojamõõl) oli vähem.

3.3.10. Lammipajustikud

3.3.10.1. Paju kasvukohatüüp

Vt arutelu pajustike eristamise üle alapeatükis 3.3.6.2. *Lodumetsa kasvukohatüüp*.

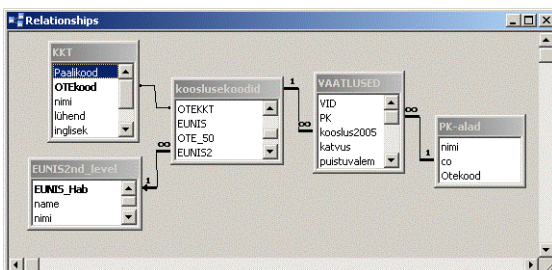
3.4. MS Accessi vormingus andmebaas

Selle projekti aruande digitaalses lisis üleantav andmebaas sisaldab vaid Otepää looduspargis paiknevate vaatluskohtade andmeid. Looduspargi taimkatte kaardi koostamisel kasutatakse ka väljaspool looduspargi piire asuvaid näidisalasid. Üle-Eestiline näidisalade andmebaasi struktuur sisaldab lisaks allkirjeldatule ka linke kaardi- ja pilditunnuste andmebaasi tabelitega.

Accessi andmebaas sisaldab enamasti tabeleid, päringuid ja vorme. Näidisalade andmebaasi tabelid on *kooslusekoodid*, *KKT*, *PK-alad*, *EUNIS2nd_level*, *VAATLUSED*. Tabelis *EUNIS2nd_level* on EUNIS teise astme üksuste nimed, lühendid ja koodid. Tabelis *KKT* on kasvukohatüüpide nimed, lühendid ja koodid ning kasvukohatüübile vastavad mullakoodid mitmes erinevas süsteemis. Tabelis *PK-alad* on Eesti 1: 10 000 Põhikaardi põhialade nimed ja võtmeatribuudid. Tabelis *kooslusekoodid* on esialgselt eristatud taimkatteüksuste nimed, koodid, üksusele vastavate kõrgema taseme klassifikatsiooniüksuste koodid ning mõningad seletused üksuste piiritlemise kohta.

Kasutajaga suhtlemiseks on näidisalade andmebaasis vorm *vaatlustesisestus* (joonis 3.2). Vorm võtab kokku ja kuvab andmeid tabelitest *kooslusekoodid*, *PK-alad*, *VAATLUSED*. Kasvukohatüüp ja EUNIS teise astme üksus on iga vaatluse puhul üheselt määratletud tabelites *kooslusekoodid*, *KKT* ja *EUNIS2nd_level* olevate koodidega ja tabelitevaheliste seostega (joonis 3.3).

Joonis 3.2. Vaatluste sisestuse vorm taimkatte näidisalade andmebaasis.



Joonis 3.3. Tabelitevahelised seosed taimkatte näidisalade andmebaasis.

Päring *liigirikkad_sood* kuvab liigirikaste madalsoode ja allikaliste siirdesoode vaatlused. Päring *VAATLUSED_koosluste_nimega* võimaldab vaatlusi sirvida koos taimkatteüksuste nimedega, mida vaatluste tabelis asendavad koodid. Päring *Vaatlusi KKT-s* loendab vaatluste arvu kasvukohatüüpide kaupa. Äsjamainitule analoogiline on päring *Vaatlusi kooslustes*.

3.5. Käpaliste (*Orchidacea*) leiuandmed (Kalle Remm)

3.5.1. Leiuandmed

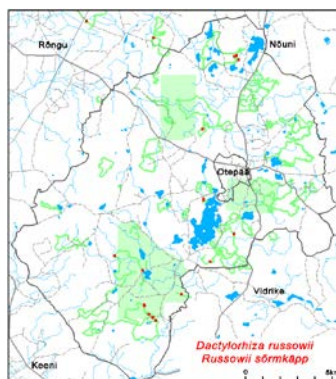
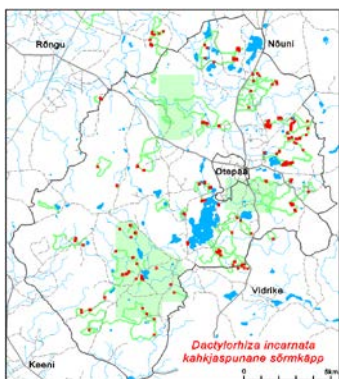
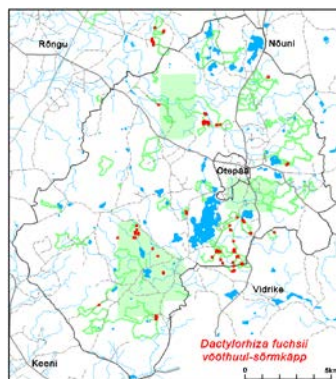
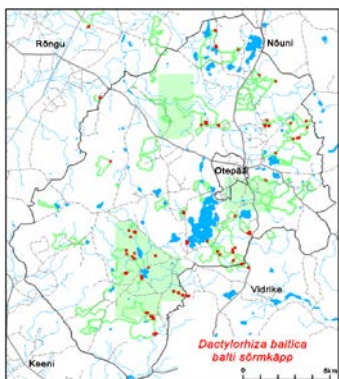
Käpaliste esinemiskohti registreeriti GPS-vastuvõtjaga ning märgiti 1: 10 000 kaardile või aerofotole. GPS-vastuvõtjaga salvestatud leiukohad ning liikumised genereeriti *Intergraph MGE* ja *Bentley Microstation* abil disainfaili, millele oli taustaks võetud 1 : 10 000 põhikaart, 1:10 000 topokaardi ning orienteerumiskaartide järgi koostatud kõrgusmudeli samakõrgusjooned ja 1 : 10 000 aerofoto, mille piksli külg on 40 cm maastikul. GPS-vastuvõtjaga salvestatud leiukohti ja liikumisteid täpsustati kaardi ja aerofoto abil ning oma mälu järgi. Inimesele jääb meelde, kus ta maastikul liikus ja kus mida nägi ning ka detailsel aerofotol on kohad äratuntavad.

Tartu Ülikooli geograafia instituudis olevas käpaliste leiuandmete andmebaasis on tänase seisuga 3329 valdavalt Elva-Otepää piirkonna leiukoha koordinaadid (asukohatäpsuse ruutkeskmise viga hinnanguliselt <10 m) 20 liigi ja ühe alamliigi kohta. Otepää looduspargist on andmebaasis 2082 leidu, mis jagunevad 18 liigi vahel (tabel 3.2). Kõigist leitud liikidest (mitte leidudest) on tehtud määrangute õigsust kontrollida võimaldavaid fotosid. Liikide määramisel konsulteeriti Tiiu Kulli, Elle Roosalu, Toomas Hirse ja Jaanus Paaliga. Otepää looduspargist tehtud käpaliste fotod anti üle projekti esimese poole aruandes.

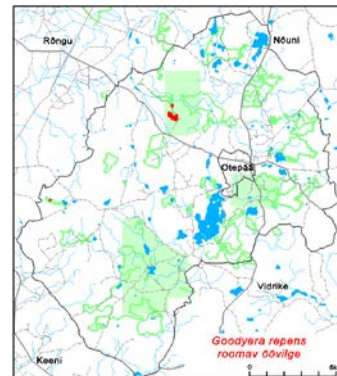
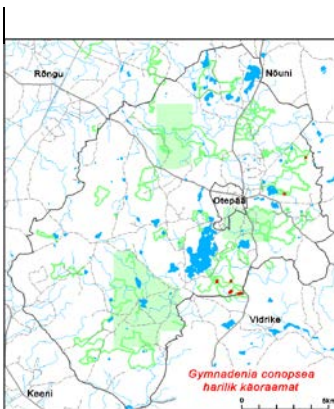
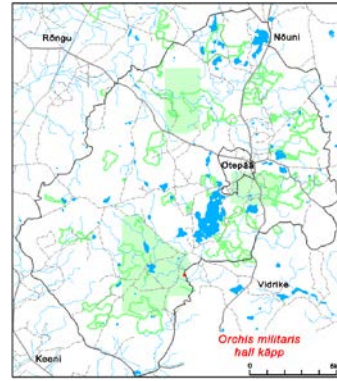
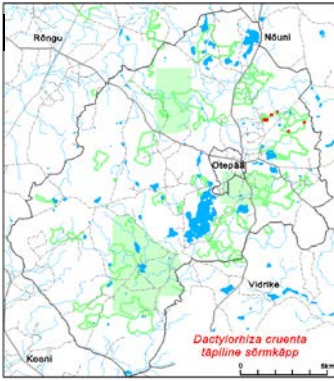
Tabel 3.2. Geograafia instituudi käpaliste leiuandmete andmebaasis olevate Otepää looduspargist pärit leidude hulk taksonite kaupa.

Takson	leiukohti
<i>Dactylorhiza baltica</i>	190
<i>Dactylorhiza cruenta</i>	21
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	190
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	451
<i>Dactylorhiza maculata</i>	67
<i>Dactylorhiza russowii</i>	45
<i>Dactylorhiza sp</i>	88
<i>Epipactis helleborine</i>	16
<i>Epipactis palustris</i>	643
<i>Goodyera repens</i>	68
<i>Gymnadenia conopsea</i>	26
<i>Hammarbya paludosa</i>	1
<i>Ophrys insectifera</i>	14
<i>Liparis loeselii</i>	7
<i>Listera ovata</i>	160
<i>Malaxis monophyllos</i>	24
<i>Neottia nidus-avis</i>	14
<i>Orchis militaris</i>	1
<i>Platanthera chlorantha</i>	22
<i>Platanthera sp.</i>	34

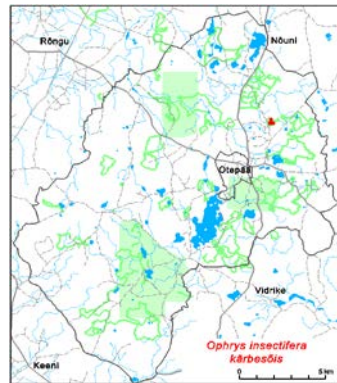
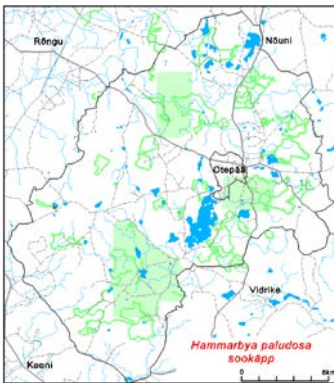
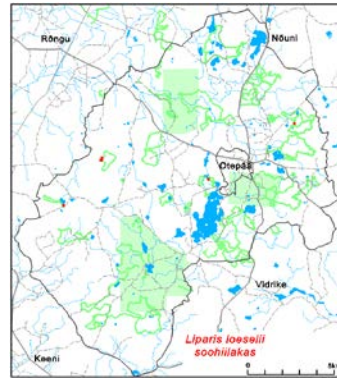
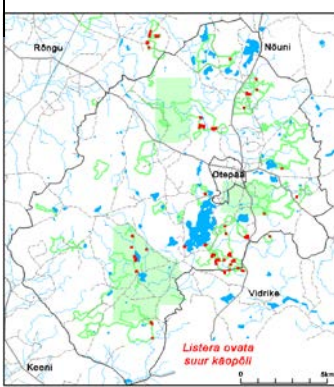
Kuna käpalised on leitavad ja kindlalt äratuntavad vaid paari suvekuu jooksul ning kuna Otepää looduspargis on suur ja mosaiikse maastikuga, siis tuleb arvata, et andmebaasis olevad leiud ei kajasta kaugeltki kõiki tegelikke esinemiskohti. Käpaliste leiuandmeid tuleks käsitleda koos vaatluskohtade paiknemisega, nagu on tehtud paljude muude liikide puhul. Otepää looduspargis on kindlasti veel palju kohti, kus üks või teine liik esineb, aga kus selle projekti tööde raames ei jõutud käia. Seetõttu on järgnevalt esitatud liikide esinemiskohtade joonistel taustana kujutatud läbikäidud liikumised (joonis 3.4).



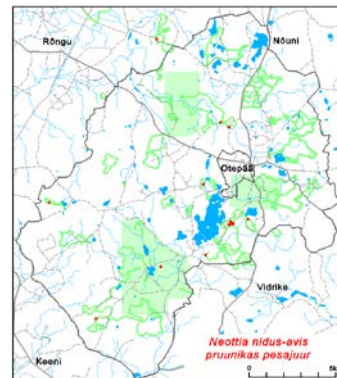
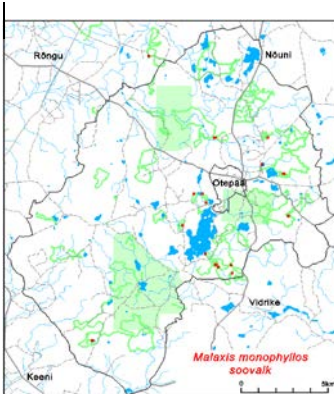
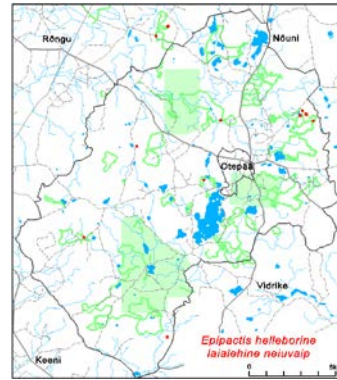
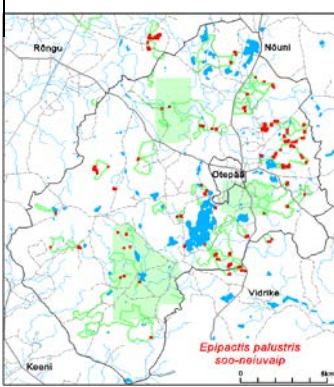
Joonis 3.4. Otepää looduspargist ja selle lähiumbrusest leitud käpaliste otsimise liikumisteede (rohelised jooned), 2001.a. kasvukohatüüpide kaardistuse alade ja käpaliste leiukohtade (punased ruudud) paiknemine. Taksoni nimi on igal joonisel.



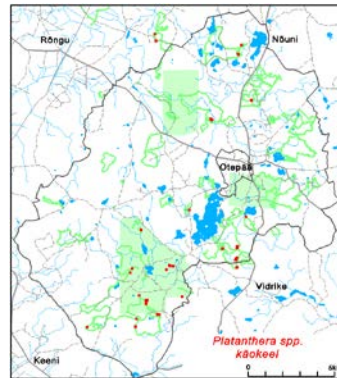
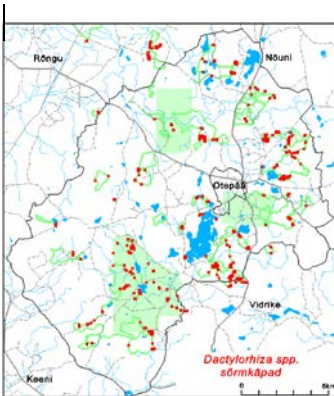
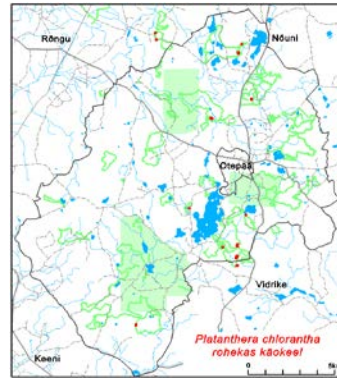
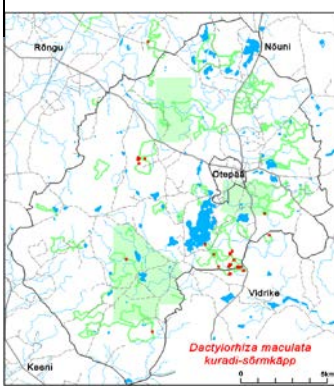
Joonis 3.4 (järg). Otepää looduspargist ja selle lähiumbrusest leitud käpaliste otsimise liikumisteede (rohelised jooned), 2001.a. kasvukohatüüpide kaardistuse alade ja käpaliste leiukohtade (punased ruudud) paiknemine. Taksoni nimi on igal joonisel.



Joonis 3.4 (järg). Otepää looduspargist ja selle lähiumbrusest leitud käpaliste otsimise liikumisteede (rohelised jooned), 2001.a. kasvukohatüüpide kaardistuse alade ja käpaliste leiukohtade (punased ruudud) paiknemine. Taksoni nimi on igal joonisel.



Joonis 3.4 (järg). Otepää looduspargist ja selle lähiümbrusest leitud käpaliste otsimise liikumisteede (rohelised jooned), 2001.a. kasvukohatüüpide kaardistuse alade ja käpaliste leiukohtade (punased ruudud) paiknemine. Taksoni nimi on igal joonisel.



Joonis 3.4 (järg). Otepää looduspargist ja selle lähiumbrusest leitud käpaliste otsimise liikumisteede (rohelised jooned), 2001.a. kasvukohatüüpide kaardistuse alade ja käpaliste leiukohtade (punased ruudud) paiknemine. Taksoni nimi on igal joonisel.

3.5.2. Käpaliste leiuandmete andmebaas

Selle lepinguga üleantav andmebaas sisaldab väljavõtet Üle-Eestilisest käpaliste leiuandmete andmebaasist. Andmebaasis on tabelid *koodid* ja *orhideeleiud* ning päring *Liiginimedega loetelu*, milles kuvatakse nii liikide nimed kui ka leidude asukohakoordinaadid (tabel 3.3).

Tabel 3.3. Käpaliste leiuandmete andmebaasi päringu *Liiginimedega loetelu* väljad.

Välja nimi	Välja tähendus
ID	Vaatluskoha unikaalne identifikaator
genus	perekond
species	liik
nimi	eestikeelne nimi
PK_X	Lambert-Est '92 koordinaatsüsteemi lääne-ida suund meetrites
PK_Y	Lambert-Est '92 koordinaatsüsteemi lõuna-põhja suund meetrites
Bdeg	geograafiline laiuskraad
Ldeg	geograafiline pikkuskraad
kuup	kuupäev
leg	vaatleja
kasvukoht	kasvukoht juhul, kui see registreeriti. Muudel juhtudel saab kasvukoha vaadata põhikaardilt ja mullakaardilt
märkmed	mitmesuguseid märkmeid

4. Andmekihid ja nende ettevalmistus

Pildi- ja kaardiandmete kasutamiseks näidistepõhisel taimkatte ja kasvukohtade kaardistamisel valmistati kaardilehtede, millelt on kogutud Otepää looduspargis esinevate taimkatte üksuste näidisalade andmeid, kohta ette seletavate tunnuste andmekihid. Andmekihtidest arvutati näidisaladel ja hinnataval alal pildimustrit kirjeldavaid indekseid.

Tehisõppes ja prognoosis kasutatavatel ruumiandmete, eraldiste ja eelklassifikaatorite kihtidel peavad olema täidetud järgmised nõuded. Kõik kihid peavad olema salvestatud binaarsetesse ilma heederita, ilma kokkupakkimiseta ridupidi salvestatud ühebaidilistesse rasterfailidesse (*Idrisi32 rst*-faili formaat). Iga andmekiht peab asuma omaette kataloogis. Kõik rasterfailid peavad olema Eesti Põhikaardi projektsioonis ja ristkoordinaatide süsteemis (LAMBERT-EST97) (Keskkonnaministri... 2004) ja iga fail esindama ühte 10 × 10 km kaardilehte. Faili nimeks olgu kaardilehe neljakohaline number laiendiga *rst*, näiteks *5434.rst*. Ridade ja veergude arv rastris peab olema võrdne. Sama andmekihi failid peavad olema sama pikslisuurusega; pikslikulje pikkus võib olla suvaline, ka murdarvuline.

Andmekihtide metaandmed fikseeritakse andmekihtide andmebaasis (ptk 6). Seisuga 3. märts 2006 oli andmebaasi *Pidevõppe_andmekihid.mdb* tabelis *Akihid Pidevstuudiumi* jaoks ette valmistatud 56 andmekihi metaandmed. Otepää looduspargi taimkattetunnuste tehisõppes kasutati andmekihtide hoidlas olevatest andmekihtidest 48 (tabel 4.1). Ühte andmekihtidest saab kasutada eelklassifikaatorina. Lisaks originaalandmekihtidele saab hinnanguliste kaartide genereerimisel *Pidevstuudiumis* kasutada eelnevalt valmis arvutatud seletavate tunnuste (asendustunnuste) kihte ning interpoleerimiseraldiste andmekihti. Eelklassifikaatori ja interpoleerimiseraldiste kihid võivad muuhulgas määratleda kaardistatava ala (ptk 7).

Järgnevates alapeatükkides on esitatud andmekihtide ettevalmistamise kirjeldus andmekihitüüpide (põhikaart, mullakaart, kõrgusmudel, ortofotod, metsakorraldusfotod ning satelliidipildid) kaupa.

Tabel 4.1. Seletavate tunnuste andmekihid. *Pkül*g — pikslikülje pikkus meetrites, *kataloog* — failide paiknemise kataloogi nime lõpuosa, *alates* — kihi andmete kehtivusaja algus, *kuni* — kihi andmete kehtivusaja lõpp, *baite* — baitide arv piksli kohta binaar-rastris, *Ote* — kasutus Otepää looduspargi taimkatte kaardistuses.

Pkül	kataloog	alates	kuni	baite	Ote
5	...\PK-uusim	1.jaan.04	1.jaan.10	1	jah
5	...\PK-eelmine	1.jaan.99	1.jaan.04	1	jah
10	...\elev_dm	1.jaan.90	1.jaan.10	2	jah
10	...\muld_10	1.jaan.90	1.jaan.10	1	jah
10	...\muld_12	1.jaan.90	1.jaan.10	1	ei
10	...\muld_57	1.jaan.90	1.jaan.10	1	jah
10	...\loim	1.jaan.90	1.jaan.10	1	jah
1	...\Ortof-1m-R	1.mai.02	1.juuni.03	1	jah
1	...\Ortof-1m-G	1.mai.02	1.juuni.03	1	jah
1	...\Ortof-1m-B	1.mai.02	1.juuni.03	1	jah
1	...\Ortof-1m-Y	1.mai.02	1.juuni.03	1	jah
1	...\Ortof-1m-H	1.mai.02	1.juuni.03	1	jah
1	...\Ortof-1m-S	1.mai.02	1.juuni.03	1	jah
1	...\Ortof-1m-L	1.mai.02	1.juuni.03	1	jah
2,5	...\Metsakorraldusfoto-R	1.mai.99	1.aug.01	1	jah
2,5	...\Metsakorraldusfoto-G	1.mai.99	1.aug.01	1	jah
2,5	...\Metsakorraldusfoto-B	1.mai.99	1.aug.01	1	jah
2,5	...\Metsakorraldusfoto-L	1.mai.99	1.aug.01	1	jah
25	...\ETM-186_019-10-07-1999-B1	10.juuli.99	10.juuli.99	1	jah
25	...\ETM-186_019-10-07-1999-B2	10.juuli.99	10.juuli.99	1	jah
25	...\ETM-186_019-10-07-1999-B3	10.juuli.99	10.juuli.99	1	jah
25	...\ETM-186_019-10-07-1999-B4	10.juuli.99	10.juuli.99	1	jah
25	...\ETM-186_019-10-07-1999-B5	10.juuli.99	10.juuli.99	1	jah
25	...\ETM-186_019-10-07-1999-B7	10.juuli.99	10.juuli.99	1	jah
50	...\ETM-186_019-10-07-1999-B62	10.juuli.99	10.juuli.99	1	jah
25	...\ETM-186_019-30-09-2000-B1	30.sept.00	30.sept.00	1	jah
25	...\ETM-186_019-30-09-2000-B2	30.sept.00	30.sept.00	1	jah
25	...\ETM-186_019-30-09-2000-B3	30.sept.00	30.sept.00	1	jah
25	...\ETM-186_019-30-09-2000-B4	30.sept.00	30.sept.00	1	jah
25	...\ETM-186_019-30-09-2000-B5	30.sept.00	30.sept.00	1	jah
25	...\ETM-186_019-30-09-2000-B7	30.sept.00	30.sept.00	1	jah
50	...\ETM-186_019-30-09-2000-B62	30.sept.00	30.sept.00	1	jah
25	...\ETM-186_019-30-09-2000-B8	30.sept.00	30.sept.00	1	jah
25	...\ETM-187_019-16-05-2000-B1	16.mai.00	16.mai.00	1	jah
25	...\ETM-187_019-16-05-2000-B2	16.mai.00	16.mai.00	1	jah
25	...\ETM-187_019-16-05-2000-B3	16.mai.00	16.mai.00	1	jah
25	...\ETM-187_019-16-05-2000-B4	16.mai.00	16.mai.00	1	jah
25	...\ETM-187_019-16-05-2000-B5	16.mai.00	16.mai.00	1	jah
50	...\ETM-187_019-16-05-2000-B62	16.mai.00	16.mai.00	1	jah
25	...\ETM-187_019-16-05-2000-B7	16.mai.00	16.mai.00	1	jah
10	...\ETM-187_019-16-05-2000-B8	16.mai.00	16.mai.00	1	jah
25	...\ETM-186_019-23-05-2005-B1	31.mai.02	23.mai.05	1	jah
25	...\ETM-186_019-23-05-2005-B2	31.mai.02	23.mai.05	1	jah
25	...\ETM-186_019-23-05-2005-B3	31.mai.02	23.mai.05	1	jah
25	...\ETM-186_019-23-05-2005-B4	31.mai.02	23.mai.05	1	jah
25	...\ETM-186_019-23-05-2005-B5	31.mai.02	23.mai.05	1	jah
50	...\ETM-186_019-23-05-2005-B62	31.mai.02	23.mai.05	1	jah
25	...\ETM-186_019-23-05-2005-B7	31.mai.02	23.mai.05	1	jah
10	...\ETM-186_019-23-05-2005-B8	31.mai.02	23.mai.05	1	jah
25	...\ETM-187_018-06-07-2001-B1	6.juuli.01	6.juuli.01	1	ei
25	...\ETM-187_018-06-07-2001-B2	6.juuli.01	6.juuli.01	1	ei
25	...\ETM-187_018-06-07-2001-B3	6.juuli.01	6.juuli.01	1	ei
25	...\ETM-187_018-06-07-2001-B4	6.juuli.01	6.juuli.01	1	ei
25	...\ETM-187_018-06-07-2001-B5	6.juuli.01	6.juuli.01	1	ei
25	...\ETM-187_018-06-07-2001-B62	6.juuli.01	6.juuli.01	1	ei
25	...\ETM-187_018-06-07-2001-B7	6.juuli.01	6.juuli.01	1	ei

4.1. Põhikaart

4.1.1. Andmekihid

1: 10 000 põhikaardi originaal-andmekihte on kaks ning need sisaldavad erinevast ajast pärit põhikaardi kaardistuse andmeid (tabelis 4.1 vastavalt *eelmine* ja *uusim* kihi kataloogi nimes; *PK* on põhikaardi lühend). Osade kaardilehtede kohta (kaardilehed numbritega 5434, 5435, 5444, 5445) on olemas kahe põhikaardi kaardistuse andmed. Kaardilehtede puhul, mille kohta teist kaardistust pole tehtud (5423, 5424, 5433, 5443), on põhikaardi mõlema kihi kataloogis samad failid.

Erinevate aastate põhikaardikihtide kasutamine võimaldab eeldatavalt paremini ära tunda taimkatteüksusi, mille põhiala on kahe kaardistuse vahel muutunud — näiteks noorendikke, mis eelmisel põhikaardil olid raiesmikud ning üksust *noor mets söödil*, mis eelmisel põhikaardil oli *põld*, uuemal kaardistusel aga märgitud *nooreks metsaks*. Erinevate aastate põhikaardikihtide prognoosivõime erinevate taimkatteüksuste osas võib olla erinev, vastavalt sellele, kui detailselt erineval ajal midagi kaardistatud on. Näiteks on madalsoid osadel eelmise põhikaardi kaardistuse kaardilehtedel detailsemalt kujutatud kui uuemas kaardistusvoorus.

4.1.2. Põhikaart eelklassifikaatorina

Põhikaardikihte kasutatakse õpetuskohtade indeksite ning prognoosikaartide arvutamisel eelklassifikaatorikihtidena. Eelklassifikaatoriklassideks on põhikaardi põhialad. Õpetusandmete mustrindeksite arvutamisel on põhikaart nn ruumiliseks eelklassifikaatoriks ehk ruumiliste piiride kihiks, mis võimaldab õpetusvaatluste indekseid arvutada vaid põhikaardi põhialade piires. Prognooside arvutamisel leitakse prognoositavale pikslile kõige sarnasem näidis ainult põhikaardi sama põhiala kui temaatilise eelklassifikaatori piires. Kuna projekti käigus arvutatud hinnangulised kaardid on piksliküljega 10 m, siis kasutati nende genereerimisel eelklassifikaatorikihtina samuti 10 m piksliküljega uusimat põhikaardikihti (originaalkihi piksli küljepikkus on 5 m).

Põhikaardil kasutatud põhialade arv ja määratlused on eri aastatest pärit kaardistustes veidi erinev. Näiteks ei eristata uuematel põhikaardi kaardistustel (alates 2000. a) varem eraldi põhialana käsitletud *püsirohumaad rohumaast*, varasema *õue* asemel tehakse vahet *eraõuel* ja *tootmisõuel* ning *hukkunud puistu* on põhialast muudetud täiendalaks (Eesti põhikaardi... 2000). Eelklassifikatsiooni kasutamine kiirendab kaardi arvutamist ning võimaldab põhikaardi maakatteklasside piiride kujul arvesse võtta kõige täpsemat ruumilist informatsiooni, säilitades seeläbi taimkatteüksuste kaardil põhikaardi põhialade piirid (Remm 2002, Remm 2004a).

Siiani on taimkatte prognoosimisel eelklassifikaatorina kasutatud vaid põhikaarti.

4.1.3. Põhikaardi rasteriseerimine

1: 10 000 digitaalne põhikaart on vektorformaadis. *Pidevstuudium* kasutab aga vaid rastervormis andmekihte. Põhikaardi põhialade rasteriseerimiseks ühtsesse binaarformaati saab kasutada erinevaid mooduseid. Järgnevalt on kirjeldatud kahte varianti, kuidas *Micrystationi* vormingus põhialasid rasteriseerida. Allpool kirjeldatud teisendused *Microstationi* vormingust *ArcView* vormingusse on üleliigsed juhul, kui kõigi vajalike põhikaardi lehtede põhialade andmekiht on Riigi Maa-ametist saadud *ArcView* vormis.

Ühe võimalusena võib 10 × 10 km kaardilehe (neli 5 × 5 km põhikaardi lehte korruga) *psh*-failid *Microstationis* *dxf*-formaati konverteerida, avada need siis *Idrisi32s* vektorkihina ning seejärel sealsamas etteantud parameetritega rasterfaili rasteriseerida. Kui suurema eraldise sees olevad saarelised teist klassi alad on *dgn*-failis salvestatud sümbolina (*cell*), siis lähevad saared paraku kaduma ja kirjeldatud teisendusviis ei anna korrektseid tulemusi.

Saarelised eraldised konverteeruvad õigesti, kui kasutada rasteriseerimiseks tarkvara-paketti *ArcView*. Kõigepealt tuleb avada 10 × 10 km küljega kaardilehe neli *Microstationi* formaadis (*dgn*-laiendiga) vektorfaili *ArcView* vaates, konverteerida need sama programmi *shp*-vormingusse, ühendada seejärel neli 5 × 5 km küljega kaardilehte *ArcView*'s üheks *shp*-failiks ning viimane *grd*-vormi võrgustikuks (*grid*) konverteerida. Võrgustiku tekitamise käigus tuleb määratleda piksli suurus ja rastri piirid ning põhikaardi põhiala tunnusatribuut — värvikood piksliväärtuseks. Seejärel eksporditakse võrgustik *flt*-formaadis binaar-rastriks, mis omakorda imporditakse *Idrisi32* täisarvulisse rasterformaati.

ArcView loeb sümbolina salvestatud alade värvikoodi sümboli päisest, mitte komponentidelt, nagu *Microstation* seda teeb. *Microstationi* vormingus põhikaardi failides sümbolina salvestatud saarliste eraldiste päises värvikoodi enamasti ei ole. Seetõttu tuleb saarliste eraldiste kategooria õigeks ülekandmiseks värvikood enne teisendamisoperatsioone sümbolite päisesse kanda. Projekti käigus kasutati komponentide värvikoodi komplekseraldise päisesse kirjutamiseks *Microstationi* programminaga *cellidevärvid.bas* (lisa 1).

Põhikaardi andmekihid rasteriseeriti piksliteks küljepikkusega 5 m.

4.2. Mullakaart

4.2.1. Andmekihid

1: 10 000 digitaalse mullakaardi andmekihte on kokku neli: lõimiseandmetega kiht (tabelis 4.1 sõna *loim* kataloogi nimes) ning 57, 12 ja 10 lihtsustatud mullaklassiga andmekihid (tabelis 4.1. sõna *muld* ning klasside arv kataloogi nimes).

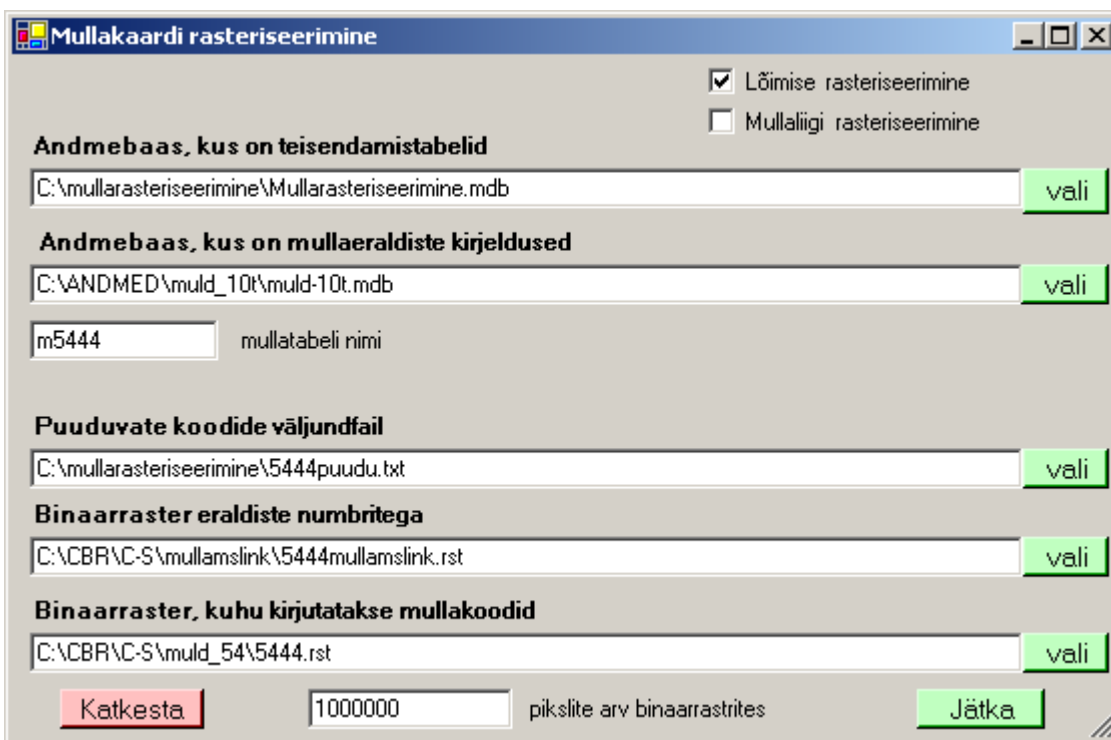
4.2.2. Mullakaardi rasteriseerimine ja andmete teisendamine

Mullakaardist tuletatud andmekihtide ettevalmistamisel tuleb kõigepealt *Microstationi* või *ArcView* formaadis olevad mullakaardi failid samamoodi, nagu eelmises alapeatükis kirjeldatud, rasteriseerida (ptk 4.1.3). Iga rastrielemendi väärtuseks saab sellele vastavas kohas oleva vektoreraldise tunnusnumber. Seejärel tuleb käivitada programm *Mullarasteriseerimine*. Programmi dialoogiaknas tuleb sisestada sisend- ja väljundparameetrid (joonis 4.1). Rasteriseerimisel kasutatavad teisendamistabelid on andmebaasis *Mullarasteriseerimine.mdb* ning mullaeraldiste kirjeldused 1: 10 000 mullakaardi juurde kuulavas andmebaasis (iga 10 × 10 km kaardilehe kohta on eraldi tabel). Failideks, millest programm loeb eraldiste numbrid, on eraldiste tunnusnumbritega binaar-rastrid. Failideks, kuhu programm kirjutab mullakoodid, on eelnevalt loodud tühjad binaar-rastrid.

Programm *Mullarasteriseerimine* leiab mullakaardi andmebaasist eraldise tunnusnumbrile vastava kirjelduse, teisendab koode ühest klassifikatsioonisüsteemist teise (lihtsustab klassifikatsiooni), jagab segaeraldise pikslid eraldisele omistatud klassidesse vastavalt andmebaasis kirjas olevale klasside osakaalule selles eraldises ning omistab teisendatud koodide numbrilised väärtused väljundrastri pikslitele. Klassifikatsiooni lihtsustamine on

vajalik, kuna erinevate koodide suur hulk (mis on osaliselt tingitud tekstilise koodi vigasest või varieeruvast kirjutamisviisist) takistab andmete automaattöötlust (Remm 2002). Näiteks on 2006. a märtsikuu seisuga rasteriseeritud kaardilehtedelt mullarasteriseerimise andmebaasi kantud 8229 erinevat lõimisekoodi. Segaeraldiste puhul on sama eraldise kirjelduses näidatud kuni neli erinevat mullaliiki, kusjuures nende paiknemise kohta eraldiste sees andmed puuduvad. Mullaeraldised on enamasti suhteliselt suured ja asuvad vahelduva pinnamoega metsasel maastikul

Mullaliikide ja lõimiste lihtsustatud klassifikatsioonide üksused on andmebaasi *Mullarasteriseerimine.mdb* tabelites *Mullakoodid* ja *Lõimisekoodid*. Klassifikatsiooniüksuste üleminekutabelite nimed on *Mullaklassid* ja *Lõimiseklassid*. Need tabelid peavad sisaldama kõiki rasteriseeritud kaardilehtedel olevaid koode ja detailsema süsteemi koodidele vastavaid lihtsustatud klassifikatsiooni koode. Kui töödeldava kaardilehe andmebaasis on teisendus-tabelitest puuduvad koode, siis kirjutab programm need eraldi tekstifaili. Iga üleminekutabelist puuduva koodi puhul peab inimene otsustama, millisele lihtsustatud klassile see vastab ning teisenduskirje üleminekutabelisse lisama.



Joonis 4.1. Programmi *Mullarasteriseerimine* dialoogiaken.

4.2.3. Sarnasusmaatriksid

Looduses esinevad nähtused on enamasti pidevad ja üleminekulised, mitte diskreetsed. Seetõttu tuleb üsna sageli ette olukorda, kus mingi kasvukohatüüp esineb looduses mullal või lõimisel, millel see teooria kohaselt esineda ei tohiks.

Lihtsaim viis nominaalsete tunnuste vahelise sarnasuse määramiseks on klassikoodide vastavuse kontrollimine. Kui klass on sama, siis on vaatlused selle tunnuse poolest täiesti sarnased. Kui klass on erinev, siis sarnasus puudub. Näiteks kui üks vaatlus on keskmisel ja teine sügaval rabamullal, siis on need vaatlused mulla poolest sama vähe sarnased kui sügav rabamuld ja õhuke paepealne muld, kuigi esimesel juhul on tegemist vaid turbakihi tuseduse

poolest erinevate mullaliikidega, teisel juhul aga nii veerežiimi kui karbonaatsuse telgede erinevates otsades paiknevate mullaliikidega. Keskmise ja sügava rabamulla ühendamine üheks klassiks muudaks need aga samatähenduslikeks.

Pidevstuumium oskab nominaalsete tunnuste kategooriate vahelist sarnasust ehk nn oma-sarnasust vaatlustevahelise sarnasuse mõõtmisel arvestada. Selleks peab pidevõppe andmebaasis olema andmekihi, mille puhul omasarnasust soovitakse kasutada, klassikombinatsioonide sarnasusmaatriks, kuhu kantakse klassidevahelised sarnasused väärtusvahemikus 1...100. Nullsarnasusega kombinatsioon ei ole tarvis sarnasusmaatriksisse kanda.

Sarnasusmaatriksid registreeritakse omasarnasuste tabelis (ptk 6). Klassidevahelisi sarnasusi kasutatakse vaid nominaalse andmekihi nominaalsete indekseid (mood, kaugusega kaalutud mood) puhul.

Mullaliikide omavahelise sarnasuse otsustamisel võeti aluseks J. Paali (1997) järgi kasvukohatüüpides esinevad mullad. Sarnasteks (50%) loeti need mullad, mis võivad kaasneda sama kasvukohatüübiga. Arvesse võeti vaid metsakasvukohatüüpe, looduslikke niite ja soid ning neile sobivaid muldi, sest tugeva inimõjutusega kasvukohatüüpides (näiteks kultuurniidud, aiad, põllud jmt) võib esineda nii troofsuse kui niiskuse poolest väga erinevaid muldi.

4.3. Maapinna kõrgusmudel

4.3.1. Andmed

Pidevstuumiumis kasutatava maapinna kõrgusandmestiku originaalina säilitatav algvorming on kolmemõõtmelises *Microstationi* failis olevad samakõrgusjooned ja maapinna kõrgusarvud. Tartu Ülikooli geograafia instituudis on varasemate uurimisprojektide käigus loodud maapinna suuremõõtkavaline kõrgusmudel Otepää looduspargi ja Porijõe valgla kohta. Olemasolevaid kõrgusandmeid kontrollitakse ja parandatakse ning tehakse täpsustusi vastavalt vigade avastamisele ja uute andmete laekumisele. Väljaspool Otepää loodusparki ja Porijõe valglat asuvate taimestiku näidisalade piirkonda digitaliseeriti kõrgusarvud ja samakõrgusjooned põhiliselt 1980. aastate NSVL 1: 10 000 topograafilistelt kaartidelt ja orienteerumiskaartidelt (www.orienteerumine.ee). Nende kaardilehtede, mille kohta on publitseeritud 1: 20 000 paberkujul põhikaart, puhul oli võimalik kasutada ka maa-ametist tellitud kahemõõtmelist 5 m samakõrgusjoonte vahega reljeefikihti. 1: 50 000 baaskaardi 10 m lõikevahega samakõrgusjooni kasutati vaid mõnede tasasel maastikul (Nõo ja Meeri piirkond) paiknevate näidisalade piirkonnas, kus detailsem kõrgusinfo puudus. Baaskaardi kõrgusandmete põhjal loodud kõrgusmudeli vähest informatiivsust on täheldatud ka Saaremaa taimkatte suuremõõtkavalisel prognoosimisel (Palo *et al* 2005).

Nõuded erinevatele kaardiliikidele ning nende valmistamise tehnoloogia on erinev. Sellest tulenevalt saab mitme kaardi kõrgusinfo mittevastavuse puhul mingis teatud kohas usaldusväärseks pidada kord üht, kord teist allikat. Suuremõõtkavaliste topokaartide puhul, mille koostamisel on kasutatud stereomõõdistust, on kõrgusarvud ja samakõrgusjooned lagedal usaldusväärsed. Sama ei saa aga öelda metsas asuvate pinnavormide kohta, sest aerofotolt ei ole metsa maapind näha. Orienteerumiskaardid seevastu, mille andmed kogutakse jalgsi ringi liikudes ning millele esitatavate nõuete kohaselt on oluline täpselt kujutada reljeefivormi kuju ja paiknemist lähiobjektide suhtes, näitavad metsas pinnavormide kuju täpsemalt (Remm 2004b).

Kõrgusmudelist saab automaatselt genereerida mitmesuguseid maapinna kõrguse, kuju ja vormi arvulisi näitajaid ehk parameetreid, näiteks mitmeid variante suhtelisest kõrgusest nõlva kaldenurki jmt, mida antud uurimuses on käsitletud tunnustena (ptk 5).

4.3.2. Andmekihi ettevalmistus

Pidevstuudium kasutab binaarkujul heederita rasterfaile (*Idrisi32 rst*-vorming). Algseid maapinna kõrgusandmeid hoitakse geograafia instituudis aga *Microstationi* 3D-failides. *Pidevstuudiumi* kasutamisega seotud tööde jaoks on *Microstationi* vormis kõrgusandmete failid Eesti Põhikaardi 10 × 10 km kaardilehtede kaupa. Iga fail sisaldab samakõrgusjooni ja kõrgusarve ka 200 m laiuses puhvris väljaspool kaardilehe serva, et vältida kaardilehe piirile tekkivaid moonutusi kolmnurkpinna (TIN) ja rastervormis maapinna kõrgusmodeli genereerimisel. 3D-faili digitud horisontaalide horisontaalsuse kontrollimiseks kasutati *Microstationi* programminaga *Kõrgusvärv.bas* (lisa 2).

3D *Microstationi* fail avati tarkvarapaketi *Intergraph MGE*. *MGE* mooduliga *Terrain Analyst* genereeriti TIN-mudel, mis konverteeriti *MGE* grid-vormi ja teisendati *Idrisi32* rasterformaati.

Kõrgusmodeli andmekihis (*elev_dm* tabelis 4.1) on maapinna kõrgus salvestatud täis-detsimeetritena merepinnast. Kuna dectimeetrites esitatavaid väärtusi on rohkem kui 255, on kiht 2-baidiline.

4.4. Ortofotod

4.4.1. Andmed ja andmekihid

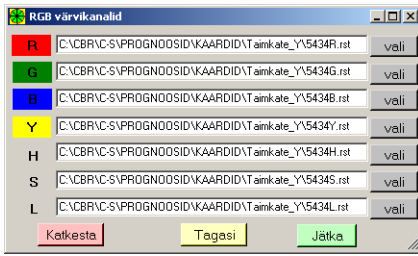
Kasutati värvilisi ortofotosid. Ortofotode kvaliteet on ebaühtlane. Looduspargi lääne- ja lõunaosa (kaardilehed 5423, 5424, 5433, 5443) ortofotod on aastast 2000 ja varasemad. Nende optiline lahutus on väiksem (0.8...1.2 m), need on töödeldud analoogtehnoloogiaga, värvitoonid on standardiseerimata (varieeruvad nii ühe kaardilehe piires kui ka kaardilehtede vahel), kujutis sisaldab defekte (valgeid kriime). Looduspargi ülejäänud osa kohta (kaardilehed 5434, 5435, 5444, 5445) on olemas uuemad ja parema kvaliteediga ning väiksema piksliga (40 cm maastikul) ortofotod aastast 2002.

Varasemas Otepää looduspargis sarnase meetodikaga läbi viidud uurimuses (Remm 2004a) kasutati ka hallskaalas ortofotosid. Kuna mainitud uurimuse tulemustest selgus, et hallskaalas ortofotode prognoosivõime on võrreldes värviliste ortofotode ja Landsat TM kujutise lähisinfapunase ja infapunase kanaliga väiksem, siis antud uurimuses neid ei kasutatud.

Ortofotode andmekihte (*ortof* ning värvikanalit, värvitooni, küllastust või heledust tähistav suurtäht kihi kataloogi nimes tabelis 4.1) on seitse: värvikujutise punase (*R*), roheline (*G*), sinine (*B*) ja kollase (*Y*) värvikanali ning värvitooni (*H*), küllastuse (*S*) ja heleduse (*L*) kihid.

4.4.2. Värvilahutus

Riigi Maa-ametist saadud ortofotod on *MrSid*-formaadis. Need teisendati programmiga *IrfanView* *bmp*-formaati, avati seejärel programmiga *Idrisi32* ning salvestati *Idrisi32 rgb*-vormingusse. Ortofotode värvid lahutati *rgb*-failist programmiga *Lokaalstatistikud*, mis teisendas ka originaalpikslid 1 m küljepikkusega piksliteks ning salvestas 5 × 5 km *rgb*-failidest värvilahutuse iga andmekihi eraldi 10 × 10 km kaardilehe rasterfaili (joonis 4.2).



Joonis 4.2. Programmi *Lokaalstatistikud* värvilahutuse väljundfailide nimede sisestusaken.

4.5. Metsakorraldusfotod

4.5.1. Andmed ja andmekihid

Uurimuses kasutada olnud, 1990. aastatel tehtud metsakorraldusfotod saadi AS Eesti Metsakorralduskeskusest värviliste paberkoopiatena. Fotod on ühtlustamata, värvitoonidega ning ebahütlase kvaliteediga. Metsakorraldusfotod ei kata kogu uuritavat ala, nende vahel on katmata ala, mõnes kohas aga ülekatted (fotod pole põhikaardi kaardilehtede kaupa). Sellisel kujul fotode digitaliseerimine ja puhastamine on töömahukas.

Metsakorraldusfotode kihte (tabelis 4.1 *Metsakorraldusfoto* ning värvikanalit või heledust tähistav suurtäht kihi kataloogi nimes) on neli: kujutise punase (*R*), roheline (*G*) ja sinise (*B*) värvikanali ning heleduse (*L*) kihid.

4.5.2. Andmekihtide ettevalmistus

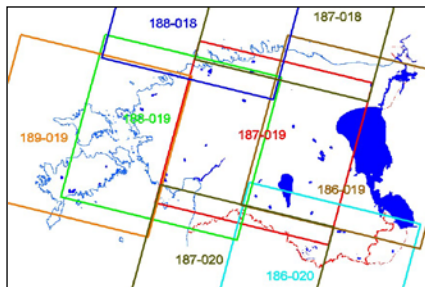
Kõigepealt metsakorraldusfotod skaneeriti. Seejärel need ortorektifitseeriti ning seoti programmis *Microstation* koordinaatidega. Defektsetele kohtadele joonistati programmis *Microstation* peale polügonid ning maskiti need siis programmis *Microstation Descartes* nullväärtusega piksliteks. Üksikud fotod liideti üheks failiks ja teisendati ühtsesse pikslisuurusse (pikslil küljepikkuseks sai 2.5 m) programmiga *Lokaalstatistikud*. Seejärel lahutati *rgb*-vormis värvifoto sama programmiga eraldi punase, roheline, sinise tooni intensiivsuse ning kujutise heleduse kihiks ja salvestati 10×10 km kaardilehtedena.

4.6. Landsat 7 ETM+ satelliidipildid

4.6.1. Andmed ja andmekihid

Pidevstuumiumi jaoks sobival kujul andmekihtidena on andmekihtide hoidlas viie Landsat 7 ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) kujutise failid nende kaardilehtede osas, millelt pärinevad taimkatteüksuste näidistebaasis olevad kirjeldused. Need on kujutised kaadri-

numbritega 186-019 (pildistamiskuupäevad 10. juuli 1999, 30. sept. 2000 ja 23. mai 2005), 187-018 (6. juuli 2001) ja 187-019 (16. mai 2000). Otepää loodusparki katavad kaadrid 187-019 ja 186-019. Viimase poolt kaetud alast jääb osa looduspargi lõunaosast välja. Kaadri 187-018 alaosa katab osa põhjarannikust ja Kirde-Eestist (joonis 4.3).



Joonis 4.3. Landsat 7 kaadrite alad.

Andmekihid valmistati ette olemasolevate satelliidipiltide kõikide (v.a 1999. ja 2001. a pankromaatiline laineala) kanalite kohta. Taimestiku kaardistamisel kasutatavad tunnused arvutati kõigest 2005. a kujutise kanalitest. 2001. a satelliidipilti esialgu ei kasutatud, ülejäänud satelliidipiltide puhul jäeti välja sinise kanali kui atmosfääris hajuva kiirguse kasutus ning 2000. a septembri pildi puhul ka pankromaatiline laineala.

Satelliidipildid on läbinud geomeetrilise ning radiomeetrilise kvaliteedikontrolli. Piltide valiku põhiline eeltingimus oli pilvede võimalikult väike katvus.

Kanalite B1 ... B5 ning B7 kihtidel on piksli küljepikkus 25 m, kanali B6.2 kihtidel 50 m ning kanali B8 kihtidel 10 (enamasti) või 25 m, sõltuvalt originaalkujutise detailsusest ja pikslisuurusest.

Satelliidipiltide kihtide kataloogi nimi (tabel 4.1) koosneb lühendist *ETM*, millele järgnevad kaadri number (näiteks 186_019), salvestuskuupäev (näiteks 16-05-2000) ning kanali number (näiteks B1; kanalite tähistused tabelis 4.3).

Tabel 4.3. Landsat TM lainealad ja nende tähistus uurimuses (Meiner 1999)

Kanali tähistus	Laineala	Spektraalne lahutus (µm)
B1	sinine	0.45 – 0.52
B2	roheline	0.52 – 0.60
B3	punane	0.63 – 0.69
B4	lähisinfapunane	0.76 – 0.90
B5	keskinfrapunane	1.55 – 1.75
B6.1	soojusinfapunane (madala lahutusvõimega)	10.4 – 12.5
B6.2	soojusinfapunane (kõrge lahutusvõimega)	10.4 – 12.5
B7	keskinfrapunane	2.08 – 2.35
B8	pankromaatiline	0.52 – 0.90

4.6.2. Andmekihtide ettevalmistus

Landsati pildid teisendati *Idrisi32* rasterformaati. *Idrisi32s* teisendati need Eesti Põhikaardi projektsiooni ning lõigati Eesti Põhikaardi kaardilehtede suurustesse failidesse (10 × 10 km kaardilehtedeks).

5. Seletavad tunnused

5.1. Andmekihtidest arvatud tunnustest ja nende valikust

Rasteriseeritud kaartidelt ja pildiandmekihtidest arvutatakse seletavad tunnused ehk argumenttunnused programmiga *Pidevstuudium*. Argumenttunnusteks on satelliidipiltide ja ortofotode lokaalset tekstuuri, kiirgusvahemike intensiivsust ja värvitooni kirjeldavad parameetrid ning üksiknäitajatest tuletatud suhtarvud ja keerukamad indeksid, samuti kaartidel olevad klassifikatsiooniüksused ja kaardimustri indeksid. Otepää looduspargi esialgsete taimkattekaartide genereerimiseks vajalikus tehisõppes kasutati 86 põhitunnust (tabel 5.1), kaartide genereerimisel lisandus neile 26 asendustunnust. Süsteem on avatud, tunnuseid on suhteliselt lihtne olemasolevatest andmekihtidest vajaduse korral juurde luua või ümber arvutada.

Lokaalset mustrit kirjeldavaid parameetreid võib põhimõtteliselt olla lõpmatult palju. Väga suure hulga seletavate tunnuste kasutamine muudab tunnuste kaalude otsimise aeglaseks ja viib kergesti liigsobitamisele, mille puhul täpsed prognoosid ei kehti väljaspool õpetusandmeid. Seetõttu tuleb sadadest või isegi tuhandetest katseliselt arvatud lokaalstatistikutest valida paarkümmend kuni sada kandidaati, mis seostuvad funktsioontunnusega tugevamini ja on omavahel vähem korreleerunud. Uurimuses on andmekihtidest arvatud seletavad tunnused paljudest indeksi arvutamise parameetrite (ptk 7) võimalikest kombinatsioonidest välja valitud, tuginedes peamiselt eelnevale kogemusele. Näiteks on ortofototunnuste puhul värvikanalitest enim kasutatud punast, sest punane kiirgus hajub atmosfääris kõige vähem. Seetõttu ei saa olla kindel, et mingit teatud nähtust kõige paremini prognoosivad tunnused on süsteemis olemas. Näidistepõhise taimkatte kaardistamise kõige parema indikaatorväärtusega tunnused peab välja selgitama eraldi uurimus.

Kuna metsakorraldusfotod on ebahütlase kvaliteediga, ortorektifitseerimata ning nende andmekihtide ettevalmistamine töömahukas (ptk 4), siis püüti tehisõppe käigus välja valitud metsakorraldusfoto tunnuseid asendada analoogiliste parameetritega ortofototunnuste hulgast ja otsiti tunnuste komplekte, mis sisaldaksid teisi tunnuseid. Kui asendamine vähendas tunduvalt prognoosi täpsust, siis metsakorraldusfotode tunnuseid siiski kasutati.

Põhikaardi andmekihtidest arvatud tunnuste nimes olev *PK* on põhikaardi lühend, sõnad *eelmine* või *uusim* märgivad kihi päritoluaega, *põhiala* näitab, et tegemist on eelklassifikaatorina kasutatava tunnusega. Osad põhikaardi- ja mullakaardikihtidest tuletatud tunnuste nimed sisaldavad nende arvutamisel kasutatud indeksite (lühendatud) nimetusi või tähendusi (ptk 7.3.3) ja/või klassikoodide tähendusi (nt *järv*, *madalsoomuld*). Number tunnuse nimes märgib indeksi arvutamise raadiust või klasside arvu. Ortofotokihtidest arvatud tunnuste nimedes tähistab suurtäht värvikanalit (*R*, *G*, *B* või *Y*), värvitooni (*H*), küllastust (*S*) või heledust (*L*), number märgib kerneli raadiust meetrites ning ülejäänud kasutatud indeksi nime või selle lühendit. Metsakorraldusfotode puhul langeb tunnuse, mille arvutamisel on kasutatud indeksit keskmine, nimi kokku andmekihi nimega, standardhälbe puhul on tunnuse nimesse lisatud lühend *SD*. Satelliidipiltide tunnused on üldjuhul sama nimega nagu andmekihid, millest nad on arvatud (andmekihtide nimedes kasutatud lühendite tähendused vt ptk 4).

Tabel 5.1. Otepää looduspargi esialgse taimkattekaardi genereerimisel kasutatud seletavad tunnused ja mõned nende arvutamise parameetrid. *Tunnus* — tunnuse nimi andmebaasis; *andmekiht* — kihi, millest tunnus on arvatud, nimi; *indeks* — tunnuse arvutamisel kasutatud indeks (indeksite seletus ptk 7); *R* — tunnuse arvutamise raadius meetrites õpetuskohtade arvutamisel; *R_k* — tunnuse arvutamise raadius meetrites kaartide genereerimisel.

Tunnus	Andmekiht	Indeks	R	R _k
uusim-PK-põhiala		mood	0	0
uusim-PK100klasse		klasside arv	200	200
kaugus_PK_järvest	PK-uusim	kaugus klassi piirist	500	500
kaugus_PK_teedest		kaugus klassi piirist	200	200
uusim-PK_servalähedus		klassipiiri kaugus	300	300
uusim-PK100klassikülgnevus		klassikülgnevuste osa	100	100
eelmine-PK-põhiala	PK-eelmine	mood	0	0
nõlvakalle		gradiendi tugevus	100	100
suhtkõrgus_100m-keskmisest	elev_dm	erinevus keskmisest	100	100
suhtkõrgus_200m-keskmisest		erinevus keskmisest	200	200
ekspositsioon		gradiendi suund	100	100
kaugusega_kaalutud_mulla_mood		kaugusega kaalutud mood	250	250
valdav_muld_10m	muld_57	mood	10	10
valdav_muld_eelklassis		mood	100	100
mulla_klassikülgnevuste_osa		klassikülgnevuste osa	100	100
valdav_lõimimis_10m		mood	10	10
valdav_lõimimis_eelklassis	loim	mood	100	100
lõimise_klassikülgnevuste_osa		klassikülgnevuste osa	100	100
R30keskm		keskmine kaugusega kaalutud	100	30
R30autokorr		Morani I	100	30
R30gradienditugevus		gradiendi tugevus naaberpikslite	100	30
R30naabrierinevus	Ortof-1m-R	erinevus Morani I 8st	100	25
R30naabruse_autokorr		naaberpikslit	100	30
R30sujuvus		üleminekute sujuvus	100	30
R30SD		standardhälve	100	30
R30max		maksimum	100	30
G30keskm	Ortof-1m-G	keskmine	100	30
G30SD		standardhälve	100	30
B30keskm	Ortof-1m-B	keskmine	100	30
B30SD		standardhälve	100	30
Y30keskm	Ortof-1m-Y	keskmine	100	25
Y30SD		standardhälve	100	30
H30keskm	Ortof-1m-H	keskmine	100	30
H30SD		standardhälve	100	30
S30keskm	Ortof-1m-S	keskmine	100	30
S30SD		standardhälve naaberpikslite	100	30
L30naabrierinevus		erinevus	100	30
L30ekstsess		ekstsess kaugusega kaalutud	100	30
L30autokorr	Ortof-1m-L	Morani I	100	30
L30gradienditugevus		gradiendi tugevus	100	30
L30keskm		keskmine	100	30
L30SD		standardhälve	100	30

L30naabruse_autokorr		Morani I 8st naaberpikslist	100	30
L30max		maksimum	100	30
L30sujuvus		üleminekute sujuvus	100	30
Metsakorraldusfoto-R	Metsakorraldusfoto-R	keskmine	100	30
Metsakorraldusfoto-R-SD		standardhälve	100	30
Metsakorraldusfoto-G	Metsakorraldusfoto-G	keskmine	100	30
Metsakorraldusfoto-G-SD		standardhälve	100	30
Metsakorraldusfoto-B	Metsakorraldusfoto-B	keskmine	100	30
Metsakorraldusfoto-B-SD		standardhälve	100	30
Metsakorraldusfoto-L	Metsakorraldusfoto-L	keskmine	100	30
Metsakorraldusfoto-L-SD		standardhälve	100	30
Karbonaatmulla_osa		antud klassi sagedus	100	100
Gleimulla_osa	muld_10	antud klassi sagedus	100	100
Madalsoomulla_osa		antud klassi sagedus	100	100
Valdav_muld_10_klassi		mood	100	30
ETM-186_019-10-07-1999-B2	ETM-186_019-10-07-1999-B2	keskmine	100	30
ETM-186_019-10-07-1999-B3	ETM-186_019-10-07-1999-B3	keskmine	100	30
ETM-186_019-10-07-1999-B4	ETM-186_019-10-07-1999-B4	keskmine	100	30
ETM-186_019-10-07-1999-B5	ETM-186_019-10-07-1999-B5	keskmine	100	30
ETM-186_019-10-07-1999-B7	ETM-186_019-10-07-1999-B7	keskmine	100	30
ETM-186_019-10-07-1999-B62	ETM-186_019-10-07-1999-B62	keskmine	100	30
ETM-186_019-30-09-2000-B2	ETM-186_019-30-09-2000-B2	keskmine	100	30
ETM-186_019-30-09-2000-B3	ETM-186_019-30-09-2000-B3	keskmine	100	30
ETM-186_019-30-09-2000-B4	ETM-186_019-30-09-2000-B4	keskmine	100	30
ETM-186_019-30-09-2000-B5	ETM-186_019-30-09-2000-B5	keskmine	100	30
ETM-186_019-30-09-2000-B62	ETM-186_019-30-09-2000-B7	keskmine	100	30
ETM-186_019-30-09-2000-B7	ETM-186_019-30-09-2000-B62	keskmine	100	30
ETM-187_019-16-05-2000-B2	ETM-187_019-16-05-2000-B2	keskmine	100	30
ETM-187_019-16-05-2000-B3	ETM-187_019-16-05-2000-B3	keskmine	100	30
ETM-187_019-16-05-2000-B4	ETM-187_019-16-05-2000-B4	keskmine	100	30
ETM-187_019-16-05-2000-B5	ETM-187_019-16-05-2000-B5	keskmine	100	30
ETM-187_019-16-05-2000-B62	ETM-187_019-16-05-2000-B62	keskmine	100	30
ETM-187_019-16-05-2000-B7	ETM-187_019-16-05-2000-B7	keskmine	100	30
ETM-187_019-16-05-2000-B8	ETM-187_019-16-05-2000-B8	keskmine	100	30
ETM-23-05-2005-B1	ETM-186_019-23-05-2005-B1	keskmine	100	30
ETM-23-05-2005-B2	ETM-186_019-23-05-2005-B2	keskmine	100	30
ETM-23-05-2005-B3	ETM-186_019-23-05-2005-B3	keskmine	100	30
ETM-23-05-2005-B4	ETM-186_019-23-05-2005-B4	keskmine	100	30
ETM-23-05-2005-B4-gradiendi_tugevus	ETM-186_019-23-05-2005-B4	gradiendi tugevus	100	100
ETM-23-05-2005-B5	ETM-186_019-23-05-2005-B5	keskmine	100	30
ETM-23-05-2005-B62	ETM-186_019-23-05-2005-B62	keskmine	100	30
ETM-23-05-2005-B7	ETM-186_019-23-05-2005-B7	keskmine	100	30
ETM-23-05-2005-B8	ETM-186_019-23-05-2005-B8	keskmine	100	30

5.2. Tunnuste arvutamise raadiused ja eelklassifikaatorite kasutus

Taimkatte õpetusandmete puhul kasutati enamiku mustriindeksite arvutamisel pikslid, mis olid näidisala sees, mitte kaugemal kui 100 m koordinaatidega andmebaasi fikseeritud fokaalkohast ja samas eelklassifikaatori klassis kui fokaalkoht. Eelklassifitseerivate klassidena kasutati põhikaardi põhialasid (Eesti põhikaardi... 2000; ptk 4). Kuna valdavalt olid näidisalad alla 100 m raadiusega, siis läksid arvesse kõik näidisalas olevad pikslid. Mingist etteantud üksusetüübist kaugust arvutatavad indeksid arvutati ilma eelklassifikaatorita ja suurema kauguseni (praegusel juhul 200...500 m), kirjelduse fokaalkohas olevat üksust fikseerivad tunnused arvutati 10 m või nullraadiuses. Taimestikukaartide genereerimisel kasutati (enamasti pildiandmete puhul) väiksemaid raadiusi (25 või 30 m), sest hinnatavate kohtade ümber ei ole kirjelduse kehtivuse ulatust määravaid eraldisepiire (tabel 5.1).

Käpaliste leiukohad on punktandmed, mitte eraldised, nagu taimkatte kirjeldused. Käpaliste leiukohti ei ümbritse kirjelduse kehtivuse piirid. Sellest tulenevalt arvutati käpaliste esinemise/puudumise kohti iseloomustavad indeksid 30 m ulatuses ja eraldistekihina kasutati põhikaardi põhialasid.

5.3. Asendustunnused

Kaardi genereerimisel saab protsessi kiirust vähendavate, arvutusmahukate indeksite asemel kasutada neist eelnevalt omaette andmekihtidena valmis arvutatud asendustunnuseid. Praegu on asendustunnused olemas siiani prognoosikaartide genereerimisel kasutatud ortofototunnuste kohta, sest ortofoto-andmekihtide väike pikslisuurus (1 × 1 m) ja sellest tulenev suur pikslite arv muudab kaardiarvutused aeglaseks. Arvutusi aeglustavad pildiindeksid on enne kaartide genereerimist suuremate pikslitena (pikslil külj 10 m) valmis arvutatud.

6. Pidevstuumiumi andmebaasid

Kõik *Pidevstuumiumi* tabelandmed peavad olema relatsioonilistes andmebaasides, mis võimaldavad päringuid SQL-keeles. Senini on kasutatud *MS Access 2000* ja *MS Access 2003* vormingus andmebaase. Tunnuste järjekord ei ole oluline üheski *Pidevstuumiumiga* seonduvas andmebaasiobjektis. Suur- ja väiketähtedel ei ole andmebaasiobjektide nimede puhul vahet.

6.1. Vaatlusandmete andmebaas

Vaatlusandmete andmebaas peaks sisaldama õpetusandmete vaatlusvektoreid (tunnuste väärtusi iga vaatluse puhul) ja tabeleid, milles on vaatluste kirjeldustes kasutatud koodide (näiteks mullaliikide ja põhikaardi põhialade koodide) tähendused. Pideva muutujana prognoositava tunnuse väärtused võivad olla nii täisarvud kui ka murdarvud, bi- ja multinominaalsete tunnuste klassikoodideks võivad olla vaid täisarvud vahemikus 0...255.

Vaatlusandmete andmebaase on praegu kaks ja nende nimed on *Taimkatte&PK-yksused.mdb* (põhikaardi põhialade ja taimkatteüksuste andmebaas) ning *orhideeleiud.mdb* (käpaliste leiuandmete andmebaas). Vaatlusandmete tabeli struktuuris on lisaks prognoositavate tunnuste väärtustele vajalikud väljad *VID*, *alates*, *kuni* (tabel 6.1). *Pidevstuumium* vaatluste tabeliga otse ei suhtle, vaatlusvektoreid, vaatlusandmeid ja muid vajalikke tunnuseid loetakse siduvast päringust ning vaatluste tabeli nimi ei ole fikseeritud kuskil mujal peale päringu. Vaatluse kehtivuse alguskuupäev ja lõpukuupäev tähistavad vaatlusandmete ajalise kehtivuse piire. Näiteks raiesmiku kirjeldus ei kehti enne ja vana metsa kirjeldus pärast lageraie.

Tabel 6.1. Vajalikud väljad vaatlusandmete tabelis

Välja nimi	Vorming	Kommentaar
VID	4-baidine täisarv	vaatluse tunnusnumber
alates	kuupäev, kirjutamise ja kuvamise vorm sõltub opsüsteemi suvanditest	vaatluse kehtivuse algus, väli võib ka tühi olla
kuni	kuupäev, kirjutamise ja kuvamise vorm sõltub opsüsteemi suvanditest	vaatluse kehtivuse lõpp, väli võib ka tühi olla
<seletava tunnuse nr>	bait	

6.2. Andmekihtide andmebaas

Praegu on andmekihtide andmebaasi nimi *Pidev6ppe_andmekihid.mdb*. Andmekihtide andmebaasis on tabelid *Akihid*, *INDEKSID*, *PK20t*, nominaalsete tunnuste klasside koodide tähenduste tabelid ja klasside omavahelise sarnasuse tabelid. Nominaalsete koodide omasarnasustabelid koosnevad sarnasushinnangutest täisarvulistest protsentides väljal *s*. Klassikoodid on omasarnasustabelite väljadel *1* ja *2*. Ühe või teise tunnuse puhul kasutatavad omasarnasustabelid registreeritakse tehisõppe või seletavate tunnuste andmebaasi tabelis *OMASARNASUSTABELID*. Viimane paikneb nimetatud andmebaasides, kuna omasarnasus-

tabeli kasutus ei ole andmekihi, vaid tunnuse atribuut. Andmekihtide andmebaasi tabelite kohustuslikud väljad ja nende vormingud on alljärgnevad (tabelid 6.2...6.4).

Tabel 6.2. Vajalikud väljad tabelis *Akihid*

Välja nimi	Vorming	Kommentaar
KID	bait	kihi tunnusnumber
pkylg	4-baidine murdarv	piksli küljepikkus meetrites
kataloog	tekst	andmekihi failide kataloog
nominal	jah/ei	= jah, kui kihti tuleb töödelda nominaalse tunnusena
eira	bait	andmete puudumist tähistav väärtus, mis võrdsustatakse kaardivälise alaga
alates	kuupäev, kirjutamise ja kuvamise vorm sõltub op-süsteemi suvanditest	andmekihi kasutatavuse algus
kuni	kuupäev, kirjutamise ja kuvamise vorm sõltub op-süsteemi suvanditest	andmekihi kasutatavuse lõpp
baite	bait	= 1 Idrisi32 byte vormingu ja = 2 Idrisi32 integer vormingu puhul. Nominaalne andmekiht võib olla vaid ühebaidine.

Tabel 6.3. Vajalikud väljad tabelis *INDEKSID*

Välja nimi	Vorming	Kommentaar
IndeksID	bait	indeksi tunnusnumber
nimi	tekst	indeksi nimi
nomkiht	jah/ei	= jah, kui indeks arvutatakse nominaalsest andmekihist
nomind	jah/ei	= jah, kui indeksi väärtust tuleb kasutada nominaalse tunnusena

Tabel 6.4. Vajalikud väljad tabelis *PK20t*

Välja nimi	Vorming	Kommentaar
NR	4-baidine täisarv	Eesti Põhikaardi 10 × 10 km kaardilehe number
min-x	8-baidine murdarv	kaardilehe lääneserva x-koordinaat L-EST 92 süsteemis
min-y	8-baidine murdarv	kaardilehe lõunaserva y-koordinaat L-EST 92 süsteemis
<andmekihi nr>	jah/ei	= jah, kui andmekihtide hoidlas on andmekihi fail selle kaardilehe kohta olemas

Andmekihtide hoidla täienemist saab tabelisse *PK20t* üle kanda *Accessi* programmimooduliga *Kaardilehtede_andmed*, mille võib leida andmebaasist *Pidev6ppe_andmekihid.mdb* ja lisast 3. See programminaga eemaldab andmekihtide kataloogides olevate *rst-* ja *rdc-*laiendiga failidelt neljale esimesele täheruumile järgneva nime osa. Eeldatakse, et neli esimest täheruumi on 100 km² kaardilehe number.

Seni *Pidevstuudiumi* jaoks ette valmistatud andmekihtide loetelu, iseloomustus ja ettevalmistamise kirjeldus on esitatud peatükis 4, *Pidevstuudiumis* kasutatavate indeksite loetelu ja kirjeldus on peatükis 7.3.

6.3. Tehisõppe andmebaas

Tehisõppe andmebaas on keskne üksus, mis sisaldab alltoodud andmebaasiobjekte või otseteed ehk linki nende objektide juurde. Tehisõppe andmebaasi nimi ei ole fikseeritud, see sisestatakse koos kataloogi, milles andmebaas asub, nimega *Pidevstuudiumi* algmenüü andmebaasi nime lahtrisse. Alltoodud andmebaasiobjektide nimedest on *Pidevstuudiumi* jaoks fikseeritud järgmised: **AKIHID**, **ATUNNUSED**, **FTUNNUSED**, **INDEKSID**, **logitabelid** ja **OMASARNASUSTABELID**. Ülejäänud tabelite nimed on muudetavad ja esitatakse siinkohal vaid kui näited senikasutatud nimedest.

AKIHID — andmekihtide tabel (struktuuri kirjeldus on eelmises peatükis).

FTUNNUSED — prognoositavate tunnuste tabel.

ATUNNUSED — seletavate tunnuste tabel.

INDEKSID — andmekihtidest arvutatavate tunnuste (indeksite) tabel (struktuuri kirjeldus on eelmises peatükis).

STUNNUSED — seletavate tunnuste väärtused õpetuskohtades.

LOGI_F1, *LOGI_F2* jt logitabelid — tabelid, millesse salvestatakse iga õppevooru tulemusena leitud tunnusekaalud, otsitava sarnasuse hulga optimeeritud väärtus, jäta-üks-välja ristkontrolli vastavus nii valimis kui ka kõigi vaatlustega (vt ptk 6.3.4, tabel 6.8).

TULEMUSED — seni parimate komplektide näidiste kaalud ja aktuaalsused ning õpetusandmetele teiste õpetusandmete järgi prognoositud väärtused.

Vaatlusvektorite tabelid või päringud, millele viidatakse tabeli *FTUNNUSED* väljal *andmepäring*.

OMASARNASUSTABELID — tabel, milles on loetletud nominaalsete argumenttunnuste koodide vahelisi sarnasusi kirjeldavad tabelid. Selles on väljad *AID* — argumenttunnuse tunnusnumber, *sarnasustabel* — andmebaasiobjekti nimi, mis sisaldab nominaalse tunnuse kategooriate omavahelisi sarnasusi. Selles tabelis loetletud omasarnasustabelite struktuur on esitatud andmekihtide andmebaasi peatükis (ptk 6.2)

Käpaliste leiuandmete andmebaasis on lisaks eelmainitutele veel tabel *KOHTADESOBIVUSED*, milles on määratletud, millise liigi esinemise või puudumise näidiskohaks üks või teine vaatluskoht sobib. Puudumiskohad, millele lähemal kui 100 m on mõni uuritava liigi esinemiskoht, on märgitud puudumiskoha näidiseks mittesobivaks. Üksteisele lähemal kui 100 m paiknevatest esinemiskohtadest on sobivaks jäetud vaid üks. Kohti märgiti sobivaks/mittesobivaks VBA programminagaga *Valisobivad* (lisa 4). Kuna *Pidevstuudium* ei suhtle kohtade sobivuse tabeliga otse, vaid päringute kaudu, siis ei ole tabeli nimi ja struktuur fikseeritud. Oluline on vaid selle tabeli nime ja struktuuri vastavus programmi *Valisobivad* koodile. Kuna VBA programmi kood on kasutajale avatud, siis saab iga kasutaja kohtadesobivuse salvestamise andmebaasiobjekti nime ja struktuuri eripära ise programmi *Valisobivad* sisse kirjutada.

6.3.1. Funktsioontunnused

Kasutatavate funktsioontunnuste loetelu ja parameetrid peavad olema tabelis *FTUNNUSED* kindlal etteantud kujul (tabel 6.5). Tabeli *FTUNNUSED* kaudu toimub ka õppeprotsessi juhtimine, sest tehisõppe programm loeb sellest tehisõppe iga iteratsiooni lähteülesandeid.

Tabel 6.5. Vajalikud väljad tabelis *FTUNNUSED*. Selgitused on tabelile järgnevas tekstis

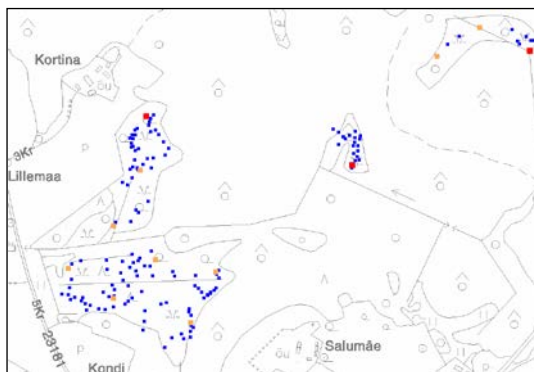
Välja nimi	Vorming	Kommentaar
arvutada	jah/ei	esmane väli, mille kaudu suunatakse Pidevstuumiumi
FID	bait	prognoositava tunnuse tunnusnumber
antudkood	bait	klassikood multinominaalse tunnuse klasside üksahaaval käsitlemisel
LogID	4-baidine täisarv	seni parima tunnuste ja näidiste komplekti tunnusnumber logitabelis
eelklass	bait	eelklassifikaatorina kasutatava tunnuse number
nimi	tekst	prognoositava tunnuse nimi
ftyyp	bait	prognoositava tunnuse tüüp
osatunnuseid	bait	mitmemõõtmelise hinnatava tunnuse osatunnuste arv
sumsimmax	4-baidine murdarv	otsitava kogusarnasuse algväärtus (vajalik vaid tehisõppes)
andmepäring	tekst	andmebaasi objekt (tabel või päring) millest loetakse õpetusandmed või näidised (prognoosiülesande puhul)
vmah	4-baidine täisarv	õpetusvaatluste ligikaudne arv vaatluste juhuvalimis (vajalik vaid tehisõppes)
tmaht	4-baidine täisarv	tunnuste piirarv tunnuste juhuvalimis (vajalik vaid tehisõppes)
nullkaugus	4-baidine murdarv	sarnasuse nullkaugus (vajalik vaid tehisõppes)

Antudkoodi ja *FID* kombinatsioon peab olema unikaalne ridade hulgas, kus *arvutada* = *jah*. Tühi eelklassi lahter ja väärtus 255 tähistavad eelklassifikaatorita arvutusi. Prognoositava tunnuse tüüpide (väli *ftyyp*) tähistus: 0 — multinominaalne tunnus, 1 — mitmemõõtmeline tunnus, 2 — pidev tunnus, 3 — binominaalne tunnus, 4 — multinominaalse tunnuse antud klass, mida vastandatakse kõigile ülejäänud klassidele. Mitmemõõtmeline tunnus on näiteks puistuvalem, milles osatunnusteks on üksikute puuliikide osakaalud. Mitmemõõtmelise tunnuse hindamise funktsionaalsus on 2006. a märtsi seisuga programmist *MLNN* programmi *Pidevstuumium* üle toomata. Kui funktsioontunnuse tüüp = 4, siis peab tabelis *FTUNNUSED* olema iga uuritava klassi kohta eraldi rida.

Otsitav kogusarnasus on prognoositava vaatluse ja näidiste vahelise summaarse sarnasuse väärtus, mille järel lõpetatakse sarnasuselt järgmiste näidiste otsimine. Mingile vaatlusele prognoosi arvutamisel otsitakse sellele kõige sarnasemaid näidiseid. Alustatakse kõige sarnasemast ja kui sellest ei piisa, siis lisatakse sarnasuselt järgmine jne. Sarnasuse taset alandatakse 1% haaval. Otsitava kogusarnasuse väärtus määrab, millal näidiste otsimine

lõpetada. Kui välja valitud kõige sarnasemate näidiste summaarne sarnasus on suurem või võrdne kui otsitav kogusarnasus, siis näidiste lisamine prognoosi aluseks olevasse komplekti lõpetatakse ja hakatakse hinnangut arvutama. Otsitava kogusarnasuse optimaalne suurus sõltub andmetest, optimaalse väärtuse otsimise algväärtuse määrab kasutaja. Otsitava kogusarnasuse väiksema väärtuse puhul on prognoosiv süsteem tundlikum, suurema väärtuse juures üldistavam. Seniste kogemuste kohaselt on enamiku andmestike puhul sobivaim otsitava kogusarnasuse algväärtus vahemikus 2...3.

Sarnasuse nullkaugus reguleerib, mil määral saavad üksteisest mingil kaugusel paiknevad vaatlused üksteise prognoosimisel näidiseks olla. Enamiku prognoositavate nähtuste ruumilise autokorrelatsiooni tõttu on lähestikku tehtud vaatlused sarnased. Näiteks on 30 m raadiuses arvutatud pildimustriindeksid kahes üksteisest 5 m kaugusel paiknevas vaatluskohas peaaegu identsed. Kui õpetustäpsuse hindamisel kasutatakse lähestikuseid õpetusvaatlusi, siis võidakse saada petlikult kõrged hinnangu toesuse näitajad, sest lähestikku paiknevad vaatlused prognoosivad üksteist vastastikku väga edukalt. Kaugemate vaatluste hindamisel ei pruugi leitud näidised ja tunnused sugugi nii usaldusväärseid hinnanguid anda. Seetõttu vähendatakse *Pidevstuumiumi* tehisõppe osas vaatlustevahelist sarnasust proportsionaalselt vaatlustevahelise vahemaa pöördväärtusega. Sarnasuse nullkaugus reguleerib kauguskorrektoori vahemaast sõltuvat muutumist. Kui vaatluste vahemaa ei ületa nullkaugust, siis nendevaheline sarnasus nullitakse, kui vaatluste vahemaa võrdub kahekordse nullkaugusega, siis vähendatakse sarnasust 50% võrra. Tänu nullkauguse kasutamisele eelistab *Pidevstuumium* sellist näidiste komplekti, milles näidised ei paikne lähestikku (joonis 6.1). Selle projekti raames kasutati vaid nullkaugust 100 m. See tähendab, et kui kahe õpetusandmetes oleva vaatluskoha sarnasus kaardi- ja kaugeireandmete järgi on 90%, siis nende vaatluskohtade 100 m vahemaa puhul korrigeeritakse sarnasus nulliks, 200 m vahemaa puhul 40%ks, 500 m vahemaa puhul 70%ks, 1000 m vahemaa puhul 80%ks. Teistsuguseid nullkauguse väärtusi ei katsetatud.



Joonis 6.1. Soo-neiuvaiba (*Epipactis palustris*) leiukohad (sinised), õpetusandmetena kasutatud kohad (ruuged) ja näidisteks valitud kohad (punased) Otepää looduspargi Kortina sihtkaitsevööndi piirkonnas.

6.3.2. Argumenttunnused

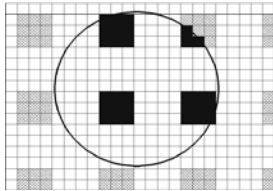
Argumenttunnuste loetelu ja parameetrid peavad olema *Pidevstuumiumi* andmebaasi tabelis *ATUNNUSED* kindlal kujul (tabel 6.6).

Tabel 6.6. Vajalikud väljad tabelis *ATUNNUSED*. Osa selgitusi on tabelile järgnevas tekstis

Välja nimi	Vorming	Kommentaar
AID	bait	tunnuse number
nimi	tekst	tunnuse nimi
KID	bait	kasutatava andmekihi tunnusnumber tabelis Akihid
indeksID	bait	arvutatava indeksi tunnusnumber tabelis INDEKSID
radius	4-baidine murdarv	tunnuse arvutamise raadius meetrites õpetuskohtade arvutamisel (vajalik vaid indekse arvutamisel)
radius_k	4-baidine murdarv	tunnuse arvutamise raadius meetrites binaarkaardi arvutamisel (vajalik vaid kaartide genereerimisel)
valim	4-baidine murdarv	pikslite juhuvalimi maht vahemikus 0...1 tunnuse arvutamisel (tehisõppes ei ole vajalik)
blokkvalim	jah/ei	blokkvalimi kasutus (tehisõppes ei ole vajalik)
antudkood	bait	piksliväärtus, millest kaugust või mille sagedust arvutatakse (väärtus on vajalik vaid kaugust või sagedust arvutavate indekse korral)
eelklassikasutus	jah/ei	kas arvutada tunnuse indeksid vaid eelklassi piires (vajalik vaid prognoosikaartide arvutamisel ja indekse arvutamisel binaarfaili)
eelklassikiht	bait	kaartidel eelklassifikaatorina kasutatav andmekiht tabelis Akihid (vajalik vaid kaartide arvutamisel)
eraldistekasutus	jah/ei	kas arvutada õpetusandmete indeksid vaid eraldiste piires (vajalik vaid õpetusvaatluste seletavate tunnuste arvutamisel)
eraldistekiht	bait	õpetusandmete ruumiliste piiride kiht
BV_kataloog	tekst	binaarväljundi salvestamise kataloog (vajalik vaid indekse arvutamisel binaarfaili)
asendab	bait	asendustunnuste puhul on sellel väljal asendatava tunnuse number. Kui tunnus ei ole asendustunnus, siis peab väli olema tühi või = 0.
F1	jah/ei	argumenttunnuse kasutamine funktsioontunnuse FID = 1 arvutamisel ja tehisõppel. Kasutatakse juhul, kui ftyyp ≠ 4.
AF1	bait	argumenttunnuse aktuaalsus vahemikus 1...250 funktsioontunnuse FID = 1 tehisõppel. Kasutatakse juhul, kui ftyyp ≠ 4.
F1_66	jah/ei	kas kasutada argumenttunnust funktsioontunnuse FID = 1, antudkood = 66 tehisõppel. Kasutatakse juhul, kui ftyyp = 4.
AF1_66	bait	argumenttunnuse aktuaalsus vahemikus 1...250 funktsioontunnuse FID = 1, antudkood = 66 tehisõppel. Kasutatakse juhul, kui ftyyp = 4.

Pidevstuudium arvutab mustriindekseid vaid ümarast kernelist.

Blokkvalim võimaldab kasutada rohkem külgnevaid pikseleid kui lihtne juhuvalim. Blokkvalimi puhul valitakse 3×3 piksli suurusi ruute (joonis 6.2). Blokkvaliku puhul määratakse piksliruutude vahemaa nii, et kasutaja määratud valimisse sattuvate pikslite osa oleks võimalikult täpselt järgitud. Blokkvalim on vajalik külgnevaid pikseleid võrdlevate tunnuste puhul, kui juhuvalimi maht on väike.



Joonis 6.2. Blokkvalim rasterfailist valimi osaga 9/49 (mustad ja viirutatud ruudud), ringikujuline kernel raadiusega 7 pikslit ja kernelis olevad valimi ruudud (mustad).

Õpetusandmete ruumiliste piiride kiht on seni olnud taimkatte ja põhikaardi üksustel vaatlusalade eraldiste kiht ning käpaliste leiukohtadel põhikaardi põhialad.

Binaarväljund arvutatakse kõigist *rst*-laiendiga failidest, mis on valitud tunnuse andmekihis.

F-väli kujul *F*<*FID*> (näiteks *F2*) või *F*<*FID*>_<*antudkood*> (näiteks *F2_12*) peab olema igal tehisõppes või seletavate tunnuste arvutamisel kasutataval real tabelis *ATUNNUSED*, väli *AF* kujul *AF*<*FID*> (näiteks *AF2*) või *AF*<*FID*>_<*antudkood*> (näiteks *AF2_12*) igal tehisõppes kasutataval real.

Tunnuste asendamist kasutatakse vaid kaardi genereerimisel, mitte tehisõppes. Asendustunnused peaksid olema *F*-väljadelt alati välja lülitatud. Asendustunnus peab kindlasti olema suurema tunnusunumbriga kui asendatav tunnus. Seni andmekihtidest arvutatud põhitunnuste loetelu on tabelis 5.1 (ptk 5).

Tunnuste kaale ja aktuaalsusi salvestab *Pidevstuudium*.

6.3.3. Vaatlusvektorid

Andmeliiasuse vältimiseks ja väljade nimede sobitamiseks on vaatlusvektorid soovitatav moodustada päringutena, mis loevad andmeid tabelitest *TULEMUSED*, *STUNNUSED* ja tabelist, kus on vaatlusandmed. Kui algsel kujul õpetusandmed asuvad tabelis, mis sisaldab rohkem kui ühte prognoositavat tunnust, siis tuleb iga prognoositava tunnuse nimi andmeid tarkvarale edastavas päringus ümber defineerida nii, et iga prognoositava tunnuse kohta oleks funktsioontunnuse väärtuste väli *F* ning õppetulemuste salvestamiseks väljad *progn*, *prob*, *aktuaalsus*, *w* (tabel 6.7).

Vaatlustele prognoositud väärtusi, vaatluste kaale ja aktuaalsusi salvestab *Pidevstuudium*. Puuduvat seletava tunnuse väärtust ja määramatust tähistab vaatlusvektoris kas tühi lahter või väärtus 255.

Multinominaalse tunnuse klasside ükshaaval hindamisel (ftyyp = 4) kasutatakse kõigi klasside puhul sama vaatlusvektorit. Seega vastavad vaatlusvektorid *FID*-koodidele, mitte tabeli *FTUNNUSED* ridadele.

Andmekihi ajapiirangu väli ei tohi, kuid vaatluste ajapiirangute väljad võivad tühjad olla. Tehisõppes ja prognoosis kasutatakse vaid neid tunnuse ja vaatluse kombinatsioone, mille

puhul tunnuse kasutatavuse ja vaatluse kasutatavuse ajavahemik on vähemalt osaliselt ülekattes. Näiteks ei kasuta *Pidevstuumium* raiesmikuvaatluse puhul kaugseire andmekihte, mille kehtivus lõpeb enne vaatluse juurde märgitud (arvatavat) lageraie aega. Samas on mullatunnuste kehtivuse ajaline piirang kauges minevikus või tulevikus ja need on kõigi vaatluste puhul kasutatavad. Kui vaatluse ajapiirangu väli on tühi, siis selle vaatluse kasutamist ajaliselt ei piirata.

Tabel 6.7. Vajalikud väljad vaatlusvektorites

Välja nimi	Vorming	Kommentaar
VID	8-baidine täisarv	vaatluse tunnusnumber
F	4-baidine murdarv ftyyp = 2 korral, jah/ei ftyyp = 3 korral, bait muudel juhtudel	funktsioontunnuse väärtus
progn	sama, mis väljal F	ülejäanud õpetusandmete järgi prognoositud väärtus (vajalik vaid tehisõppel ja tabelisse prognoosimisel)
prob	bait	sarnasus ülejäanud õpetusandmete hulgast valitud näidistega vahemikus 0...100 (vajalik vaid tehisõppel ja tabelisse prognoosimisel)
aktuaalsus	bait	vaatluse aktuaalsus (vajalik vaid tehisõppel)
w	4-baidine murdarv	vaatluse kaal näidisena
x	8-baidine murdarv	vaatluskoha L-EST süsteemi x-koordinaat meetrites
y	8-baidine murdarv	vaatluskoha L-EST süsteemi y-koordinaat meetrites
alates	kuupäev, kirjutamise ja kuvamise vorm sõltub op-süsteemi suvanditest	vaatluse kasutatavuse algus
kuni	kuupäev, kirjutamise ja kuvamise vorm sõltub op-süsteemi suvanditest	vaatluse kasutatavuse lõpp
<seletava tunnuse nr>	bait	seletavate tunnuste väärtused

6.3.4. Logitabelid

Logitabelitesse salvestatakse tehisõppe vahetulemused. Logitabeli nimi peab algama tähe-kombinatsiooniga *LOGI_F*, millele järgneb funktsioontunnuse number (näiteks *LOGI_F18*). Iga funktsioontunnuse jaoks peab olema omaette logitabel. Multinomiinalse tunnuse klasside ükshaaval hindamisel (ftyyp = 4) salvestatakse iga klassi õppe tulemused samasse logifaili. Seega vastavad logifailid *FID*-koodidele, mitte tabeli *FTUNNUSED* ridadele. Logitabelite kohustuslikud väljad ja nende vormingud on tabelis 6.8.

Tabel 6.8. Vajalikud väljad logitabelites

Välja nimi	Vorming	Kommentaar
ID	8-baidine täisarv	kirje tunnusnumber
antudkood	bait	klassikood multinominaalse tunnuse klasside ükshaaval käsitlemisel
kuupäev	kuupäev	tulemuse salvestamise aeg
tvastavus	4-baidine murdarv	õpetusvaatluste valimis saavutatud hinnangute vastavus
kvastavus	4-baidine murdarv	hinnangute vastavus kõigi õpetusandmete suhtes
sumsimmax	4-baidine murdarv	tehisõppes optimeeritud otsitav kogusarnasus
etn	4-baidine täisarv	näidiseks valitud vaatluste arv
valim	4-baidine täisarv	valimi maht
<seletava tunnuse nr>	4-baidine murdarv	seletavate tunnuste tehisõppel leitud kaalud

Logitabel ei tohi täiesti tühi olla. Logitabeli esmasel kasutamisel võib sinna lisada ühe rea, millel $ID = 0$. Argumenttunnuste väljade nimeks on tunnuse number. Asendustunnuste numbreid ei pea logifailis olema juhul, kui ühegi kasutatava põhitunnuse number ei ole asendustunnuse numbrist suurem. Kasutatavate tunnuste väljad ei tohi logifailis tühjad olla. Kui tunnust ei kasutata, olgu väljal 0. Tunnused, mille kasutamine on tabelis *ATUNNUSED* välja lülitatud, võivad logitabelist puududa.

6.3.5. Seletavate tunnuste tabel

Vaatluskohti kirjeldavad pildi- ja kaarditunnused tuleb välja arvutada enne tehisõpet ja näidiste prognoosides kasutamist. Seletavate tunnuste väärtusi võib hoida vaatlusandmetega ühes tabelis või eraldi tabelis. Seni kasutatud andmebaasisüsteemis on välivaatluste andmebaas omaette fail ja seletavaid tunnuseid seal ei hoita. Seletavate tunnuste väärtusi hoitakse praegustes tehisõppe andmebaasides tabelis *STUNNUSED*. Vajalikud väljad selles on vaatluse tunnusnumbrit sisaldav *VID* (vorminguks 8-baidine täisarv) ja väljad seletavate tunnuste tunnusnumbritega (vorminguks bait). Kuna *Pidevstuumium* suhtleb tabeliga vaatlusvektori päringu kaudu, siis on oluline, et päringu vorm vastaks programmi nõuetele; seletavate tunnuste tabeli nimi ja vorm ei ole rangelt fikseeritud.

6.3.6. Tulemuste tabel

Praegu kasutuses olevas andmebaasisüsteemis loevad funktsioontunnuste vaatlusvektorite päringud tulemuste salvestamise välju tabelist *TULEMUSED*. Lisaks vaatluse identifikaatori väljale nimega *VID* on selles iga omaette *FID*-koodiga funktsioontunnuse jaoks väljad, et salvestada: 1) iga kasutatud vaatluse prognoositud väärtus, 2) sarnasus prognoosis kasutatud näidistega, 3) vaatluse aktuaalsus ning 4) vaatluse kaal näidisenä. Sarnasuse väljale salvestatakse kaheväärtuselise funktsioontunnuse puhul keskmine sarnasus hinnangu andmisel kasutatud suurema koodiga (esinemiskohtade) näidistega. Multinominaalse tunnuse klasside ükshaaval tehisõppel salvestatakse sarnasuse väljale keskmine sarnasus parajasti õpitava klassi näidistega. Multinominaalse tunnuse klasside korruga õppes ning pideva tunnuse õppes salvestatakse keskmine sarnasus hinnangu andmisel kasutatud näidistega. Kuna *Pidevstuumium* suhtleb tabeliga vaatlusvektori päringu kaudu, siis on oluline, et päringu vorm vastaks programmi nõuetele; tulemuste tabeli nimi ja vorm ei ole rangelt fikseeritud.

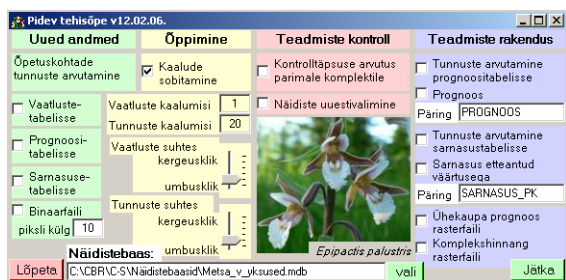
7. Tarkvara Pidevstuudium

7.1. Tehnilised eeldused

Pidevstuudium on MS Windows keskkonnas töötav rakendusprogramm, mis ei nõua kasutamiseelset installeerimist. Varasemate Windowsi versioonide puhul tuleb enne *Pidevstuudiumi* käivitamist installeerida MS Windows .NET. Programmi käivitamiseks peavad ühes kataloogis olema failid *^PIDEVSTUUDIUM-2006.exe*, *^PIDEVSTUUDIUM-2006.exe.config* ja *PK20t.txt*. Exe-faili saab käivitada ka otsetee (*shortcut*) abil.

7.2. Algmenüü

Programmi *Pidevstuudium* käivitamisel avaneva algmenüü päises on programmi versiooni kuupäev. Värvidega on tähistatud neli osa: roheline — uued andmed (tunnuste väärtuste arvutamine vaatlustele või binaar-rastrisse), kollane — õppimine (tunnustele ja vaatlustele optimaalseimate kaalude otsimine), roosa — teadmiste kontroll (hinnangute ja vaatluste vastavuse kontrollarvutus), sinine — teadmiste rakendus (hinnangute arvutamine andmebaasi tabelitesse või binaar-rastrisse (joonis 7.1)).



Joonis 7.1. Programmi *Pidevstuudium* algmenüü.

7.3. Ruumimustrit kirjeldavate tunnuste arvutamine

See osa algmenüüst on rohelse taustaga. Kui sisse on lülitatud kaardi- või pildimustrit indekseid arvutamine vaatlustetabelisse, siis loetakse vaatlustetabeli või -päringu nimi kasutatava andmebaasi tabelist *FTUNNUSED*. Kui indeksid väljastatakse prognoosi- või sarnasuste tabelisse, siis peab väljundtabeli või -päringu nimi olema kirjas algmenüü sinises osas olevas tekstisisestuslahtris.

Kui indeksite väljastamine tellitakse binaarfaili, siis loeb *Pidevstuumium* tulemuste väljastamise kataloogi kasutatava andmebaasi tabeli *ATUNNUSED* väljalt *BV_kataloog*. Indeksite arvutamisel binaarfailidesse arvutab *Pidevstuumium* indeksid failidesse kõigist väljal *arvutada* tabelis *FTUNNUSED* valitud funktsioontunnustele vastavatel väljadel *F<FID>* tabelis *ATUNNUSED* valitud indeksite andmekihtide kataloogides olevatest *rst*-failidest. Kui soovetakse arvutada indeksid vaid andmekihi mõnest failist, tuleks teisendatavad failid tõsta omaette kataloogi ja kas defineerida uus andmekiht teisendatavate failide kataloogi nimega või muuta ajutiselt teisendatavate failide andmekihi kataloogi nime.

Enne indeksite arvutamist tabelkujul andmetele peab andmebaasis olema igal arvutataval vaatlusel järjekorranumber ning x- ja y-koordinaat LAMBERT-EST97 süsteemis meetrites. x tähistab siinkohal lääne-ida suunda, y — lõuna-põhja suunda.

7.3.1. Indeksi arvutamise parameetrid

Indeksite arvutamiseks peab kasutaja määrama indeksi, andmekihi, millest indeks arvutatakse, raadiuse, mille ulatuses piksleid kasutatakse, valimi osa (arvestades seejuures, et vaatluspaare eeldavate geostatistiliste indeksite puhul suureneb arvutusteks kuluv aeg pikslite arvu suurenedes järsult), blokkvalimi kasutuse (vajalik külgnevaid piksleid kasutavate indeksite ja pikslite valimi kasutamise puhul), etteantud koodi, ruumilise eelklassifikaatori ehk eraldiste kasutuse ja eraldistekihi. Loetletud indeksite parameetrid tuleb kanda *Pidevstuumiumiga* seotud andmebaasi peatükis *Pidevstuumiumi* andmebaasid (ptk 6) kirjeldatud väljadele samas peatükis esitatud vormis. Indeksid arvutatakse nendele vaatlustele, mida vaatluse kohas eelklassi järgi ei eirata.

7.3.2. Eelklassifikaator ja eraldised

Pidevstuumium võimaldab kasutada kolme liiki eelklassifikaatoreid: 1) funktsioontunnuse eelklassifikaator, mis määrab, millisesse eelklassi kuuluvaid näidiseid ühe või teise koha puhul kasutada, 2) kaardi- ja pildimustri indeksite arvutamist ruumiliselt piiravad eraldised, 3) interpoleerimiseraldised, mis piiravad kaartide genereerimisel tulemuste interpoleerimist arvutatud pikslite vahele. Esimene ja viimane määravad ka kaardi arvutatava osa.

Funktsioontunnuse eelklassifikaatori kasutamisel otsitakse iga vaatluse puhul sarnaseid näidiseid vaid samasse eelklassi kuuluvate näidiste hulgast. Funktsioontunnuse eelklassifikaatorit saab kasutada tehisoõppes ja hinnangute arvutamisel. Funktsioontunnuse eelklassifikaator on üks argumenttunnustest, mille number on tabelis *FTUNNUSED*, eelklassifikaatorit ei pea muul moel teistest tunnustest eristama.

Kaardi- või pildimustri indeksite arvutamisel kasutatavad eraldised on määratletud andmekihiga, mille number on tabelis *ATUNNUSED*. Eraldistekihti tunnuseks ei teisendata. Eraldiste kasutamisel arvutatakse mustriindeksid vaid pikslitest, mis on eraldistekihis sama numbriga ning indeksi arvutamise raadiuse ulatuses. Mustriindekseid ei pea õpetusandmetele ja hinnanguliste kaartide genereerimisel tingimata sama raadiuse ja sama eraldistekihiga arvutama. Näiteks arvutati Otepää looduspargi taimkatte kaardistamise projekti jaoks kirjeldatud kohtade pildimustri indeksid iga kirjelduse puhul selle kehtivuse ulatust tähistava eraldise piires, kaardi genereerimisel kasutati eraldistekihina aga uusima põhikaardi põhialasid.

7.3.3. Pildi- või kaardimustrit kirjeldavad indeksid Pidevstuudiumis

Pidevstuudium suudab seisuga veebruar 2006 arvutada 30 erinevat indeksit (tabel 7.1). Kõik indeksid arvutatakse ümarast kernelist, mille raadius meetrites loetakse tabelist *ATUNNUSED*. Indeksid kaugus etteantud klassist ja kaugus klassipiirist väljastatakse arvutuse aluseks oleva andmekihi pikslites. Indeksite loetelu ja arvutamise viis on alljärgnev.

Antud klassi sagedus — kasutaja poolt valitud koodi protsentuaalne osa kernelis.

Mood — kõige sagedasem piksliklass kernelis.

Shannoni mitmekesisus — klasside mitmekesisus valemi $H = -10 \cdot \sum p_i \cdot \log_2 p_i$ järgi, kus p_i — klassi i osakaal kernelis.

Lloydi ühetaolisus — arvutatud: $10 \cdot H / \lg(s)$, kus H — Shannoni mitmekesisus, s — klasside arv kernelis.

Dominants — arvutatud: $100 \cdot \sum p_i^2$.

Klasside arv — erinevate klasside arv kernelis.

Klassikülgnestuste osa — sama klassi pikslite külgnestuste protsent kõigist pikslikülgnestustest. Võrdub 100%, kui kõik pikslid kernelis kuuluvad samasse klassi.

Laikude suund — 0 tähistab vertikaalseid ühe piksli laiuseid ribasid, 90 tähistab horisontaalseid ühe piksli laiuseid ribasid. Laigupiiride puudumisel kirjutatakse faili kood 255.

Klassivastavuste lähedus — sama klassi pikslite keskkoha vahemaade pöördväärtuste summa suhe kõigi pikslipaaride vahemaade pöördväärtuste summasse protsentides.

Erinevat klassi vaatluspaaride osa — erinevat klassi pikslipaaride osa protsentides kõigi kernelis olevate pikslite kõigi paaride suhtes.

Kaugusega kaalutud mood — kauguse pöördväärtusega kaalutud mood. See piksliväärtus, mille puhul seda klassi pikslite kerneli keskmest kauguste pöördväärtuste summa on suurim. Kerneli keskmest olev piksel arvesse ei lähe.

Klassipiiri kaugus — lähima klassipiiri kaugus kerneli keskmest sisendfaili pikslites.

Kaugus etteantud klassi piirist — lähima etteantud klassi kuuluva piksli kaugus kerneli keskmest sisendfaili pikslites.

Üle keskmise väärtuste osa — üle keskmise väärtusega pikslite osakaal protsentides. Näitab piksliväärtuste jaotuse asümmeetriat.

Keskmine — aritmeetiline keskmine kernelis või valimis olevatest piksliväärtustest.

Standardhälve — ruutjuur piksliväärtuste dispersioonist lokaalse keskmise suhtes.

Mediaan — piksliväärtus, millest mõlemal pool on võrdne arv piksleid.

Morani I 8st naaberpikslid — 8 naaberpiksli Morani I väljendatuna protsentides. 0 tähistab maksimaalset võimalikku negatiivset ruumilist autokorrelatsiooni, 100 tähendab ruumilise autokorrelatsiooni puudumist ja 200 — maksimaalset võimalikku positiivset ruumilist autokorrelatsiooni (sarnased piksliväärtused külgnestavad).

Kaugusega kaalutud Morani I — kauguse pöördväärtustega kaalutud Morani I . Skaala sama, mis eelmisel statistikul.

Naaberpikslite erinevus — keskmine erinevus esimese astme naaberpikslite vahel.

Variatsioonikoefitsient — standardhälbe ja keskmise suhe protsentides.

Gradiendi suund — lineaarse trendpinna kalde suund kernelis. 255 tähistab gradiendi puudumist, 50 tähistab suurenevaid väärtusi y-telje suunas, 150 — kahanevaid väärtusi y-telje suunas, 100 — suurenevaid väärtusi x-telje suunas, 0 ja 200 — kahanevaid väärtusi x-telje suunas.

Serva ja keskosa erinevus — poolraadiuse sees olevate pikslite keskvaartuse ja poolraadiuse ja täisraadiuse vahel olevate pikslite keskvaartuse vahe. Salvestamisel liidetakse erinevusele konstant 100 ja väärtused alla 0 ja üle 255 kärbitakse mainitud piirväärtusteks. Seega on indeks vahemikus 0...255 ning väärtus 100 tähistab keskkoha ja serva erinevuse puudumist.

Miinum — väiksem väärtus etteantud raadiuses ja valimis.

Maksimum — suurim väärtus etteantud raadiuses ja valimis.

Ekstsessitegur — järgmise valemi järgi: $E = 10 \cdot \left(\frac{1}{n} \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^4 - 1 \right)$, kus x_i – piksli

väärtus, \bar{x} – piksliväärtuste keskmine, n – pikslite arv kernelis ja σ – piksliväärtuste standardhälve. Annab suuremad väärtused erineva heledusega alade kokkupuutekohtadesse.

Üleminekute sujuvus — naabruse homogeensus järgmise valemi järgi:

$S = 100 \cdot \frac{\sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (x_i - x_j)^2}}{n}$, kus x_i ja x_j – nii horisontaal-, vertikaal- kui ka diagonaalsuunas

külgnivate pikslite väärtused ja n – pikslite arv kernelis.

Erinevus keskmisest — kerneli keskmis oleva piksli väärtuse ja kõigi kernelis olevate pikslite väärtuste aritmeetilise keskmise erinevus.

Gradiendi tugevus — lineaarse trendpinna kaldenurk kernelis. Arvutamisel korrutatakse piksliväärtuste erinevus kernelis olevate pikslite keskväärtusest ja pikslite kaugus gradiendi suunal. Gradiendi tugevus esitatakse arvude vahemikus 0...200. 0 tähistab gradiendi puudumist, et väärtustega kaalutud pikslikauguste summa gradiendil võrdub kaalumata pikslikauguste summaga gradiendil. Väärtus 100 tähendab, et piksliväärtuste lineaarse gradiendi tõus ühe piksli kaugusel võrdub ühega.

Kauguse pöördväärtusega kaalutud keskmine — kaugust arvestatakse kerneli keskmest, keskmine võetakse piksliväärtustest.

Tabel 7.1. Pildi- või kaardimustrit kirjeldavad indeksid programmis *Pidevstuumium*. Kui nomkiht = *jah*, siis töödeldakse andmekihis olevaid arve nominaalse tunnuse klassikoodidena, kui nomkiht = *ei*, siis töödeldakse andmekihti arvudena, kui nomind = *jah*, siis on arvutatud indeks nominaalne, kui nomind = *ei*, siis on arvutatud indeks arvuline.

Nr	Nimi	nomkiht	nomind
1	antud klassi sagedus	<i>jah</i>	<i>ei</i>
2	mood	<i>jah</i>	<i>jah</i>
3	Shannon	<i>jah</i>	<i>ei</i>
4	Lloyd	<i>jah</i>	<i>ei</i>
5	dominants	<i>jah</i>	<i>ei</i>
6	klasside arv	<i>jah</i>	<i>ei</i>
7	klassikülgnvuste osa	<i>jah</i>	<i>ei</i>
8	laikude suund	<i>jah</i>	<i>ei</i>
9	klassivastavuste lähedus	<i>jah</i>	<i>ei</i>
10	eri klassi vaatluspaaride osa	<i>jah</i>	<i>ei</i>
11	kaugusega kaalutud mood	<i>jah</i>	<i>jah</i>
12	klassipiiri kaugus	<i>jah</i>	<i>ei</i>
13	kaugus etteantud klassi piirist	<i>jah</i>	<i>ei</i>
101	üle keskmise väärtuste osa	<i>ei</i>	<i>ei</i>
102	keskmine	<i>ei</i>	<i>ei</i>
103	standardhälve	<i>ei</i>	<i>ei</i>
104	mediaan	<i>ei</i>	<i>ei</i>
105	Morani I 8st naaberpikslist	<i>ei</i>	<i>ei</i>
106	kaugusega kaalutud Morani I	<i>ei</i>	<i>ei</i>
107	naaberpikslite erinevus	<i>ei</i>	<i>ei</i>
108	variatsioonikoefitsient	<i>ei</i>	<i>ei</i>
109	gradiendi suund	<i>ei</i>	<i>ei</i>
110	serva ja keskosa erinevus	<i>ei</i>	<i>ei</i>
111	miinimum	<i>ei</i>	<i>ei</i>
112	maksimum	<i>ei</i>	<i>ei</i>
113	ekstsessitegur	<i>ei</i>	<i>ei</i>
114	üleminekute sujuvus	<i>ei</i>	<i>ei</i>
115	erinevus keskmisest	<i>ei</i>	<i>ei</i>
116	gradiendi tugevus	<i>ei</i>	<i>ei</i>
117	kauguse pöördväärtusega kaalutud keskmine	<i>ei</i>	<i>ei</i>

7.4. Tehisõpe

Tehisõppe osa on *Pidevstuumiumi* algmenüüs tähistatud kollasega (joonis 7.1). Tehisõppe programmiga *Pidevstuumium* on võimalikult hästi vaatlusandmetele vastavaid hinnanguid andvate näidiste ja tunnuste kaalude iteratiivne otsimine.

7.4.1. Tehisõppe protseduur

Enne tehisõpet peab olema otsustatud, milliseid funktsioontunnuseid üritatakse hinnata, milliseid seletavaid tunnuseid kaalumiseks pakutakse, millised on õpetusvaatlused. Õpetus-

vaatluste seletavad tunnused peavad olema enne tehisõpet õpetusandmete tabelisse valmis arvutatud. Seletavate tunnuste indikaatorväärtusi võib enne tehisõpet mingil muul viisil hinnata ja lülitada tehisõppesse vaid kõrgema indikaatorväärtusega tunnused.

Uue funktsioontunnuse tehisõppeks tuleb teha järgmised ettevalmistused: lisada unikaalse *FID*-koodiga rida tabelisse *FTUNNUSED*, veerud *F<FID>* ja *AF<FID>* tabelisse *ATUNNUSED*, logitabel nimega *LOGI_F<FID>*; tulemuste tabelisse tuleb lisada neli veergu: prognoositud väärtuste, näidistega sarnasuse, vaatluste kaalu ja aktuaalsuse salvestamiseks; tekitada päring, mis esitab tulemuste tabeli eelmainitud veerud tunnustena nimedega *progn*, *prob*, *w*, *aktuaalsus*, funktsioontunnuse väärtuse tunnuseks *F* ning argumenttunnuste väärtused. Tabelisse *FTUNNUSED* tuleb kasutatava funktsioontunnuse reale kanda vaatlusvektorite tabeli või päringu nimi, funktsioontunnuse tüüp, otsitava sarnasuse kriitilise hulga algväärtus, vaatluste valimite soovitatav maht, tunnuste valimi soovitatav maht, lähestikku paiknevate vaatluste sarnasuse vähendamise nullkaugus ja eelklassifikaatori kasutusamisel eelklassi andmekihi number.

Tabeli *ATUNNUSED* väli *AF* võib enne tehisõpet tühi olla. Logitabel ei tohi täiesti tühi olla, seal peab olema vähemalt üks kirje ID-numbriga 0. Tulemuste tabeli veerud *progn*, *prob*, *w* ja *aktuaalsus* võivad enne tehisõpet tühjad olla. Tühja aktuaalsusvälja puhul loetakse aktuaalsuse algväärtuseks 100 ühikut. Logifailis ei pruugi olla nende argumenttunnuste välju, mida selle funktsioontunnuse puhul ei kasutata.

7.4.2. Tehisõppe protseduur

Kui tehisõppeks vajalikud andmebaasiobjektid on loodud ja parameetrid sisestatud, saab *Pidevstuumiumi* algmenüüst tehisõppe käivitada. Põhilised *Pidevstuumiumis* võimalikud tehisõppe variandid on alltoodud. See, millist varianti programm kasutab, oleneb tehisõppeks tehtud ettevalmistustest ning tehisõppe käigus parameetrites läbi viidud muudatustest.

Ühekordne tehisõpe. Kõiki tunnuseid ja vaatluseid kasutatakse korraga. Sobib, kui vaatluseid on alla 1000 ja tunnuseid alla 30. Kui vaatlusi on üle paari tuhande ja tunnuseid üle paarikümne, siis võib arvutusaega kuluda üle nädala.

Ühe- või mitmekordne tehisõppe etteantud tunnustega. Kasutatavad tunnused peavad olema valitud tabelis *ATUNNUSED* ja tunnuste arv valimis tabeli *FTUNNUSED* järgi peab olema vähemalt sama suur kui valitud tunnuste arv.

Pidevõpe korduvate juhuvalimitega tunnustest ja vaatlustest. Iga tunnuse ja vaatluse puhul säilitatakse aktuaalsuskood, mis muutub vastavalt tunnuse/vaatluse kasulikkusele/mittevajalikkusele valimites. Tunnuse/vaatluse edasise juhuvalimisse sattumise tõenäosus on proportsionaalne aktuaalsuskoodiga. Sobib, kui vaatluseid on üle paarisaja ja tunnuseid üle paarikümne.

Pidevõpe juhuvalimitega tunnustest. Mingist kriitilisest piirist allapoole langenud aktuaalsusega tunnused saab kasutaja eemaldada ja käivitada seejärel ühekordse tehisõppe kõigi allesjäänud tunnustega ja kõigi vaatlustega. Sobib, kui vaatluseid on alla 1000 ja tunnuseid üle paarikümne.

Pidevõpe juhuvalimitega vaatlustest. Kasutaja nullib mingist kriitilisest piirist allapoole langenud aktuaalsusega vaatluste aktuaalsuskoodid ja käivitab seejärel tehisõppe

kõigi tunnuste ja vaatlustega. Sobib, kui vaatluseid on üle paarisaja ja tunnuseid alla paarikümne.

Pidevõpe paarisaja vaatluseliste juhuvalimitega ja ilma vaatluste kaalumiseteta, mille käigus selguvad suhteliselt kiiresti suurema aktuaalsusega tunnused. Seejärel lülitab kasutaja ülejäänud tunnused välja, välja arvatud 10...20 kõrgema aktuaalsusega tunnust, misjärel toimub parima lahenduse otsimine kõigi valitud tunnustega ja suure vaatluste hulgaga.

Multinomiinalse prognoositava tunnuse puhul on täiendavalt võimalik kõigi prognoositavate klasside õpetamine korruga (ftyyp = 0) või iga prognoositava klassi pidevõpe eraldi (ftyyp = 4). Esimesel juhul kasutatakse kõigi klasside äratundmiseks samu tunnuseid, teisel juhul võidakse iga klassi puhul valida erinev komplekt seletavaid tunnuseid.

Kui pidevõppe esialgsed tulemused ei rahulda, võib hinnangute täpsust tõsta tunnuste muutmise, näiteks halvastieristuvate klasside ühendamine ja seejärel ühendatud klassi uus õpe, või siis uute seletavate tunnuste kasutuselevõtt. Ka õpetusandmed tasub kriitiliselt üle vaadata. Juhuslikud vead vaatlustes, defektid andmekihtides ning õpetusandmetesse sattunud ebatüüpilised vaatlused võivad muuta nähtused raskestituvastavateks.

7.4.3. Tehisõppe osad

7.4.3.1. Tunnuste valik ja kaalumise

Pidevstuumiumi tehisõpe valib kõigepealt tunnuseid. Esmalt proovitakse igat tunnust ükshaaval kasutatavate tunnuste hulka lisada. Üksiktunnustest valitakse see, mille kasutamisel saadakse parim vastavus hinnangute ja õpetusandmetes oleva tulemuse vahel. Järgmises korduses proovitakse esimesena valitud tunnusele ükshaaval ülejäänud tunnuseid lisada. Tunnuste ükshaaval lisamine lõpeb, kui kõik tunnused on lisatud. Iga iteratsiooni lõpus arvutatakse hinnangute vastavus õpetusandmetele.

Iga järgmine tunnus lisatakse väiksema kaaluga, lisatava tunnuse kaal arvutatakse järgmise valemi järgi:

$$\text{tunnusekaal}(p) = 1 - (\text{tunnuse astak} - 1) / (\text{kasutatavate tunnuste arv} + 1),$$

kus tunnuse astak on tunnuse kasutuselevõtu järjekorranumber, kasutatavate tunnuste arv on tunnustevalimi maht, p on tunnuse indeks.

Varem tunnuste komplekti liidetud tunnuste kaale jagatakse iga tunnuse lisamise järel tunnuste keskmise kaaluga, mille tulemusel võrdub prognoosivas komplektis olevate tunnuste kaalude keskväärtsus alati ühega. Kaalumisele läheb see tunnuste komplekt, mis tunnuste valiku staadiumis andis kõige täpsemaid hinnanguid. Enamasti ei ole parimas tunnuste komplektis kõiki tunnustevalimi tunnuseid, sest mõned tunnused ei seostu prognoositava nähtusega ning mõned tunnused on omavahel niivõrd kovarieeruvad, et mitmest lähedasest tunnusest valib tehisõpe vaid ühe.

Tunnuste lisamise etapile järgneb uus tunnuste kaalumise, mille jooksul proovitakse korduvalt ükshaaval iga tunnuse kaalu muutmise mõju hinnangutäpsusele, mis arvutatakse valemi

$$\text{muudetudkaal}(p) = \text{tunnusekaal}(p) - 0.5 + \text{Rnd}()$$

järgi, kus $\text{Rnd}()$ on juhuarv vahemikus 0...1.

Lisaks tunnuste kaalude muutmisele kontrollitakse ka otsitava sarnasusehulga muutmise mõju hinnangutäpsusele. Sarnasusehulka muudetakse valemi

$$\text{muudetudsarnasusehulk} = \text{sarnasusehulk} - 1 + 2 \cdot \text{Rnd}()$$

järgi.

Järgmises korduses jätkatakse selle muudetud kaalude ja sarnasusehulga komplektiga, mis andis parima hinnangute vastavuse. Korduste arvu saab kasutaja sisestada avamenüü aknast *Tunnuste kaalumisi*. Tunnuste kaalumise järel jääb kasutusse see kaalude komplekt, mis andis parima vastavuse.

7.4.3.2. Näidiste valik ja kaalumine

Näidiste valiku eel arvutatakse vastavus kõikide vaatluste kasutamisel näidistena. Seejärel eemaldatakse näidiste hulgast viimane vaatlus ja arvutatakse vastavus uuesti. Kui vastavus ei halvenenud, siis jääbki see vaatlus eemaldatuks, kui hinnangud muutusid vähemtäpseks, jääb vaatlus näidiseks. Näidiste valikul siirdatakse suurema ID-koodiga vaatluse juurest väiksema koodiga näidise poole. Näidiste eemaldamine tagantpoolt ettepoole tulevas järgnevuses toetab näidistekomplekti konservatiivsust — ühesuguste vaatluste puhul jääb näidiseks väiksema ID-koodiga vaatlus. Vaatlust ei eemaldata, kui see on viimane oma eelklassi esindaja või kui nominaalse prognoositava klassi esindajaid on näidiste hulka jäänud vähem kui 2 + sarnasusehulga täisarvuline osa.

Vaatluste kaalumist ja selle põhjalikkust saab täisarvuna määrata algmenüü lahtrist *Vaatluste kaalumisi*. Kui vaatluste kaalumiseks kirjutada 0, siis piirdub programm vaid näidiste valimisega — kõik valitud näidised on võrdse ühikulise kaaluga. Nullist suurema arvu kaalumiste korral järgneb näidiste valiku etapile vaatluste kaalumine. Kaalumine toimub samuti ID-numbrite alanevas suunas. Kaalumises osalevad kõik valimisse sattunud vaatlused, ka need, mis said eelmises voorus nullkaalu. Näidiste kaalumisel võrreldakse vaatluse eemaldamise või mitte-eemaldamise otsuse asemel kolme varianti: näidise kaalu suurendamine kaalumuutuse võrra, kaalu samaks jätmine, kaalu vähendamine kaalumuutuse võrra. Kaalumuutus on esimeses kaalumiste voorus 0.5, igas järgmises voorus kaks korda väiksem. Seega kontrollitakse kolmandas voorus, kuidas mõjub hinnangute täpsusele näidiste kaalude muutmine 0.125 võrra. Üle kolme kaalumistevooru ei ole reeglina mõtet kasutada.

7.4.2.3. Aktuaalsused ehk unustamine

Iga tehisõppes kasutatava tunnuse puhul on kohustuslik aktuaalsuste väli tabelis *ATUNNUSED* ja vaatluste puhul aktuaalsuste väli vaatlusvektori päringus, mille nimi on tabelis *FTUNNUSED* (vt ptk 6). Tunnuste ja vaatluste aktuaalsuste algväärtuseks loetakse 100. Valimisse sattunud ja prognoosivas komplektis vajalikuks osutunud tunnuste ja vaatluste aktuaalsus suureneb tehisõppe voorudes vastavalt nende kaalule. Valimisse sattunud, aga prognoosiks mittevajalike vaatluste ja tunnuste aktuaalsus väheneb. Aeg-ajalt, keskmiselt kümne õppevooru järel, normeeritakse tunnuste ja vaatluste aktuaalsusi nii, et parajasti kasutuses olevate tunnuste ja vaatluste keskmine aktuaalsus võrduks 100 ühikuga. Aktuaalsuse maksimaalväärtus on 200, minimaalväärtus = 1, mis tähendab, et ükski tunnus ega vaatlus ei vaju aktuaalsuste muutumisega täielikult unustusse – tema valimisse sattumine ning kasutuselevõttu tehisõppe käigus ei välistata. Tunnuseid saab kasutusest eemaldada vastava valikuvälja väljalülitamisega tabelis *ATUNNUSED*, vaatluste eemaldamiseks tuleb vaatluste päringut muuta.

Aktuaalsuskoodide kasutatakse tunnuste ja vaatluste valimite moodustamisel. Aktuaalsuskoodide muutumise kiirus sõltub nn kergeusklikkuse kordajast, mille väärtust saab seada *Pidevstuumiumi* algmenüü kergeusklikkuse-umbusklikkuse taseme reguleerimise nuppudest (joonis 7.1). Kergeusklikkuse kordaja on täisarv vahemikus 1...6. Nihuti jaotused vastavad kordaja väärtustele. Kui tehisõppe on reguleeritud kergeusklikuks, siis muutuvad aktuaalsuskoodid igas õppevoorus suuremate väärtuste võrra — aktuaalseimate vaatluste ja tunnuste

komplekt ning unustuse äärele vajunud tunnused ja vaatlused eristatakse vähema arvu õppevoorude alusel.

Kui vaatlus on tehisõppe voo ru lõpuks näidiseks valitud, siis selle aktuaalsus suureneb vaatluse kaalu ja kergeusklikkuse korrutise võrra. Kui vaatlus on õpetusvalimis, aga osutus näidiseks mittevalimiseks, siis selle kaalu vähendatakse näidiste kaalude summa ja mittedistantside arvu suhte võrra. See tähendab, et mida suurem on kergeusklikkus, seda suuremad on aktuaalsuste muutused iga õpetusvoo ru järel. Tänu sellele on vaatluste kaalude suurenemine ja vähenemine ligikaudu tasakaalus. Muudetud aktuaalsuskoodid kirjutatakse andmebaasi.

Tunnuste aktuaalsuse muutmine toimub analoogiliselt vaatluste aktuaalsuste muutmisele. Arvutuslikult on protsess veidi lihtsam tänu sellele, et kasutatavate tunnuste kaalude keskmine hoitakse kogu aeg võrdne ühega ehk kaalude summa võrdub tunnuste arvuga.

7.4.2.4. Valimite moodustamine

Kui kaheväärtuselise tunnuse esinemisjuhte on kogu õpetusandmestikus alla poole valimi mahust, siis võetakse kõik need valimisse. Kui puudumisjuhte on alla poole, siis liidetakse valimisse kõik puudumisjuhud. Ülejäänud vaatlused valitakse valimisse juhul, kui nende aktuaalsuskood on suurem kui

$$\text{vaatluste aktuaalsuse summa} / \text{soovitud valimimaht} \cdot \text{Rnd}(),$$

kus $\text{Rnd}()$ on juhuarv vahemikus 0...1. Kui tabelisse *FTUNNUSED* märgitud valimi maht on suurem või võrdne vaatluste arvuga, siis lähevad kõik vaatlused valimisse.

Tunnuste valik valimisse toimub samuti juhuslike arvude abil ja valimisse sattumise tõenäosus on proportsionaalne tunnuse aktuaalsusega.

7.4.2.5. Sarnasuse arvutus

Vaatlustevahelise sarnasuse arvutamise eel kontrollitakse esmalt, kas vaatluste ajalise kehtivuse piirid kattuvad (vt ka ptk 6.3.3). Seejärel hakatakse arvutama vaatlustevahelist sarnasust iga tunnuse osas ehk osasarnasust ehk partsiaalsarnasust. Kõigepealt kontrollitakse, kas kasutatava tunnuse ajalise kehtivuse piirid kattuvad mõlema vaatlustega vähemalt osaliselt. Kui kehtivuse piirid ei kattu, siis järeldatakse, et mittekattuvate kehtivuspiiridega vaatluste vahel või tunnuse, mille kehtivusaeg ei kattu vaatluste omaga, osas ei ole võimalik sarnasust leida.

Vaatlustevahelise osasarnasuse arvutamise reegel sõltub sellest, kas argumenttunnus on nominaalne või arvuline. Nominaalse tunnuse klasside kokkulangevuse puhul võrdub osasarnasus ühega. Kui kategooriad on erinevad ja tunnuse puhul klassidevahelisi sarnasusi ei arvestata, siis võrdub osasarnasus nulliga. Kui tunnuse puhul kasutatakse omasarnasusi ehk kategooriate omavahelisi sarnasusi, siis võrdub osasarnasus omasarnasuste tabelist loetava kategooriatevahelise sarnasusega.

Vaatluse ja näidise vahelise sarnasuse arvutus toimub erinevuse arvutuse kaudu. Erinevus arvmutajate osas arvutatakse järgmise valemi järgi:

$$D(T_p, E_p) = \frac{|T_p - E_p|}{V_{p,precl} \cdot w_E \cdot w_p},$$

kus:

p — tunnuse indeks,

$D(T_p, E_p)$ — standardiseeritud erinevus väärtuste T_p ja E_p vahel,

E — näidis,

T — vaatlus,

$V_{p,precl}$ — tunnuse p väärtuste normaliseerija eelklassis *precl*,

w_E — näidise E kaal,
 w_p — tunnuse p kaal.

Normaliseeriv faktor V võrdub tunnuse p kahekordse standardhälbega üle kõigi eelklassis *precl* olevate õpetusvaatluste. Kui eelklassifikaatorit ei kasutata, siis arvutatakse standardhälve kõigist õpetusvaatlustest. Nimetajas olevad kaalud reguleerivad siinkohal samaväärse erinevuse ulatust piki tunnuse väärtustelge. Suurema kaaluga tunnuse ja näidise puhul saadud suuremad erinevused on samaväärsed vähem kaaluka tunnuse ja näidise puhul saadud väiksema erinevusega. Vaatluse eelklassi 255 puhul kasutatakse kõigi eelklasside näidiseid.

Kui saadud erinevus on suurem kui üks, loetakse osasarnasuseks 0, muul juhul saadakse osasarnasus erinevuse lahutamisel ühest. Osasarnasustest arvutatakse kaalutud keskmine kogusarnasus, kusjuures kaaludeks on näidise ja tunnuse kaalu korrutis, nagu eeltoodud valemiski. Nullkaaluga tunnuseid, ajaliste kasutuspiiride sobimatuse tõttu või muul põhjusel puuduvaid või määramatuskoodiga tunnuseid osasarnasuste kaalutud keskmise arvutamisel ei arvestata. Kui näiteks ühe võrreldava vaatluse kohas mullakaart puudub, siis mullatunnused vaatlustevahelist kogusarnasust ei mõjuta.

7.4.2.6. Otsuste langetamine

Pidevstudium langetab otsuseid sarnasuse alusel. Kui hinnangu andmiseks kasutatakse vaid ühte kõige sarnasemat näidist, saab hinnanguks selle näidise funktsioontunnuse väärtus. Enamasti on otsuse aluseks aga suurem arv näidiseid. Kasutatavate näidiste arvu piirab otsuseks vajalik summaarse sarnasuse hulk, mille algväärtus loetakse tehisõppe alguses tabelist *FTUNNUSED* ja mida *Pidevstudium* seejärel sobitab andmetele koos tunnusekaalude õppega. Programm otsib kõige sarnasemaid näidiseid senikaua, kuni otsuseks vajalik sarnasuse hulk on saavutatud või kuni leidub üle nulli sarnasusega näidiseid.

Pideva funktsioontunnuse väärtus leitakse otsuse aluseks olnud näidiste funktsioontunnuste väärtuste sarnasusega kaalutud keskmisena, nominaalse funktsioontunnuse prognoositud klassiks saab kategooria, mille puhul kasutatud näidiste sarnasuste summa on suurim. Multinominaalse tunnuse klasside eraldi õppes käsitletakse tunnust kaheväärtuselisena: kas vaatlus kuulub antud klassi või kuulub mõnda teise klassi. Eelklassifikaatori kasutamisel otsitakse näidiseid vaid vaatluse eelklassi piires.

Pidevstudiumi tehisõppe osa salvestab koos hinnangutega ka sarnasustaseme otsuse langetamisel. See arvutatakse numbrilise funktsioontunnuse puhul nende näidiste, mida hinnangu andmisel kasutati, sarnasuste aritmeetilise keskmisena, kaheväärtuselise funktsioontunnuse puhul keskmise sarnasusena suurema koodi näidistega, multinominaalse funktsioontunnuse kategooriate eraldi õpetamisel keskmise sarnasusena antud koodi näidistega. Multinominaalse tunnuse puhul näitab sarnasustase prognoositud kategooria näidiste summaarse sarnasuse suhet kõigi hinnangu arvutamisel kasutatud näidiste summaarsesse sarnasusse. Kaheväärtuselise tunnuse puhul eeldatakse, et nähtuse esinemine on tähistatud suurema numbrilise koodiga kui nähtuse puudumine; soovitatav on kodeerida esinemisjuhud number ühega ja puudumisjuhud nulliga.

7.4.2.7. Hinnangute vastavus

Pidevstudium hindab hinnangute ja vaatluste vastavust tehisõppel (vastavus õpetusandmetes ehk õpetusvastavus ehk treeningvastavus) jäta-üks-välja riskkontrolli meetodil (*LOOC* — *leave-one-out cross validation*). Selle puhul hinnatakse iga õpetusvaatluse puhul funktsioontunnuse väärtus kõigi teiste valimis olevate vaatluste järgi. Parima kaalude-

komplekti, mille logitabeli kood on tabelis *FTUNNUSED*, abil kõigile näidistebaasis olevatele vaatlustele arvutatud hinnangute vastavust nimetatakse kontrollvastavuseks.

Vaatluste ja hinnangute vahelist vastavust mõõdab *Pidevstuumium* multinominaalse tunnuse puhul kapa kordajaga.

Binominaalse ehk kaheväärtuselise tunnuse hinnangute vastavuse aluseks, erinevalt multinominaalsest tunnusest, ei ole kategooriate kokkulangevuste sagedused, vaid sarnasuste hulgad. Kaheväärtuselise tunnuse puhul võrdub täpsushinnang: õigestihinnatud sarnasus ühe kategooriaga pluss õigestihinnatud sarnasus teise kategooriaga miinus üks. Saadav koondhinne (k) on muutumisvahemikult korrelatsioonikordaja ja kapa kordaja taoline muutuja, mis $= -1$, kui kõik vaatlused hinnatakse valesti; $k = 0$, kui pooled ühe kategooria vaatlustest (näiteks liigi esinemiskohad) ja pooled teise kategooria vaatlustest (näiteks liigi puudumiskohad) on ära tuntud või kui kõik hinnangud on ühte ja samasse väärtusklassi pakutud; $k = 1$, kui kõik vaatlused on õigesti prognoositud.

Mitmemõõtmelise numbrilise funktsioontunnuse puhul mõõdetakse hinnangute vastavust osatunnuste kokkulangeva osa kaudu. Ühemõõtmelist numbrilist funktsioontunnust käsitletakse *Pidevstuumiumis* pideva reaalarvulise muutujana. Selle hinnangute täpsust iseloomustatakse valimi ruutkeskmise hälbe kaudu, kus vaatluste arvust on lahutatud prognoosis kasutatud tunnuste arv.

7.4.2.8. Tehisõppe tulemuste salvestumine

Tehisõppe voorudes leitud tunnuste kaalud ja otsuse langetamiseks otsitava sarnasuse hulgad salvestuvad andmebaasi logitabelitesse. Ftyyp = 4 korral salvestub logitabeli väljale *etn* uuritava klassi näidiste arv, mitte kõigi näidiste arv nagu ülejäänud tunnusetüüpide puhul. Logitabeli väljale *kuup* salvestub tulemuste salvestamise aeg ja väljale *tvastavus* õppevoorus saavutatud vastavus õpetusvaatluste valimis (treeningvastavus). Väljale *kvastavus* salvestatakse leitud kaaludekomplektiga arvutatud kontrollvastavus. Kontrollvastavust arvutab *Pidevstuumium* vaid nende tehisõppe voorude järel, milles leitud trainingvastavus oli parem kui seni parimana tähistatud kontrollvastavus.

Tunnuste aktuaalsused salvestuvad andmebaasi tabelisse *ATUNNUSED*. Vaatluste aktuaalsused, seni parima kaalude komplekti abil prognoositud väärtused, vaatluste kaalud näidistena seni parimas komplektis ja sarnasustase otsuse langetamisel salvestuvad tabelis *FTUNNUSED* näidatud andmebaasiobjekti (tabelisse või päringusse).

Tabeli *FTUNNUSED* väljale *LogiID* salvestab *Pidevstuumium* seni parima vastavuse andnud tunnusekaalude komplekti kirje numbrilise logitabelis. Seda välja ning samuti vaatluste kaale, prognoositud väärtusi ja sarnasustaset otsuse langetamisel muudetakse vaid siis, kui õppevoorus leiti paremat vastavust andev kaalude komplekt, kui see komplekt, mille number oli enne õppevooru algust väljal *LogiID*. Oluline on aga tähele panna, et nii tunnuste kui ka vaatluste aktuaalsusi muudetakse iga õppevooru lõpus ning logitabelisse kirjutatakse õppevooru lõpus tunnuste kaalud ka siis, kui prognoos ei olnud parim.

7.5. Teadmiste kontroll

Teadmiste kontrolli osa on *Pidevstuumiumi* algmenüüs tähistatud roosaga (joonis 7.1). Selles osas on kaks valikunappu: kontrolltäpsuse arvutus ja näidiste uuestivalimine. Kontrollvastavuse arvutamisel ja uute näidiste valikul ei tohi logifaili parima komplekti real tunnuste kaalude väärtusteks tühikud olla.

7.5.1. Kontrolltäpsuse arvutus

Pidevstuumiumi algmenüüs olevat kontrolltäpsuse arvutuse valikut on mõtet kasutada juhul, kui õpetusandmestik või näidiste ja tunnuste komplekt on tehisõppe käigus muutunud või on kasutaja ise neid muutnud (vaatlusi on lisatud või eemaldatud, muudetud on tunnuste komplekti või kaale). Kui tehisõppel kasutatakse arvuti mälus olevaid ja õppe käigus optimeeritavaid näidiste kaale, siis kontrolltäpsuse arvutamisel loetakse näidiste kaalud tehisõppe andmebaasist.

Multinomiinalse tunnuse kategooriate eraldi õpetamisel (fityyp = 4) tehisõppe voorudes saadud kontrollvastavus erineb kontrolltäpsuse eraldiarvutuse tulemusest. Iga klassi eraldi tehisõppe puhul valitakse selle klassi optimaalseks eristamiseks vajalikud sama klassi näidised ja kõiki ülejäänud klasse esindav ühtne näidiste komplekt. Nii iga klassi puhul. Seni parimaid tulemusi andnud tehisõppevoorude järel salvestatakse vaid parajasti õpitava klassi näidiste kaalud, teiste klasside näidiste kaale ei salvestata. Teisi klasse jäävad esindama nende teiste klasside eraldiõpetamisel leitud parimad näidised, mis sobisid nende teiste klasside jaoks valitud eristamistunnustega kasutamiseks. Kontrollvastavus arvutatakse fityyp = 4 puhul nominaalse funktsioontunnuse igale kategooriale eraldi. Selle juures kasutatakse kõiki vaatlusi aga vaid antud kategooria jaoks optimeeritud tunnustega. Ülejäänud klasse esindavad vaid nende klasside seni parimast õppevoorust pärinevad näidised, mis ei pruugi sobida antud klassi äratundmiseks valitud tunnustega. Üldjuhul on sarnasusele tuginevates hinnangutes näidiste komplekt ja tunnuste komplekt omavahel seotud. Tunnuste ja näidiste ümberkombineerimine mõjub täpsushinnangutele ettearvamatult. Multinomiinalse tunnuse klasside õpe iga klassi puhul erinevate tunnustega vajab täiendavat uurimist ja katsetamist.

7.5.2. Näidiste uuestivalik

Näidiste uuestivalimine ja kaalumine võib aidata leida paremat prognoosikomplekti juhul, kui seni parim hinnangute vastavus on saadud mitte kõigist andmebaasis olevaist vaatlustest, vaid vaatluste valimist (s.t treeningvastavus on suurem kui kontrollvastavus). Näidiste uuestivaliku puhul eelistatakse suurema aktuaalsuskoodiga vaatlusi. Näidiste valiku ajal jälgitakse, et eelklasse jääks esindama vähemalt üks näidis ja et nominaalse tunnuse kategooriaid jääks võimaluse korral esindama otsuseks otsitavast summaarsest sarnasusest suurem arv näidiseid.

Lisaks sellele, et näidiste uuestivalik ei pruugi anda sama head näidiste komplekti, kui on tehisõppel leitud seni parim näidiste komplekt, võib protsess osutada liigselt ajakulukaks. Näidiste uuestivalik toimub kümnekonna minuti jooksul, kui vaatluste hulk on tuhatkond, kuid suurema vaatluste arvu korral suureneb näidiste uuestivaliku aeg tunduvalt. Suure õpetusandmestiku korral (kui vaatlusi on üle 3000) ja aeg piiratud, siis on näidiste uuestivalimise asemel mõistlikum eelistada ühekordset tehisõpet umbes tuhatkonna juhusliku vaatlusega.

Ükshaaval õpetatavate multinomiinalse tunnuse kategooriate (fityyp = 4) näidiste uuestikaalumise korral valitakse ja kaalutakse uuesti vaid antud klassi näidised, teiste klasside näidiseid kasutatakse selliste kaaludega, nagu need tehisõppe andmebaasis on.

7.6. Hinnangute ehk prognooside arvutamine

Hinnang võib olla prognoositud klassikood või pideva muutuja väärtus, sarnasus prognoositud klassi või väärtuse näidistega või etteantud klassi näidistega. *Pidevstuumium*

suudab prognoositud väärtusi ja sarnasusi väljastada kas andmebaasi tabelisse või *Idrisi32* binaarfaili kujul rasterkaardile. Hinnangute osa on *Pidevstuudiumi* avamenüüs teadmiste rakenduse nime all ja tähistatud sinise taustaga (joonis 7.1).

Prognoosi arvutamine teadmiste rakenduse osas toimub üldjuhul nii nagu tehisõppe puhulgi (ptk 7.4.2.6). Erandiks on multinominaalse tunnuse eraldi õpetatud klasside järgi prognoosimine, mille puhul arvutatakse vaatluse või koha sarnasus iga üksiku klassiga selle klassi tunnuste järgi ning prognoositud väärtuseks saab kõige sarnasema klassi kood. Kui üksikhaaval õpetatud klasse soovitakse hinnata üksikhaaval, siis tuleb hinnangud iga klassi osas eraldi arvutada ja eraldi faili salvestada (valik ühekaupa prognoos rasterfaili *Pidevstuudiumi* algmenüüs). Sel juhul käsitletakse multinominaalse tunnuse klasse binominaalse muutujana ja salvestub otsus, kas koht on sarnasem valitud klassiga või muude klassidega.

Hinnangute arvutamisel, nagu kontrolltäpsuse arvutuseski, ei tohi logifaili parima komplekti real tunnuste kaaludeks tühikud olla. Kui pideva tunnuse hindamisel tekib määramatus (näiteks sarnased näidised puuduvad täiesti), väljastatakse hinnanguks muutuja keskvärtus õpetusandmetes. Nominaalsete tunnuste määramatuse korral väljastatakse klassiks 255.

7.6.1. Sarnasushinnangud

Sarnasuse hinnang näitab otsuse langetamisel kasutatud näidiste protsentuaalset sarnasust hinnatava vaatlusega või vaatluskohaga. Enamasti on sarnasus kõige sarnasemate näidistega üsna kõrge, mis aga ei tähenda, et sama koha sarnasus teiste otsitavate klasside näidistega või pideva muutuja teistsuguste väärtustega peaks tingimata palju väiksem olema. Halvasti-eristuvate tunnuste puhul võib kohaga sarnaneda korraga mitmeid erineva funktsioontunnuse väärtusega näidiseid.

Arvtunnuse puhul väljastatakse otsuse langetamisel kasutatud näidiste keskmine sarnasus. Multinominaalse ja binominaalse tunnuse puhul väljastatakse prognoositud klassi näidiste sarnasuse summa ja kõigi otsuse langetamisel kasutatud näidiste sarnasuste summa suhe. Binominaalse tunnuse puhul näitab sarnasuskaart seega nähtuse prognoositud esinemiskohtades sarnasust esinemiskoha näidistega, prognoositud puudumiskohtades sarnasust puudumiskoha näidistega. Kui sarnasus on 50%, siis on koht samavõrd sarnane nii esinemiskohtade kui ka puudumiskohtade kõige sarnasemate näidistega. Multinominaalse tunnuse klasside puhul näitab sarnasuskaart sarnasust kõige sarnasema klassiga.

Korraga saab arvutada vaid sarnasust ühe multinominaalse tunnuse klassidega. Seetõttu peavad sarnasuse arvutuse eel tabelis *FTUNNUSED* olema sisse lülitatud vaid ühe funktsioontunnuse need klassid, millega sarnasust hinnatakse.

7.6.2. Hinnangud andmebaasi tabelisse

Andmebaasi tabelisse saab arvutada nii prognoositavat väärtust kui ka sarnasust etteantud klassi näidistega. Hinnangute väljundtabeli nimi tuleb kirjutada *Pidevstuudiumi* algmenüü vastavasse lahtrisse. Selles tabelis peavad olema väljad *F*, *prob* ja *VID*. Prognoositavate väärtuste tabelis peab esimene neist olema funktsioontunnuse vormingus ja sinna salvestatakse prognoositud väärtus, teine peab olema baidivormis ja sinna salvestatakse sarnasus näidistega täisprotsentides, kolmandal väljal on vaatluse number täisarvu kujul. Lisaks mainitud kolmele väljale peavad prognoositavate väärtuste tabelis olema seletavate tunnuste väljad, kus välja nimeks on seletava tunnuse number tabelis *ATUNNUSED*.

Sarnasushinnangu puhul peab väljal *F* olema etteantud klassi baidi vormis kood, muus osas on etteantuga sarnasuste arvutamise tabeli struktuur nagu eelkirjeldatud prognooside

tabeli puhulgi. Väljale *prob* salvestatakse kõige sarnasemate antud klassi näidiste keskmine sarnasus vaatlusega. Kõige sarnasemate näidiste arvu piirab otsustuseks otsitava summaarse sarnasuse hulk, mis loetakse logitabelist seal olevate parimate tunnusekaalude realt.

Nii sarnasushinnangu kui ka prognoosi arvutamisel kasutatakse tabelisse *FTUNNUSED* märgitud andmepäringut. Selles olevatest andmetest arvutatakse sarnasuse mõõtmisel kasutatavad seletavate tunnuste standardhälbed ning näidiste omadused.

Erinevalt salvestusest binaarfaili, peavad hinnangute ja sarnasuste tabelisse arvutamisel seletavad tunnused olema eelnevalt andmebaasi tabelisse valmis arvutatud ning asendustunnuseid ei kasutata.

7.6.3. Hinnangud rasterkaardile

Kõik *Pidevstuudiumi* väljundiks olevad binaar-rastrid on ilma heederita ridupidi ülalt alla loetavad baidiread (*Idrisi32 rst*-vorming). Sarnasuskaardi arvutamise kiirus sõltub tunnuste arvust, näidiste arvust ja kui funktsioontunnuse tüüp nelja korral arvutatakse lisaks sarnasuskaardile ka hinnangukaart, siis funktsioontunnuse tabelis *FTUNNUSED* sisse lülitatud klasside arvust.

Hinnangukaartide genereerimisel kasutatavaid andmekihte ei tohi olla rohkem kui 15. Tunnuseid võib olla kuni 255. Nii hinnangu- kui ka sarnasuskaardi genereerimisel saab kasutada varem kogu kaardi ulatuses välja arvutatud asendustunnuseid. Need võivad kaardi genereerimisele kuluvat aega vähendada kordades.

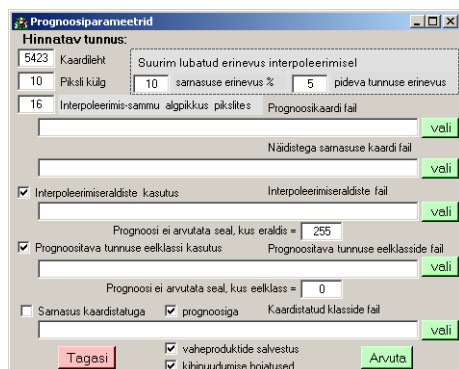
Kõigi sisend- ja väljund-binaarfailide servad peavad vastama Eesti Põhikaardi 10 × 10 km kaardilehtedele.

Prognoositava tunnuse parameetreid saab sisestada prognoosiparameetrite dialoogiaknast (joonis 7.2). Prognoosiparameetrid on alljärgnevad.

1. Kaardilehe number, mis määrab kasutatavad seletavate tunnuste andmekihtide failid.
2. Piksli küljepikkus dialoogiaknas loetletud failides.
3. Interpoleerimisparameetrid: sammu algpikkus pikslites, näidistega sarnasuse lubatud erinevus interpoleeritavate pikslite vahel, pideva muutuja puhul — interpoleeritavate pikslite hinnangute erinevus prognoositava muutuja skaalas. Viimane sisestusaken on nähtav vaid siis, kui andmebaasi tabelis *FTUNNUSED* on väljal *ftyyp* prognoositava tunnuse tüübiks 2. Interpoleerimise algoritmi kirjeldatakse peatükis 7.6.3.1.
4. Hinnangute salvestamise (prognoosikaardi) fail. Kui hinnatakse vaid sarnasust etteantud klassiga, siis seda sisestusakent ei näidata.
5. Näidistega sarnasuse salvestamise fail. Sellesse faili salvestatakse etteantuga sarnasuse hindamisel keskmine sarnasus antud klassi näidistega, muudel juhtudel keskmine sarnasus prognoositud klassi näidistega.
6. Interpoleerimiseraldiste fail.
7. Prognoositava tunnuse eelklassi fail. Faili nime sisestusaken on vaikimisi nähtav vaid siis, kui andmebaasi tabelis *FTUNNUSED* väljal eelklass on kirjas prognoositava tunnuse eelklassifikaatortunnuse kood.
8. Eraldistefailis ja eelklassifailis eirataivate väärtuste (eiramiskoodide) sisestamise väljad. Mõlemad failid määratlevad eiramiskoodi abil selle osa kaardilehest, mille kohta hinnangud ei arvutata. Eiramiskoodid võimaldavad arvutada prognoose vaid põhikaardi mingite põhialade (näiteks metsaala) või kaardilehe interpoleerimiseraldiste failiga määratletud piirkonnas.
9. Kaardistatud klasside fail. See sisestusväli on nähtav vaid juhul, kui algmenüüst on valitud väljundiks sarnasus etteantud väärtusega. Sellel väljal näidatakse binaarfail, milles on etteantud klassikoodid, millega sarnasust tuleb hinnata. Sarnasuse mõõtmisel saab valida, kas hinnatakse sarnasust prognoositava klassiga või etteantud klassiga ning kas koos sarnasushinnanguga arvutatakse ka prognoositav klass või mitte.

10. Vaheproduktide salvestamise valikunupp, mille sisselülitatud seis korral salvestatakse omaette failidesse interpoleerimise vahestaadiumid. Iga salvestatava faili nimele lisatakse interpoleerimissammu määratlus.

11. Kihipuudumise hoiatuste valikunupp. Kui see on linnukesega märgitud, siis ilmub iga kord, kui mõne andmekihi faili ei leitud, ekraanile hoiatusteade andmekihi numbriga. Programmi töö jätkamiseks ilma puuduva andmekihita tuleb vajutada hoiatusteate OK-nuppu.



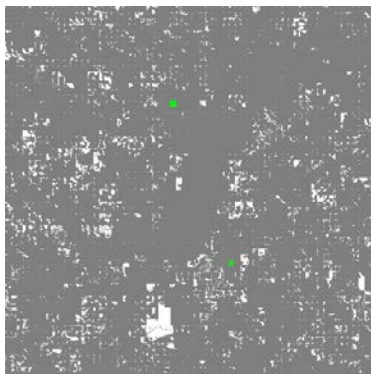
Joonis 7.2. Hinnangukaartide nimede ja hinnangute parameetrite valimise dialoogiaken.

7.6.3.1. Kaardi interpoleerimine

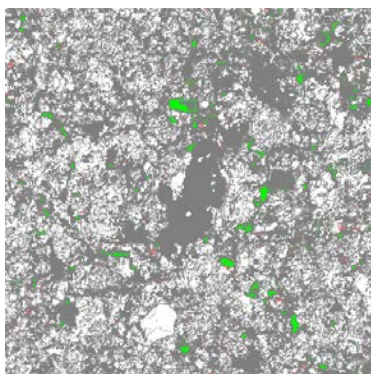
Kaartide genereerimise kiirendamiseks ei arvutata hinnanguid igas pikslis. Uuritaval pinnal (maastikul) on tavaliselt ühetaolisi piirkondi, kus kõigis samade omadustega pikslites ei ole sarnasust näidistega mõtet hinnata. Seetõttu hinnatakse pikslid teatud sammuga ning vahepealne ala interpoleeritakse. *Pidevstuudiumis* saab kasutaja määrata kaardi genereerimise esimese etapi pikslisammu. Interpoleerimissammuks on soovitatav võtta arv, mis on kahe aste: 2, 4, 8, 16, 32 või 64. Esimeses etapis arvutatakse hinnang pikslites, mille rida ja veerg on etteantud pikslisammu vahega. Igas järgmises etapis tiheneb arvutuse samm kahekordselt, juba arvutatud pikslid uuesti ei arvutata. Iga etapi järel interpoleeritakse arvutatud pikslite vaheliste pikslite väärtused. Nominaalse tunnuse puhul interpoleeritakse piksliväärtused siis, kui kõiki nelja nurkmisse pikslisse hinnatud klass on sama. Pideva tunnuse puhul interpoleeritakse piksliväärtused juhul, kui nurkmiste pikslite sarnasus näidistega ei erine rohkem kui hinnangukaartide parameetrite sisestusaknas määratletud arvu võrra. Kui kasutatakse interpoleerimiseraldisi, siis interpoleeritakse vahepealsed piksliväärtused vaid juhul, kui kõigil neljal nurkmisel pikslil on sama interpoleerimiseraldise väärtus.

Hinnangulise kaardi järk-järgulise ilmumise näitena on esitatud soo-neiuvaiba esinemiskohtadega sarnasuse kaart (joonis 7.3, 7.4). Hinnangute arvutamist veekogudesse, hoonestusalale ja hoonestusalale tõkestas eelklassifikaatori andmekiht.

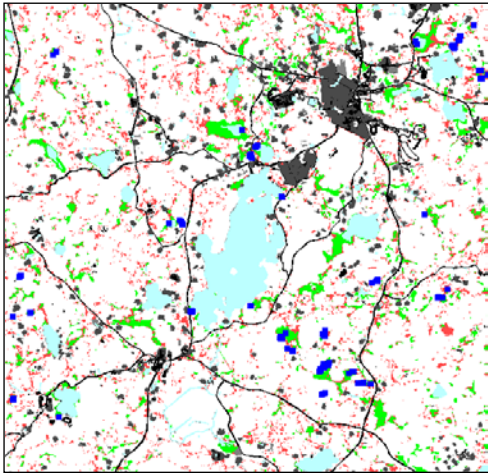
A



B



Joonis 7.3. Soo-neiuvaiba (*Epipactis palustris*) esinemise hinnangukaardi genereerimise astmed sammuga A — 16 pikslit ja B — 4 pikslit. Hall — määratlemata ala, valge — liigi tõenäoline puudumine, roheline — liigi tõenäoline esinemine, roosa — nii esinemise kui ka puudumise kohtadega sarnased alad. Eesti põhikaardi leht 5434, kaardilehe külg 10 km, piksli külg 10 m.



Joonis 7.4. Soo-neiuvaiba (*Epipactis palustris*) esinemise prognoosikaart. Roheline — liigi tõenäoline esinemine, valge — liigi tõenäoline puudumine, roosa — nii esinemise kui ka puudumise kohtadega sarnased alad, helesinine — veekogud, tumesinine — liigi leiukohad, must — hoonestusala ja teedeala. Eesti põhikaardi leht 5434, kaardilehe külg 10 km.

8. Taimkatteüksuste tehisõppe tulemused

Täpsemaid hinnanguid tagavat näidiste ja tunnuste kaalude komplekti otsiti tehisõppe abil üksikute taimkatteüksuste äratundmiseks ning taimkatte ülepinnaliseks kaardistamiseks. Õpetusvoorudes kasutati suurenevaid juhuvalimeid mahuga ~300...600 vaatlust ja ~10...86 tunnust. Kauguskorrektuuri poolestuskoht oli alati 100 m.

Taimkatteüksuste tehisõppes kasutatud ühised andmebaasid olid: *Taimkatte-s-tunnused.mdb* (seletavate tunnuste väärtused vaatluskohtades), *Taimkatte&PK-yksused.mdb* (vaatlusandmed), *Pidevõppe_andmekihid.mdb* (andmekihtide arvutispetsiifilised aadressid). Nimetatud andmebaaside Otepää looduspargi andmetega piirduvad versioonid on aruande digitaalses lisas. Siin peatükis mainitud kaardid on esitatud peatükis 9 ja aruande digitaalses lisas. Kõigi kasutatud taimkatte klassifikatsioonisüsteemide üksuste loetelud on esitatud aruande lisas 5 ja digitaalses lisas oleva andmebaasi *Taimkatte&PK-yksused.mdb* tabelis *kooslusekoodid*. Käpaliseliikide tehisõppe tulemused on esitatud käpalistekaardistuse peatükis (tabel 10.1, ptk 10).

Tabelites on kasutatud järgmist tähistust: *Klasse* — kategooriate arv senistes õpetusandmetes; *N* — näidiste arv; *T* — tunnuste arv; *S* — otsuse langetamiseks otsitava sarnasuse hulk; *V* — hinnangute ja õpetusvaatluste vastavus, mille mõõduks oli multinominaalse tunnuse puhul kapa, binominaalse tunnuse puhul tõese esinemise ja tõese puudumise hinnangu keskmine miinus üks, arvtunnuse puhul ruutkeskmine hälve; *Iter* — parima tulemuse tehisõppe iteratsiooni järjekorranumber.

Tehisõppe abil uuriti mitmete eri tasemel taimkatte klassifikatsioonide äratuntavust. Nagu arvata võis, sõltub taimkatte äratuntavus suure osas klassifikatsiooniüksuste arvust. Mida rohkem klasse üritatakse ära tunda, seda väiksem on äratundmise täpsus (tabel 8.1). Kuna suhteliselt hea vastavus saadi 27 üksusega klassifikatsiooni puhul, kasutades põhikaardi põhialasid eelklassifikaatorina, siis lisatakse aruandele selle klassifikatsiooni kaart (joonis 9.1, ptk 9; digitaalne lisa).

Tabel 8.1. Kasutatud taimkatteklassifikatsioonide seni parimate prognoosikomplektide omadused. Tähistuse selgitused ptk 8 alguses.

Prognoositav tunnus	Klasse	Õpetusvaatlusi	Eelklassita					Eelklass põhikaart				
			N	T	S	V	Iter	N	T	S	V	Iter
Väikesed üksused	83	913	372	7	2.98	0.12	54	460	14	2.66	0.28	266
Keskised üksused	46	913	263	9	3.10	0.19	37	380	10	2.57	0.43	218
Suured üksused	27	913	246	8	2.91	0.23	94	383	12	2.22	0.66	304
EUNIS 2. aste	19	913	279	2	2.77	0.51	140	337	9	2.5	0.65	196
Kasvukoha tüüp	50	913	488	9	3	0.46	159	469	14	3	0.48	138
Kasvukoha klass	29	913	363	13	1.99	0.63	276	418	19	3.32	0.67	48

Kategooriaid üritati mitmel puhul ka ükshaaval õpetada (tabel 8.2, 8.3, 8.4, 8.6). Kategooriate ükshaaval õpetamise algoritmi on kirjeldatud aruande peatükis 7. *Pidevstudium* võimaldab eraldi õpetatud kategooriatest genereerida suurima tõepära meetodil saadud hinnangukaarte, aga esialgsete katsetuste kohaselt on näidistele tuginevad suurima tõepära hinnangud liialt ebastabiilsed. Ükshaaval õpetamise ja seejärel suurima tõepära hinnangutega ülepinnalise kaardistamise tehnoloogiat on tarvis täiendavalt testida ja viimistleda. Klasside ükshaaval äratuntavuse keskmiselt tunduvalt kõrgemad hinnangud, võrreldes klasside koos

õpetamisega, annavad usku, et hinnanguliste kaartide genereerimise tehnoloogiat on mõtet selles suunas arendada.

Ka taimkatte kasvukohatüüpide klasse (need üksused kattuvad enamjaolt Paal 1997 järgsete tüübirühmadega) õpetati arvutile ükshaaval, kasutades põhikaardi põhialasid eelklassifikaatorina (tabel 8.2). Ükshaaval ei õpetatud klasse, kus oli alla 5 vaatluse (välja arvatud allikasoo) ning hoonestusala ja siseveekogusid, mille saab usaldusväärselt põhikaardilt. Vastavused (tabel 8.2) on võrreldes põhikaardi metsa-ala ja mittemetsa ala vaatluste eraldi tehisõppe tulemustega (tabel 8.3 ja 8.6) suhteliselt kõrged. Kuna metsa on mittemetsast kaartide ja mistahes pilditunnuse järgi suhteliselt lihtne eristada, siis panustavad kõik mittemetsa vaatlused tõhusalt metsakategooriate äratuntavusse ja vastupidi. Metsakategooriate omavahel eristatavus ja lagedate alade omavahel eristatavus ei pruugi seejuures kuigi hea olla.

Tabel 8.2. Üksikute kasvukohatüüpide klasside äratundmise seni parimate prognoosikomplektide omadused. Tähistuse selgitused ptk 8 alguses.

Prognoositav tunnus	Õpetus-vaatlusi	Eelklassita					Eelklass põhikaart				
		N	T	S	V	lter	N	T	S	V	lter
KKT klass:	913										
palumets	64	14	8	0.69	0.69	24	18	10	0.51	0.83	1322
laanemets	88	31	3	0.9	0.78	48	45	8	1.57	0.73	2095
sürjamets	31	16	18	2.07	0.72	404	15	11	0.81	0.78	1994
salumets	157	81	6	1.84	0.72	280	109	9	3.4	0.74	1433
pajustik	5	5	2	3.98	0.55	120	4	9	0.97	0.78	851
soovikumets	22	7	8	2	0.67	390	6	7	0.35	0.81	1216
madalsoomets	88	39	7	1.43	0.8	53	29	10	0.52	0.80	1274
siirdesoomets	17	12	6	1.76	0.81	8	8	6	0.67	0.84	1968
rabamets	9	4	8	2.42	0.79	308	6	18	0.43	0.86	2092
kõdusoomets	45	33	6	3.63	0.82	33	28	7	1.43	0.85	1324
aruniit	39	12	12	0.27	0.85	126	18	6	0.88	0.83	2125
kõdusooniit	10	5	9	2.03	0.99	242	2	10	0.71	0.98	1470
lamminiit	9	3	5	1.84	0.99	105	6	5	0.34	0.86	2106
soostunud niit	11	5	7	2.38	0.67	244	6	5	0.23	0.79	2143
madalsoo	66	48	3	1.89	0.85	337	42	11	1.86	0.87	1298
siirdesoo	23	8	6	0.32	0.76	380	4	5	0.76	0.79	1861
allikasoo	4	2	5	0.91	0.61	132	4	18	4.38	0.73	506
raba	6	2	2	3	0.24	363	5	11	2.82	0.83	158
sööt	56	13	6	0.52	0.87	364	45	2	0.9	0.86	983
noor mets söödil	23	7	9	0.93	0.93	447	7	1	2.94	0.99	449
põld	28	4	7	0.82	0.98	320	6	13	0.32	0.97	608
kultuurkarjamaa	6	4	6	1.39	0.78	45	3	2	0.81	0.82	1103
kultuurniit	24	12	5	1.66	0.85	23	18	12	1.61	0.83	1420

8.1. Metsaüksuste õppe tulemused

Metsakategooriate omavahelise ning mittemetsa kategooriate omavahelise parema eristamisviisi otsimisel katsetati üksuste äratuntavust põhikaardi järgse metsa ja mittemetsa vaatlusi omaette õpetusandmestikena kasutades. Uuritavast alast on põhikaardi põhialade järgi eraldatud vaid mets, mis hõlmab kahte eelklassifikaatori klassi: *mets* ja *noor mets*; viimane tähendab tavamõistes valdavalt raiesmikku. Metsatüüpide äratuntavust uuriti lisaks kategooriate koos ja eraldi õppele ka kasvukoha niiskust ja karbonaatsust (troofsust) ning puistutüüpe eraldi õpetades.

Metsa kasvukohatüübi karbonaatsust ja niiskust õnnestub kaardi- ja pildianndmete järgi ära tunda ruutkeskmise veaga 8...9% (tabel 8.3), arvestades E. Lõhmuse (1984) metsa-kasvukohatüüpide ordinatsioonitelgede väärtusvahemikuks 0...100%. Kuna kasvukoha karbonaatsuse ja niiskuse välihinnangute täpsus on umbes 10%, siis ei ole põhjust palju paremat tulemust loota. Metsa kasvukoha kategooriate õpetamisel ei ole olulist vahet, kas kasutada põhikaarti eelklassifikaatorina või mitte. Mõnede näitajate hinnangutes saadi põhikaardi kasutamisel veidi paremaid, mõnede puhul veidi nõrgemaid tulemusi.

Metsa kasvukohaklasside kombineerimine puistutüübiga on üks võimalik viis metsatüüpide kaardistamiseks. Paraku aga mõjutab iga klassi näidiste muutmine teiste klasside äratuntavust ja seetõttu on üksikhaaval õpetatud klasside alusel koostatud ülepinnalised kaardid esialgu ebastabiilsed ja vähemusutavad kui klasside koosõppe tulemused. Kui neid kombineerida puistutüüpide hinnangutega, mis on ka suhteliselt ebakindlad (tabel 8.4), siis ei ole eriti usaldusväärset tulemust loota.

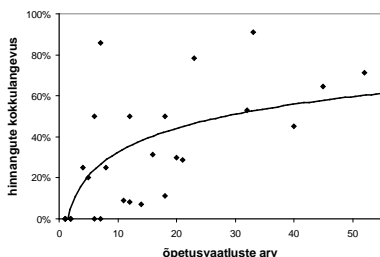
Tabel 8.3. Metsa kasvukohatüüpide klasside ning metsa kasvukoha karbonaatsuse ja niiskuse äratundmise seni parimate prognoosikomplektide omadused. Tähistuse selgitused ptk 8 alguses.

Prognoositav tunnus	Õpetusvaatlusi	Eelklassita					Eelklass põhikaart (mets ja noor mets eraldi)				
		N	T	S	V	lter	N	T	S	V	lter
Metsa karbonaatsus	512	295	7	3.38	8.80	140	306	11	3.04	9.09	86
Metsa niiskus	512	307	10	3	8.86	161	301	15	2.99	8.91	81
Metsa KKT tüüp	512	214	10	4.16	0.54	300	198	12	2.92	0.53	28
Metsa KKT klass	512	223	16	3.29	0.64	56	260	11	3.71	0.62	41
Metsa KKT klassid:	512										
nõmmemets	2	2	10	0.5	1	33	2	5	0.45	0.99	696
palumets	61	16	11	0.83	0.79	646	14	8	0.72	0.82	348
laanemets	86	43	6	0.53	0.77	502	35	4	0.56	0.69	236
sürjamets	31	14	9	0.83	0.69	665	15	9	0.80	0.72	642
salumets	154	75	13	1.36	0.68	122	38	8	0.34	0.62	323
soovikumets	22	8	4	0.53	0.79	211	8	5	0.97	0.79	684
madalsoomets	71	31	3	0.13	0.82	316	39	3	0.68	0.83	63
siirdesoomets	13	12	10	2.24	0.79	630	9	5	0.72	0.85	575
rabamets	5	3	7	1.84	0.80	65	3	8	0.91	0.83	606
kõdusoomets	44	24	12	0.91	0.84	131	35	6	3	0.80	611

Tabel 8.4. Puistutüüpide äratundmise seni parimate prognoosikomplektide omadused. Tähistuse selgitused ptk 8 alguses.

Prognoositav tunnus	Õpetusvaatlusi	Eelklassita					Eelklass põhikaart (mets ja noor mets eraldi)				
		N	T	S	V	lter	N	T	S	V	lter
10 puistutüüpi	512	209	16	1.5	0.58	133	212	18	2.76	0.57	108
Puistutüübid üksikult :											
harvik/metsalage	30	15	8	2.94	0.73	2406	6	3	0.83	0.74	298
pajustik	7	5	14	0.77	0.75	2421	5	2	0.14	0.82	211
kaasik	71	26	12	0.59	0.55	1897	39	4	0.24	0.58	33
okassegamets	132	82	9	0.24	0.63	2511	44	12	0.82	0.67	1348
lehtsegamets	121	46	8	0.69	0.54	2512	44	10	0.41	0.63	1319
hall-lepik	21	13	8	1.96	0.55	2405	9	7	0.69	0.82	61
männik	67	43	9	1.56	0.75	2501	18	7	0.86	0.80	183
kuusik	36	20	8	0.93	0.80	1994	26	4	1.82	0.83	834
noor mets söödil	16	6	6	0.29	1.0	2403	16	4	4.44	0.99	505
muu lehtmets	11	5	11	0.87	0.60	1920	4	8	0.07	0.67	1067

Seni taimkatteüksuste näidistebaasi viidud õpetusandmetes on ~50-taimkatteüksuselises (nn keskmiste üksustega) klassifikatsioonis esindatud 30 metsatüüpi. Seda varianti eelistati esialgse Otepää looduspargi taimkatte koondkaardi koostamisel kompromissina detailsuse ja usaldatavuse vahel. Metsatüüpide äratundmise seni parimate prognoosikomplektide omadused on tabelis 8.6. Üksikutest metsatüüpidest ei ole ükski kasutatud kaalude komplekti ja näidiste järgi kindlalt äratuntav. Märnatav on, et metsatüübi äratuntavus suureneb klassi kohta olemasolevate õpetusandmete hulga suurenedes ($R^2 = 0.52$) (joonis 8.1). Logaritmilise trendjoone järgi peaks iga eristatava klassi kohta olema vähemalt kolmkümmend kuni nelikümmend õpetusvaatlust. Praegu on andmebaasis üle kahekümne näidisala vaid *palumännikute*, *laane-kuusikute*, *laanesegametsade*, *salusegametsade*, *sookaasikute*, *soo-segametsade*, *kõdusoo-segametsade* ja *metsastuvate põllumaade* kohta (tabel 8.5).



Joonis 8.1. Metsatüüpide äratuntavus õpetusandmetes ja õpetusvaatluste arv metsaklasside korraga hindamisel. Joon — logaritmilise seose graafik ($R^2 = 0.52$).

Tabel 8.5. Metsatüüpide kokkulangevus 30 üksuse koos hindamisel. Tähistuse selgitused ptk 8 alguses.

Nimi	Vaatlusi	Kokkulangevus [%]
paluraiesmik	7	86
palumännik	45	64
palusegamets ja -lehtmets	11	9
laanekeusik	21	29
laanesegamets	52	71
laanekeasik	7	0
sürjaraiesmik	1	0
sürjakaasmets	16	31
sürjasegamets ja -lehtmets	14	7
laane- ja saluraiesmik	18	50
salukeasik	18	11
salumännik	6	0
salusegamets	92	78
salukeusik	5	20
muu salulehtmets	20	30
soostunud raiesmik	2	0
soostunud lehtmets	8	25
soostunud segamets	12	8
soometsa raiesmik	2	0
sookeasik	32	53
soo-segamets	40	45
soo-männik	12	50
kõdusoo-segamets	33	91
kõdusoo-lehtmets	6	50
kõdusoo-männik	1	0
kõdusoo-keusik	4	25
noor mets söödil	23	78

Tabel 8.6. Metsatüüpide äratundmise seni parimate prognoosikomplektide omadused. Tähistuse selgitused ptk 8 alguses.

Prognoositav tunnus	Õpetus- vaatlusi	Eelklassita					Eelklass põhikaart (mets ja noor mets eraldi)				
		N	T	S	V	lter	N	T	S	V	lter
30 metsatüüpi	512	296	12	4.6	0.48	9	277	12	3.42	0.48	353
Metsatüübid üksikult:	512										
paluraiesmik	4						6	3	2.97	0.99	353
palumännik	45						34	4	4	0.75	874
palusega- ja -lehtmets	11						8	9	2.69	0.71	950
laanekuusik	21						15	3	2.16	0.76	1528
laanesegamets	52						22	8	0.87	0.78	1237
laanekaasik	7						5	8	2.57	0.78	1103
sürjaokasmets	16						14	10	3.18	0.73	1620
sürjasega- ja lehtmets	14						13	7	3.37	0.65	722
laane- ja saluraiesmik	18						8	5	4	0.76	119
salukaasik	18						8	11	0.67	0.77	1610
salumännik	6						4	2	2.45	0.75	1167
salusegamets	92						72	12	3.7	0.66	1608
salukuusik	5						5	4	2.39	0.77	101
muu salulehtmets	20						15	7	1.71	0.76	1184
soostunud lehtmets	8						4	9	0.66	0.82	1470
soostunud segamets	12						10	10	3.3	0.79	744
sookaasik	32						25	2	2.53	0.78	521
soo-segamets	40						38	7	4.38	0.75	1607
soo-männik	12						8	12	1.81	0.84	667
kõdusoo-segamets	33						26	6	2.43	0.81	328
kõdusoo-lehtmets	6						5	7	1.74	0.87	131
noor mets söödil	23						13	2	5.75	1	44

8.2. Mittemetsa üksuste õppe tulemused

Nagu eelpool mainitud, sõltub taimkatteüksuste äratuntavus suures osas eristatavate kategooriate arvust (tabel 8.1). Kategooriate tuvastatavus võib sõltuda ka täiendavatest eeltingimustest. Detailsemate taimkatteüksuste (umbes sadakond üksust) äratuntavus kapa kordaja järgi on senistel andmetel suurem, kui klassifitseerida metsa ja mittemetsa eraldi. 57 üksuse puhul mittemetsa osas on leitud kaalude komplekt, mis annab vastavuseks kapa järgi 0.53 (tabel 8.7), samale detailsusastmele vastava 30 metsatüübi äratuntavuseks saadi 0.48 (tabel 8.6). Kokku vastavad need klassifikatsioonid 83-üksuselisele (nn väikeste üksustega) ülepinnalisele klassifikatsioonile, mille äratuntavuseks kapa järgi saadi vaid 0.28 (tabel 8.1).

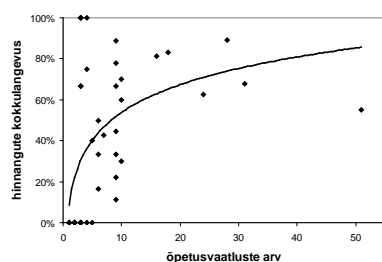
Tähelepanu väärrib, et mittemetsa üksustest on rohkem kui 10 näidisalaga esindatud vaid kuus: *sööt, põld, kuiv niit, rohketoiteline veekogu, kuiv kultuurniit, niitja tarna madal soo*. Enamesindatud klassidest on *söödi* äratuntavus kõige väiksem — vaid 55% (tabel 8.8). Mittemetsa kategooriate äratuntavuse ja kategooriasse kuuluvate õpetusandmete hulga vahel on seos nõrgem kui metsa kategooriate puhul ($R^2 = 0.25$). Tähelepanuväärne on, et üle 10 vaatlusega esindatud üksuste äratuntavus kaardi genereerimisel kasutatud kaalude puhul ei lange alla 55%. Vähemesindatud üksuste äratuntavus on väga varieeruv. Enamik mittemetsaüksusi on pildiandmetes väiksema klassisisese varieeruvusega kui metsatüübid, mis peaks selgitama kokkulangevuse stabiliseerumise väiksema vaatluste arvu juures (joonis 8.2).

Tabel 8.7. Väikeste taimkatteüksuste äratundmise parimate prognoosikomplektide omadused mittemetsas (kõik põhikaardi üksused peale põhikaardi *metsa* ja *noore metsa*). Tähistuse selgitused ptk 8 alguses.

Prognoositav tunnus	Õpetus- vaatlusi	Eelklassita					Eelklass põhikaart				
		N	T	S	V	Iter	N	T	S	V	Iter
57 taimkatteüksust mittemetsas	385	197	7	1.12	0.47	739	199	9	2	0.53	709
Taimkatteüksused eraldi:											
sõöt	51	36	9	2.97	0.61	64	20	11	0.04	0.8	304
põld	28	22	5	2.87	0.8	65	23	13	1.95	0.88	2
pajustik	5	5	7	3	0.12	66	3	5	0.55	0.76	509
madalsookaasik	6	5	4	3.82	0.16	68	5	18	0.77	0.8	7
madalsoosegamets	10	8	10	2.94	0.52	69	7	5	2.8	0.66	278
kuiv niit	31	23	15	3.15	0.53	67	16	7	0.9	0.7	366
niiske niit	9	7	22	3.57	0.55	14	6	11	0.86	0.84	369
kõdusooniit	10	6	37	2.27	0.97	15	8	8	3.26	0.87	430
liigivaene soostunud niit	10	7	15	3.36	0.51	16	6	13	1.15	0.69	732
mätastarna liigivaene madalsoon	6	5	22	1.58	0.55	17	5	10	0.14	0.73	699
muu liigivaene madalsoon	16	23	17	3.6	0.79	18	6	6	0.82	0.68	74
liigirikas madalsoon	9	3	18	3.14	0.48	19	3	5	1.08	0.9	213
õõtsik-madalsoon	9	6	34	3	0.44	20	5	3	0.16	0.89	858
põhjaveetoiteline siirdesoon	9	6	18	3.84	0.53	22	6	6	1.83	0.62	316
rohu-siirdesoon	7	5	16	2.79	0.48	23	2	5	0.15	0.82	287
õõtsik-siirdesoon	2		0			0	2	4	0.29	0.91	1064
allikasoon	4	2	27	0.74	0.73	25	2	4	0.18	0.45	1101
mättaraba	4	4	23	1.53	0.73	40	2	10	0.46	0.72	362
suurtaimestik vees	3	2	7	0.79	0.98	27	2	4	0.56	0.98	291
kinnikasvav segatoiteline järv	9	5	43	1.73	0.98	28	6	8	2.29	0.98	412
segatoiteline järv	6	5	22	1.7	0.75	31	4	10	2.39	0.69	293
rohkeoiteline (eutroofne)	18	16	28	2.95	0.87	32	15	4	3.34	0.89	354
veekogu											
kuiv kultuurniit	24	16	16	3.84	0.67	33	16	8	3.27	0.73	355
niiske kultuurniit	6	4	52	1.8	0.86	34	4	5	0.36	0.76	778
haljasala	3	3	2	1.78	0.98	35	3	2	1.5	0.97	237
pilliroo õõtsik-madalsoon	5	5	11	2.72	0.51	36	4	7	0.79	0.96	328
pilliroo liigivaene madalsoon	9	6	28	2.15	0.75	37	7	5	0.93	0.84	773
märg lamminiit	9	9	8	3.04	0.83	38	6	6	0.81	0.81	300
karjäär	3	3	7	1.6	0.65	39	2	4	0.19	0.98	241
niitja tarna madalsoon	16	10	45	2.81	0.8	60	11	6	0.89	0.81	849

Tabel 8.8. Sagedasemate mittemetsa üksuste kokkulangevus klasside kaupa 57 mittemetsa üksuse koos hindamisel. Tähistuse selgitused ptk 8 alguses.

Nimi	Vaatlusi	Kokku- langevus [%]
sööt	51	55
põld	28	89
pajustik	5	40
kuiv niit	31	68
niiske niit	9	78
kõdusooniit	10	70
liigivaene soostunud niit	10	30
mätastarna liigivaene madal soo	6	17
muu liigivaene madal soo	9	11
liigirikas madal soo	3	67
õõtsik-madal soo	9	33
põhjaveetoiteline siirdesoo	9	67
rohu-siirdesoo	7	43
õõtsik-siirdesoo	2	0
allikasoo	4	0
mättaraba	4	75
liiv	3	0
suurtaimestik vees	3	0
kinnikasvav segatoiteline järv	9	89
segatoiteline järv	6	33
rohke toiteline veekogu	18	83
kuiv kulturniit	24	63
niiske kulturniit	6	50
haljasala	3	100
pilliroo õõtsik-madal soo	5	0
pilliroo liigivaene madal soo	9	22
märg lamminiit	9	44
karjäär ja muu lage	3	100
niitja tarna madal soo	16	81



Joonis 8.2. Mittemetsa üksuste äratuntavus õpetusandmetes ja õpetusvaatluste arv mittemetsa kategooriate korruga hindamisel. Joon — logaritmilise seose graafik ($R^2 = 0.25$).

9. Taimestikukaardid

9.1. Maakattekaart

Esmase ülevaate saamiseks mingi ala taimkattest kasutatakse kaugseireandmetel koostatud suhteliselt vähese üksuste arvuga kaarte, mida nimetatakse maakattekaartideks. Uurimuse käigus genereeriti Otepää looduspargi kohta näidiste järgi hinnatud 27 üksusega maakattekaart; teedeala ja hoonestusala võeti põhikaardilt (joonis 9.1). Kaardistatud hinnangute kokkulangevus vaatlusandmetega Otepää looduspargil alal paiknevates õpetusandmetes on 68%, kõigis õpetusandmetes 69%, jäta-üks-välja ristkontrolli kapa kordaja = 0.66. Kaardi genereerimisel kasutati nii uusima kui ka eelmise põhikaardistuse põhialasid, kaugust järvedest, mullakaardil olevat mullaliiki, mulla lõimise liiki, Landsat ETM kujutise heleduse, punase, infrapunase ja soojuskiirguse kanalite andmeid ning ortofoto värvitooni standardhälvet.

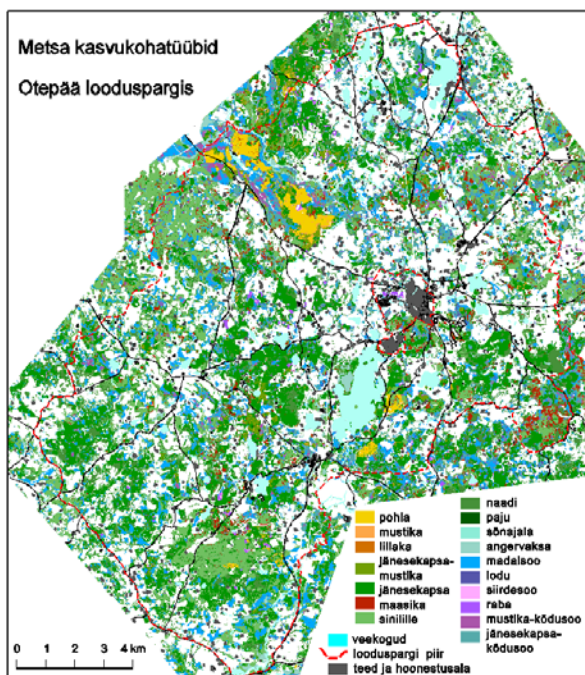
Maakattekaardi järgi on Otepää looduspargis kõige enam arusegametsi (32% pindalast), järgnevad põllud, söödid ja kultuurniidud (18%), enamasti söötis põllumaale tekkinud kuivad niidud (9%), soo-lehtmetsad ja soo-segametsad — kumbagi 6%. Tuleks meeles pidada, et kuna õpetusandmetes kirjeldati ja kaugseire andmetes paistab mets pealtvaates, siis kajastavad okas-, leht- ja segametsa klassid puistu koosseisu pealtvaates.

9.2. Metsa kasvukohatüübid

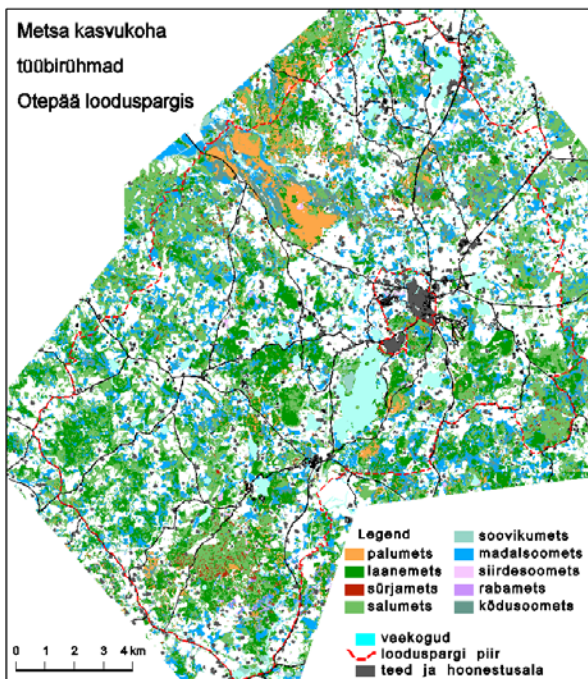
Metsa kasvukohatüüpe hinnati multinominaalse tunnusega. Multinominaalse tunnusega läbis tehise nii kasvukohatüüp (16 üksust Otepää looduspargi vaatlustes) kui kasvukoha tüübirühm (9 üksust Otepää looduspargi vaatlustes). Tüübirühmade hinnangud vastavad Otepää looduspargi vaatlustele paremini (kokkulangevus 73%) kui kasvukohatüüpide hinnangud (kokkulangevus Otepää looduspargis paiknevates vaatlustes 60%). Otsuse langetamisel kasutatud näidiste ja vaadeldava koha vahelise sarnasuse taseme ning hinnangu täpsuse vahel seost ei leitud.

Esiolgu kaardi järgi on Otepää looduspargis sagedasemad metsakasvukohatüübid: jänesekapsa (34 km²), sinilille (25 km²), naadi (19 km²), madaloo (14 km²) ja jänesekapsa-kõdusoo (13 km²) (joonis 9.2).

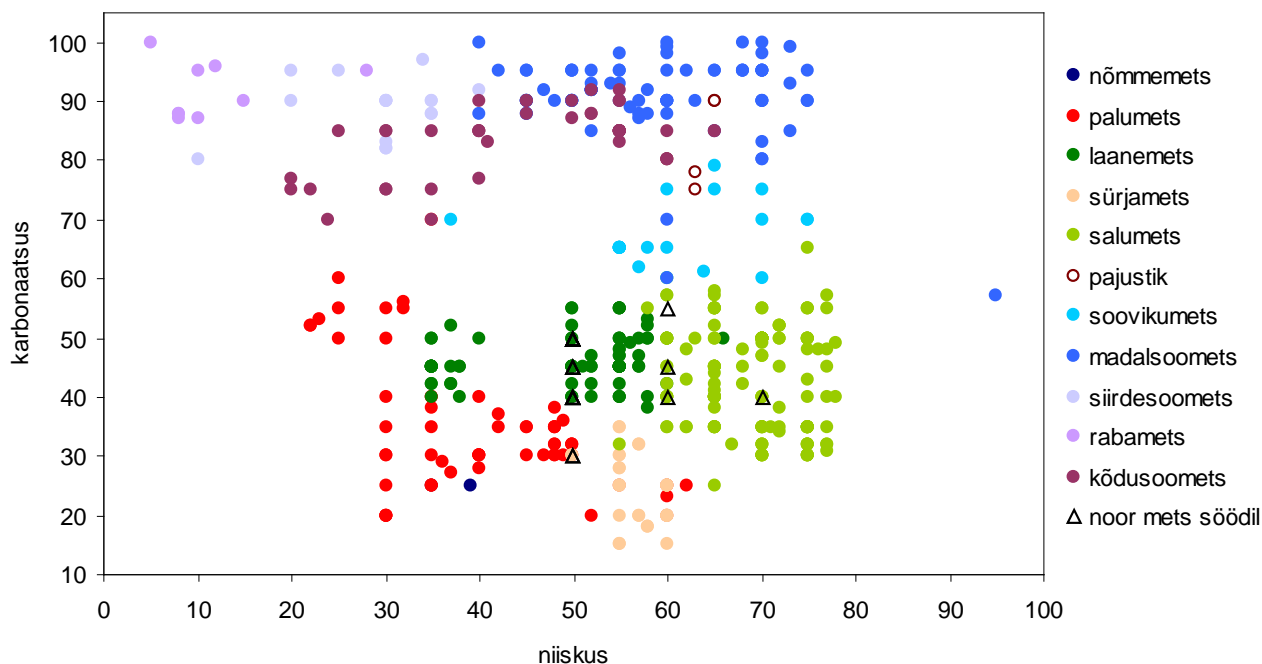
Tüübirühmade kaardi järgi domineerivad Otepää looduspargis salumetsad (45 km²), laanemetsad (31 km²) ja madaloometsad (25 km²); järgnevad kõdusoometsad (9 km²) ja palumetsad (8 km²) (joonis 9.3).



Joonis 9.2. Metsa kasvukohatüübid Otepää looduspargis hinnatuna multinominaalse tunnusega. Säbrulisus viitab kasvukoha üleminekulisusele.



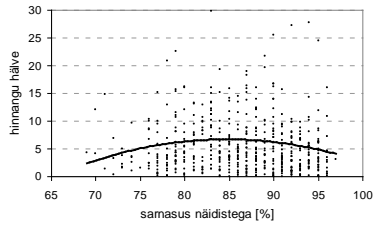
Joonis 9.3. Metsa kasvukoha tüübirühmad Otepää looduspargis hinnatuna multinominaalse tunnusena. Säbrulisus viitab kasvukoha üleminekulisusele.



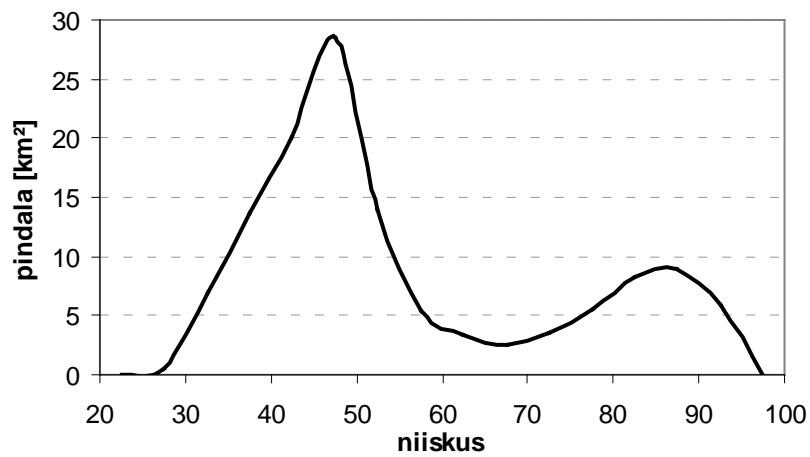
Joonis 9.5. Metsavaatluste paiknemine niiskuse ja karbonaatsuse telgedel.

9.3.1. Metsa kasvukoha niiskuse kaardistus

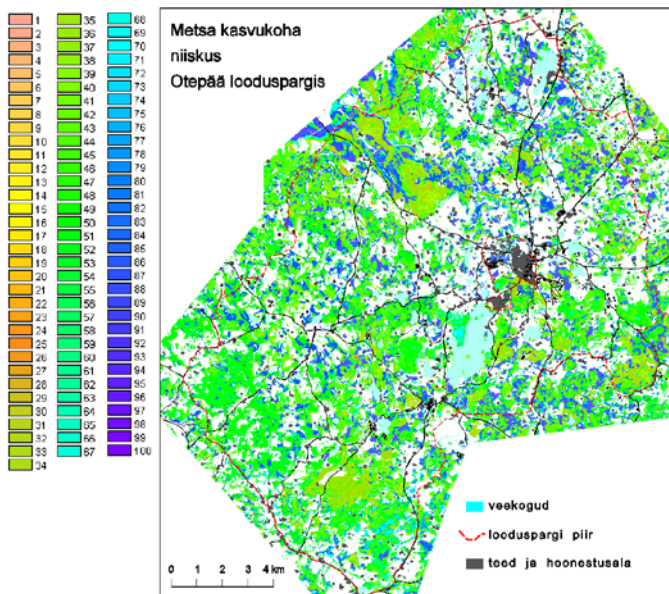
Õpetusandmete jäta-üks-välja ristkontrolli järgi on metsa kasvukoha niiskuse hinnangute ruutkeskmine viga E. Lõhmuse (1984) metsakasvukohatüüpide ordinatsiooni sajaühikuliseks teisendatud skaalal (joonis 9.4) 8.86 (tabel 8.3 ptk 8). Vigade jaotusest on aga näha, et täiesti ebaõnnestunud on vaid väike hulk hinnanguid (joonis 9.6). Kui 512 vaatlusest jätta välja 14 kõige ebaõnnestunumat, on hinnangute keskmine viga 5.27 ühikut. Kuna väiksema sarnasustaseme juures langetatud otsuste viga ei ole õpetusandmete järgi suurem kui hästi sarnaste näidiste järgi langetatud otsus, siis näidistega sarnasust metsa kasvukoha niiskuse kaardi kujundamisel ei arvestatud. Hinnangulise kaardi kohaselt kasvab enamik Otepää looduspargi metsi keskmisel ja keskmisest veidi kuivemal kasvukohal (49% niiskusvahemikus 40...55%) või siis keskmisest niiskemal – soopinnasel (23%). Künklikul maastikul on tasastele aladele iseloomulikke soostunud metsi vähe (joonis 9.7, 9.8).



Joonis 9.6. Metsa kasvukoha niiskuse hinnangute hälbed õpetusandmetes Lõhmuse metsa- kasvukohatüüpide ordinatsiooni 100 ühikulisel skaalal ja keskmise hälbe polünoomtrend.



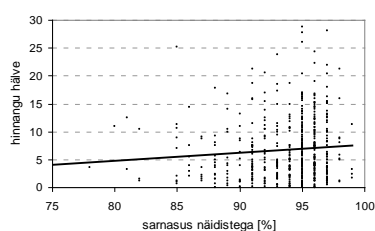
Joonis 9.7. Metsa kasvukoha niiskuse jaotumine Otepää looduspargis.



Joonis 9.8. Sajaühikulises skaalas hinnatud metsa kasvukoha niiskus Otepää looduspargis. Valge värv tähistab mittemetsa ala.

9.3.2. Metsa kasvukoha troofsuse kaardistus

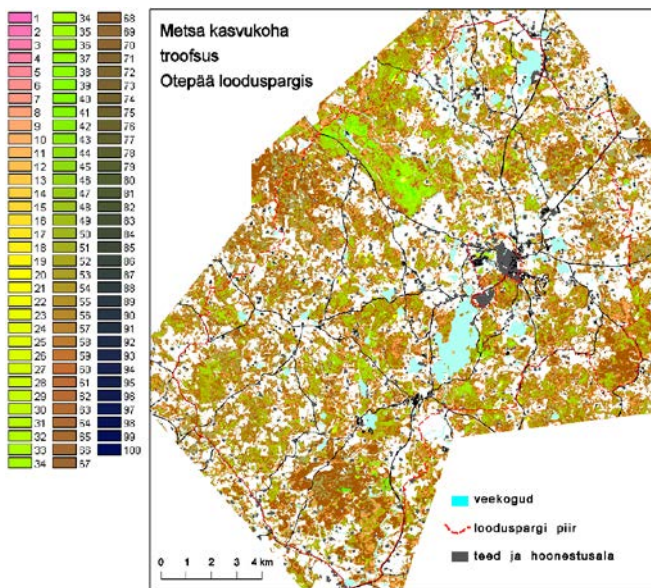
Metsa troofsuse näidiste järgi hindamisel jõudis tehisõpe ruutkeskmise veani 8.8 ühikut sajaühikulises skaalas. Üle 20 ühiku vaatlusest erinevaid hinnanguid on seejuures vaid 3%, nende mitteametavusele on ruutkeskmise viga 6.2 ühikut. Nagu metsa kasvukoha niiskuse puhul, ei ole väiksema sarnasustaseme juures langetatud otsused vähemtäpsed, õpetusandmetest võib leida pigem vastupidise tendentsi (joonis 9.9). Seetõttu metsa kasvukoha niiskuse kaardi kujundamisel näidistega vähesarnaseid alasid esile ei tõstetud (joonis 9.11). Hinnangulise kaardi kohaselt kasvab enamik Otepää looduspargi metsi keskmise ja keskmisest kõrgema troofsusega kasvukohal (joonis 9.10). 79% metsa-alast on troofsusvahemikus 50...70 ühikut sajaühikulises skaalas.



Joonis 9.9. Metsa kasvukoha troofsuse hinnangute hälbed õpetusandmetes Lõhmuse metsa-kasvukohatüüpide ordinatsiooni 100 ühikulisel skaalal ja keskmise hälbe lineaartrend.



Joonis 9.10. Metsa kasvukoha troofsuse hinnangute jaotumine Otepää looduspargis



Joonis 9.11. Sajaühikulises skaalas hinnatud metsa kasvukoha troofsus Otepää looduspargis. Valge värv tähistab mittemetsa ala.

9.4. Taimkatte kaart

Suuremõõtkavaline taimkattekaart kujutab nii pindalalt kui ka temaatiliselt väiksemate üksuste levikut kui maakattekaart. Taimkattekaardil kujutatavate üksuste valikul lähtuti mittemetsa osas väikeste üksustega klassifikatsioonist, milles on näidistebaasis olevates vaatlusandmetes esindatud 44 üksust, ning metsa osas keskmise suurusega üksuste klassifikatsioonist, milles üksusi on näidistebaasis seni esindatud 30. Kasutatud taimkatte klassifikatsioonisüsteemide üksuste loetelud on esitatud aruande lisa 5.

Detailsete üksuste äratuntavus olemasolevate kaardi- ja pildiandmete järgi pole seniste tehisõppe tulemuste järgi kuigi hea (kapa = 0.28, tabel 8.1). Keskmise suurusega üksuste puhul jõudis tehisõppe parema vastavuseni (kapa = 0.43, tabel 8.1).

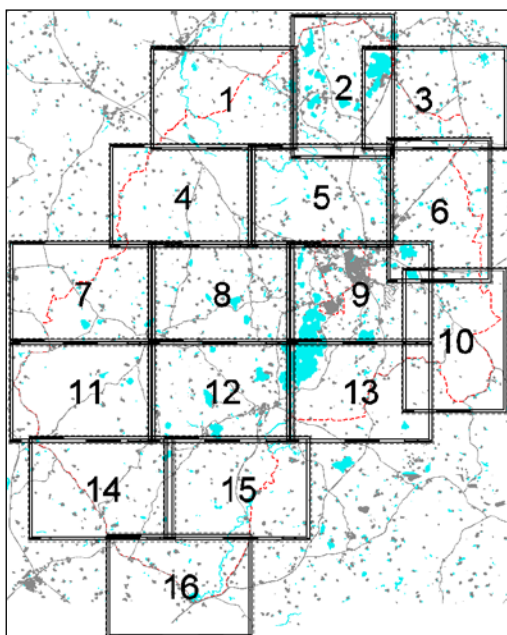
Väikeste üksuste äratuntavust õnnestus parandada, kui mittemetsa jaoks valiti tunnused ja näidised eraldi. Mittemetsa vaatluste tehisõppel jõuti taimkattekaardil kasutatavate väikeste taimkatteüksuste jäta-üks-välja ristkontrolli 56% vastavuseni (kapa = 0.53). Rohkem kui 10 vaatlusega üksustest on ligi 90% äratuntavusega *haritav maa, söödiks* hinnatud kohtadest on 88% ka pildiandmete järgi *söödid*, kuid 35% välivaatlusel söödiks hinnatud kohtadest sarnaneb kameraalselt kasutatud tunnuste poolest pigem *põllu* või *aruniidu* kui *söödi* näidistega. Umbes 70% tasemel on *eutroofse järve, kultuurniidu* ja *niitja tarna madal soo* äratuntavus. Enamiku looduslike mittemetsa üksuste kohta on andmebaasis liiga vähe näidiskohti, et neid edukalt tuvastada ja tuvastatavust statistiliselt hinnata.

Kaardil kasutatud metsaüksuste tehisõppes põhikaardi *metsa* ja *noore metsa* põhialade osas jõuti 54% vastavuseni (kapa = 0.46). Rohkem kui 10 näidisalaga üksustest on õpetusandmete järgi otsustades kaardil ülehinnatud kõige sagedasemate metsatüüpide: *palumännikute, laanese gametsade* ja *saluse gametsade* osa (kõiki umbes kolmandiku võrra tegelikust rohkem). See tagab kõrge õigete hinnangute osa nendes klassides. Otepää looduspargis sagedamini esinevatest metsadest on omavahel raskesti eristatavad *soo-kaasikud, soo-se gametsad* ja *kõdusoo-se gametsad*. Nagu ka eelnevates peatükkides mainitud, kirjeldati puistu koosseisu ülaltvaate järgi, sest kaugseire andmetes paistab mets pealtvaates, seega kajastavad okas-, leht- ja segametsa klassid puistu koosseisu pealtvaates. *Noor mets söödil* on kindlalt äratuntav kohtades, kus on tehtud kaks põhikaardistust ning ala on eelmisel põhikaardistusel märgitud põlluks ning uuemal põhikaardil nooreks metsaks.

Suuremõõtkavaline kaart antakse tellijale üle plotteritrükisena A0-formaadis, A2-lehtedena (joonis 9.12) 1: 10 000 mõõtkavas ning digitaalselt *MapInfo* formaadis geoinfo-süsteemina. Kaardistusüksused on kujutatud värvidega (joonis 9.13). Üksuste paremaks eristamiseks on suurematele eraldistele lisatud üksuse number (lisa 5). Kaardi kujundamise käigus ühendati kaks sageli väärtalt eristunud üksust: *märg lamminiit niiske niidu* klassiga ning *kuiv kultuurniit kuiva niiduga*.

Taimkattekaart on esialgne, selle genereerimise peamine eesmärk oli kogu tehnoloogilise tsükli katsetus ning puudujääkide esiletoomine kaardipildis. Seetõttu on kaardil esile toodud alad, millele näidistebaasis napib sarnaseid näidiseid (ja mõned kohad, mis autorite välitöömällestuse kohaselt on selgelt valesti klassifitseerunud). Nendes piirkondades on tarvis kirjeldada täiendavaid näidisalasid. Punaste ringidega on tähistatud vaatluskohad, mis pildi- ja kaardiandmete järgi klassifitseerusid välivaatlusest erinevalt. Nende kohtade kirjeldused vajaksid kontrollimist. Punane rist on paigutatud vaatluskohtadele, mille kirjeldus on vastuolus mullakaardil näidatud mullaga või põhikaardil oleva põhialaga. Ebatüüpilisi kohti püüti vaatluste näidistebaasi liitmisel vältida, aga mõnikümme sellist vaatlust on siiski näidistebaasi sattunud. Vastuolu põhjuseid võib olla mitmeid, näiteks vead kaardiandmetes või looduses olevate üksuste määramise vaieldavus.

Lisaks kaardil esiletoodud probleemsetele kohtadele on esialgse taimkattekaardi vaatlusel ja analüüsil aruande üleandmise hetkeks leitud veel järgmisi korduvaid puudujääke. Põllu tõenäosust kruusateede ääres on ülehinnatud. Selle tõenäoline põhjus on nii soojus- kui ka valguskiirgust tugevasti peegeldava palja kruusa mõju Landsat ETM pikslite keskmisele kiirgusväärtusele. Lahendus võiks olla täiendavate *põllu*, *söödi* ja *rohuma* näidisalade paigutamine teede kõrvale. Kuna põhikaardi *muu lageda* osas on taimkatte näidisaladeks valdavalt *karjäärid*, siis klassifitseeruvad kõik *muud lagedad karjäärideks*. Seetõttu on tarvis põhikaardi *muu lageda* alal koguda ka teiste koosluste näidiseid.



Joonis 9.12. A2-formaadis kaardilehtede paiknemise skeem.

prahipaikade taimestu	poolhuumustoiteline (semidüstroofne) veekogu
liiv	huumustoiteline (düstroofne) veekogu
trass/karjäär	kinnikasvav segatoiteline järv
hooned/ehitised, tootmisõu	segatoiteline järv
teedeala	rohkeitoiteline (eutroofne) veekogu
haljasala	ajutine veekogu
sõöt	liigitoiteline (hüpertroofne) veekogu
põld	paluharvik/noorendik/raiesmik
kõõgiviljaaed(istandus)	palumännik
kuiv kultuurniit	palusegamets ja -lehtmets
niiske kultuurniit	laanehaavik
pajustik	laanekuusik
kuiv niit	laanesegamets
niiske niit	laanekaasik
kõdusooniit	sürjaraharvik/noorendik/raiesmik
liigivaene soostunud niit	sürjaokasmets
märg lamminiit	sürjasegamets ja -lehtmets
mätastarna liigivaene madal soo	laane- ja saluharvik/noorendik/raiesmik
sootarna liigivaene madal soo	salukaasik
pilliroo liigivaene madal soo	salumännik
niitja tarna liigivaene madal soo	salusegamets
muu liigivaene madal soo	salukuusik
sinihelmika liigirikas madal soo	muu salulehtmets
muu liigirikas madal soo	soostunud raiesmik
hundinuia õõtsik-madal soo	soostunud lehtmets
pilliroo õõtsik-madal soo	soostunud segamets
muu õõtsik-madal soo	soometsa raiesmik
põhjaveetoiteline siirdesoo	lodupajustik
rohu-siirdesoo	sookaasik
õõtsik-siirdesoo	lodulepik
alpi jänesvilla-turbasambla rohu-siirdesoo	soo-segamets
allikasoo	soo-männik
lage mätaraba	kõdusoo-segamets
puispeenra-älveraba	kõdusoo-lehtmets
lauka- (puis-) raba	kõdusoo-männik
suurtaimestik vees	kõdusoo-kuusik

Joonis 9.13. Esialgsel taimkattekaardil kasutatud värvid.

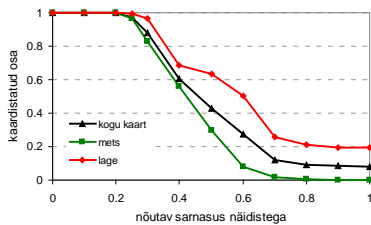
9.4.1. Sarnasushinnangud ja taimkattekaardi usaldatavus

Mõõtmisvead kaasnevad igasuguse mõõtmisega. Vigu või erandlikke tulemusi on kõigis andmetes. Kui õpetusandmeid on hästi palju, siis toimib suurte arvude seadus ja erandlikud ja vigased vaatlused ei pääse tüüpiliste üle domineerima. Kui üksuse kohta on vaid mõnikümmend või vähem vaatlust, siis võib kergesti juhtuda, et mingit erandlikku või väärt määratud tunnustekombinatsiooni esineb õpetusandmetes pea sama palju kui tüüpilist. Tehisintellektil on sel juhul raske otsustada, mis on tõene ja tüüpiline või mis erandlik või väär. Nagu näidatud peatükis 8, oleks taimkattekaardi usaldatavuse tõstmiseks tarvis näidistebaasi täiendada enamiku kaardistatavate üksuste osas.

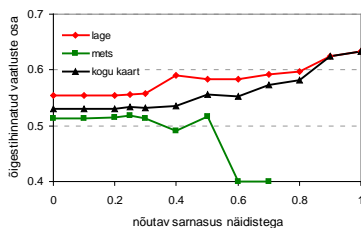
Täiendavad näidised tuleks edasistel välitöödel paigutada eelkõige kohtadesse, mis esialgsel hinnangulisel kaardil tõenäoliselt väärt klassifitseerusid. Näidiste järgi hindamisel on lihtne fikseerida iga klassifitseeritava koha sarnasust näidistega, mis peaks iseloomustama eksimuse tõenäosust.

Näidistega sarnasust otsuse langetamisel saab hinnangu paikapidavuse määramisel kasutada mitmel viisil. Esimene viis oleks lugeda ebakindlateks kõik teatud sarnasustasemest allpool langetatud otsused. Sarnasustaseme all mõistetakse siinkohal keskmist sarnasust nende näidistega, mida kasutati otsuse langetamisel. Otsuse langetamisel kasutatud näidised ei pruugi seejuures funktsioontunnuse ühele ja samale üksusele või väärtusele viidata. Allpool nõutavat taset olevad kohad jääksid kaardil määratlemata aladeks. Määratlemata ala pind sõltuks nõutavast sarnasustasemest. Siinkasutatud õpetusandmete järgi hinnates väheneks taimkattekaardi kaardistatud osa järsult 40% sarnasustaseme piirkonnas (joonis 9.14).

Hinnangute õigsuse ja otsuse langetamisel nõutava sarnasustaseme seost saab analüüsida õpetusandmete tehisoõppe tulemuste järgi. Metsatüüpide hinnangutäpsus ei näita mingit selget seost nõutava sarnasustasemega, sarnasustaseme >50% juures tehtud otsused on keskmiselt isegi ebatäpsemad kui otsused väiksema nõutava sarnasustaseme juures (joonis 9.15). Vastavuse langus rangema sarnasusnõude puhul on arvatavasti juhuslik, sest >50% sarnasustasemel on langetatud vaid 0.078% otsustest. Seose puudumist selgitab asjaolu, et hinnangus kasutatakse paljudest võimalikest näidistest kõige sarnasemaid ka siis, kui need kõige sarnasemad ei ole just eriti sarnased. Olemasolevate andmete kohaselt on kõige sarnasemad näidised sama head prognoosijad ka siis, kui nad ei ole kaardistatava kohaga eriti sarnased.



Joonis 9.14. Määratletud ala osakaalu sõltuvus määratlemiseks vajalikust sarnasustasemest.



Joonis 9.15. Õigestihinnatud vaatluste osa sõltuvus määratlemiseks vajalikust sarnasustasemest näidistebaasis olevates õpetusandmetes taimkattekaardi genereerimisel kasutatud üksuste äratundmisel.

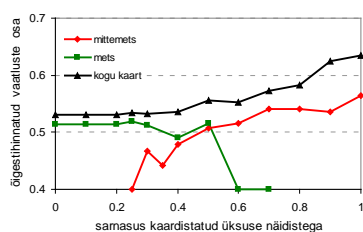
Sarnasuse keskmine tase otsustamisel sõltub üsna palju ka tehisõppel valitud otsustamiseks vajalikust sarnasuse hulgast (vt ptk 7). Kui vajalik summaarse sarnasuse hulk on suur, siis on näidiste hulgast raskem leida selle summeerumiseks vajalikku arvu vaadeldava kohaga väga sarnaseid näidiseid. Osa otsuse langetamisel kasutatavaid näidiseid ei ole kohaga sageli eriti sarnased. Seejuures mõjutavad vähemsarnased näidised otsustust vähem, sest otsus langetatakse sarnasusega kaalutud sagedusena või sarnasusega kaalutud keskmisena. Teisisõnu, kui kasutatakse mõnda hästi sarnast ja mõnda vähesarnast näidist, siis sarnasemad näidised omavad otsuse langetamisel suuremat kaalu.

Teine võimalus hinnangute usaldusväärsust hinnata on võrrelda erinevate, kuid enam-vähem sama heade tunnusekomplektide abil genereeritud kaarte ja lugeda ebakindlateks ja kontrollimist vajavateks kohad, mis on alternatiivsetel kaartidel erinevad. Meetod tooks ilmselt esile kaardistatavate üksuste sujuvate üleminekute kohad, kus ka maastikul on raske üksuse piiri tõmmata. Selleks, et lahendite ebastabiilsuse hinnang ei sõltuks liiga palju juhusest, peaks võrreldavaid kaarte olema palju. See muudab meetodi kasutamise töömahukaks.

Kolmas võimalus on fikseerida iga klassifitseeritava piksli puhul, mitme klassi näidiseid otsuse langetamiseks valitud kõige sarnasemate näidiste hulgast on. See viis annab paraku mõningase eelise kategooriatele, mille esindajaid on näidiste hulgast rohkem. Väheesindatud klassidel on alati raske otsuse langetamiseks vajalikku sarnasuse koguhulka vaid oma klassi esindajatest kokku saada.

Neljas võimalus on fikseerida koha sarnasus kaardistatud klassi näidistega. *Pidevstuumis* on selline võimalus nominaalsete tunnuste, mille kategooriaid on arvutile eraldi õpetatud, puhul olemas. Projekti käigus katsetati kaardi genereerimist eraldi õpetatud klasside järgi ja tänu sellele on taimkatte koondkaardil kujutatud põhiliste klasside eraldi äratundmiseks vajalikud tunnuste ja näidiste komplektid andmebaasides olemas. Sarnasust etteantud klassiga saab *Pidevstuumis* arvutada ka andmebaasis olevatele õpetusandmetele. Õpetusandmetele arvutatud sarnasus hinnatud üksusega seostub hinnangute täpsusega mõnevõrra paremini (joonis 9.16) kui sarnasus otsuse langetamisel.

Taimkatte koondkaardil on alad, mille keskmine sarnasus kaardil oleva üksuse näidistega on alla 50%, märgitud punasega. Kuigi otsuse aluseks oleva sarnasuse hulk ei näita eksimise riski kuigi täpselt, viitab vähene sarnasus olemasolevate näidistega siiski unikaalsele või näidistebaasis väheesindatud alale, mille kirjeldamine ja näidistebaasi lisamine aitaks parandada näidistebaasi klassifikatsiooni esinduslikkust.



Joonis 9.16. Õigestihinnatud vaatluste osa sõltuvus hinnatud üksuse kõige sarnasemate näidiste keskmisest sarnasusest näidistebaasis olevates õpetusandmetes taimkattekaardi genereerimisel kasutatud üksuste äratundmisel.

9.5. Üksikute suurema looduskaitse väärtusega taimkatteüksuste levik

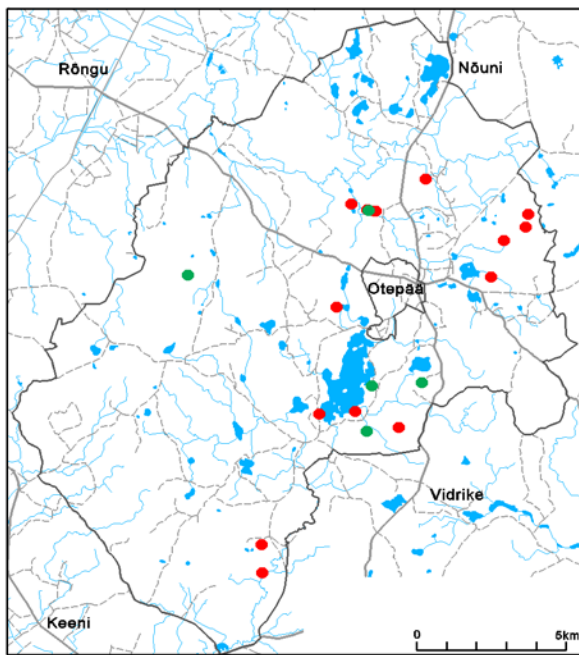
Eraldi kaardid esitatakse suurt liigikaitset väärtust omavate liigirikaste madalsoode ja põhjaveetoiteliste siirdesoodo kohta. Kuna esitatud kaardid näitavad vaid koha sarnasust uuritava üksuse seniste näidistega, siis oleks vaja kas kõiki või vähemalt siin esitatud suuremaid liigirikaste soodega sarnaseid kohti välivaatlustega verifitseerida.

9.5.1. Liigirikad allikasood Otepää looduspargis (Jaanus Paal)

Erilist tähelepanu, uurimist ja kaitset vajavad Otepää looduspargis senini suhteliselt hästi säilinud liigirikad madalsood, millest enamus on allikatoitelised (joonis 9.17). Pea alati kasvab niisugustes soodes mitut liiki käpalisi, mis on kõik looduskaitse all. Väljaspool Otepää loodusparki olevast Hellenurme-Päidlaalu tee ääres asuvast soost leiti lisaks käpalistele (*Dactylorhiza incarnata*, *D. fuchsii*, *D. russowii*, *Epipactis palustris*, *Malaxis monophyllos* ka kollast kivirikku (*Saxifraga hirculus*).

Liigirikaste madalsoode puhul on liigifondi kaitsmise kõrval ka terviklike koosluste ja biotoopide kaitse vajadusele osutatud juba 1980. aastatel (Trass 1975, Kalda 1988). Allikad, liigirikad madalsood ning samuti mõned madalsoometsa-kooslused (*incl* allikasoometsad) kuuluvad Eestis kaitset vajavate koosluste hulka (Kalda, Paal 1997, Paal 1998); madal-sootaimestiku tundlikkusele inimtegevuse suhtes on viidanud H. Trass juba 1955. a (Trass 1955). Sellest hoolimata on teave allikasoodo elustiku liigilise koosseisu ja sealsete keskkonnatingimuste kohta nii kogu Eesti kui ka üksikute piirkondade (maakondade) kohta senini äärmiselt puudulik. Teada on ainult mõned üldisemad andmed sellistes kooslustes esinevate haruldasemate taimeliikide kohta (Frey 1973, Trass 1975, Hiie 1985). Allikasoodo krüptogaame (samblikke ja samblaid) ei ole omaette siiani üldse käsitletud; samas on aga teada, et just krüptogaamid on märgades metsades leiduvate vääriselupaikade olulised indikaatorid (Trass jt 1999, Andersson jt 1999).

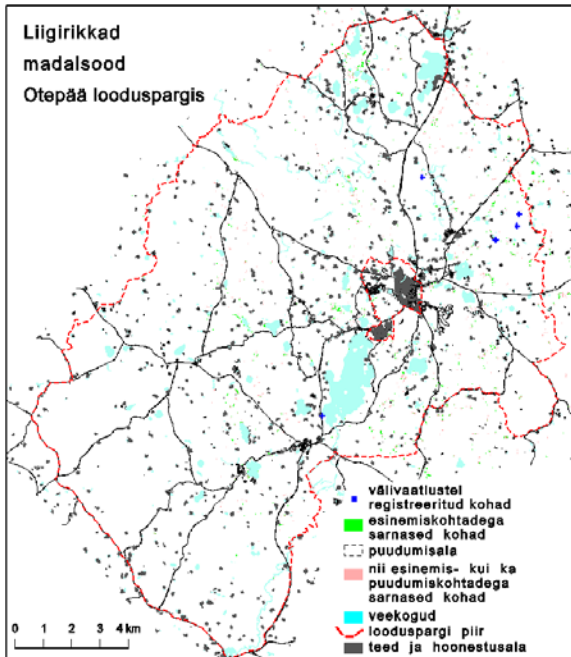
Euroopa Liidu "Loodusdirektiivi" põhjal kuuluvad nii allikad kui allikasoometsad üle-Euroopaliselt väärtustatud elupaikade hulka: vastavalt elupaigatüübid 7160 — allikad ja allikasood, 7220 — nõrglubja-allikad, 7230 — liigirikad madalsood ning 9080 — soostuvad ja soo-lehtmetsad (Paal 2004). Väiksemad allikasood ja allikad esindavad vääriselupaiku (Andersson jt 1999).



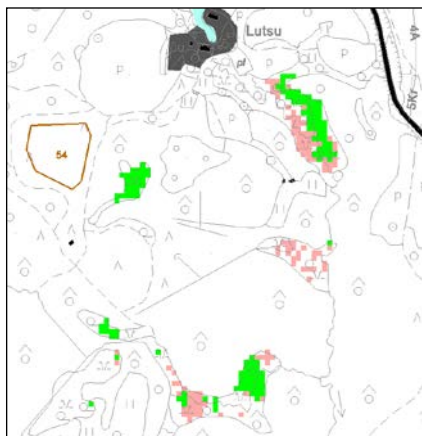
Joonis 9.17. Välivaatlustel näidiste hulka valitud liigirikaste soode (punased täpid) ja allikasoometsade (rohelised täpid) paiknemine Otepää looduspargis.

9.5.2. Liigirikkad madalsood

Liigirikaste madalsoode hulka ei ole allpool esitatud kaartidel arvestatud põhjaveetoitelisi siirdesoid ega liigirikaid madalsoometsi. Andmebaasis olevate liigirikaste madalsoodega sarnaseid kohti leidub väikestel aladel mitmel pool Otepää looduspargis (joonis 9.18). Detailed kaardid esitatakse piirkondade kohta, kus liigirikaste madalsoode moodi alasid on rohkem ja kus need alad on suuremad (joonis 9.19...9.28).



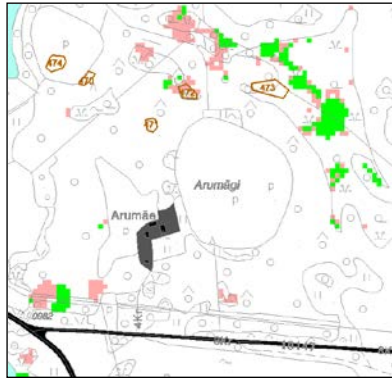
Joonis 9.18. Liigirikkad madalsood, nendega sarnased ning nii esinemis- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.



Joonis 9.19. Liigirikas madalsoo ja selle moodi kohad Lutsu talust lõunas. Pruun — näidistebaasis olev vaatlusalala ja selle number, roheline — üksuse esinemiskohtadega sarnane ala, roosa — nii üksuse esinemiskohtade kui ka puudumiskohtadega sarnane ala, taust — põhikaart.



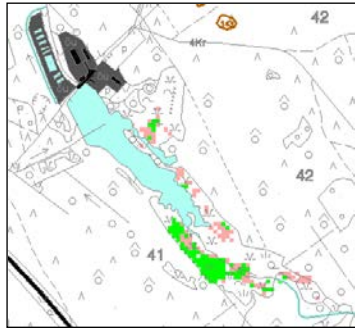
Joonis 9.20. Liigirikaste madalsoode moodi kohad Raudsepa talu juures. Tähistus joonis 9.19 juures.



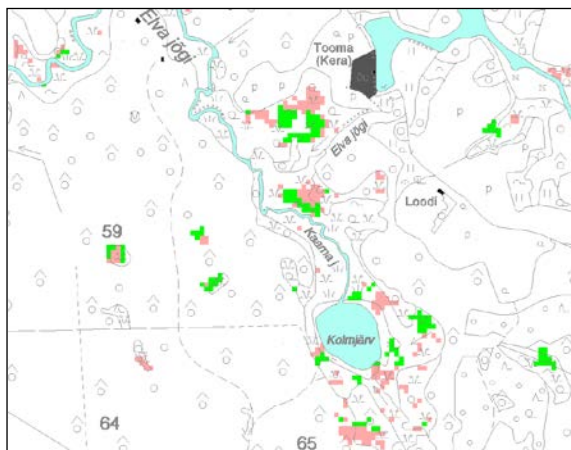
Joonis 9.21. Liigirikkad madalsood ja nende moodi kohad Arumäe ümber. Tähistus joonis 9.19 juures.



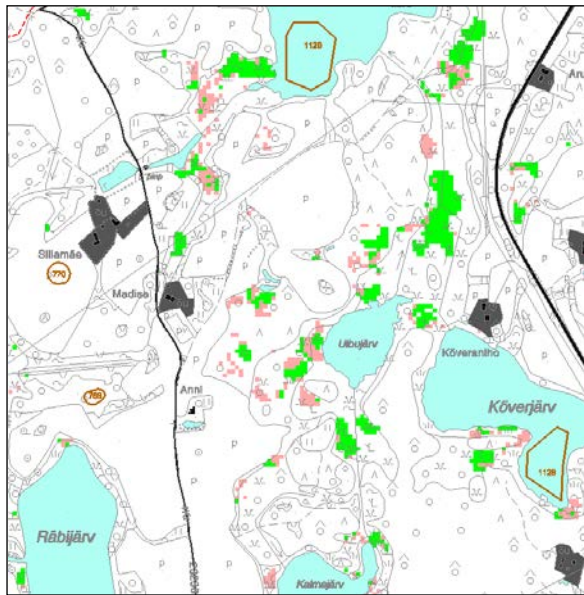
Joonis 9.22. Liigirikkad madalsood ja nende moodi kohad Saare ja Kaarnaoru talu juures. Tähistus joonis 9.19 juures.



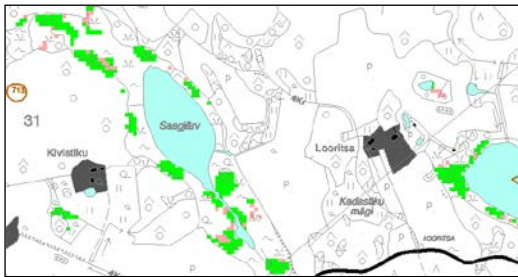
Joonis 9.23. Liigirikkad madalsood ja nende moodi kohad Palu veski paisjärve juures. Tähistus joonis 9.19 juures.



Joonis 9.24. Liigirikaste madalsoode moodi kohad Kolmjärve juures. Tähistus joonis 9.19 juures.



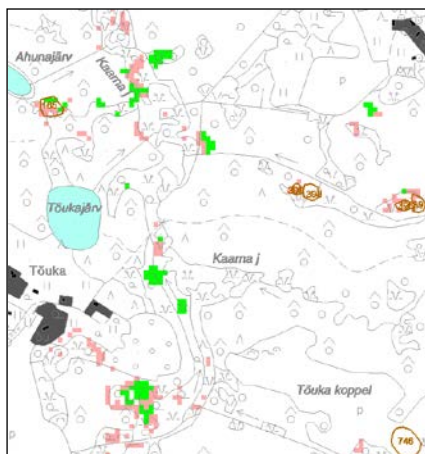
Joonis 9.25. Liigirikkad madalsood ja nende moodi kohad Pädla järvede vahel. Tähistus joonis 9.19 juures.



Joonis 9.26. Liigirikkad madalsood ja nende moodi kohad Saagjärve ümber. Tähistus joonis 9.19 juures.



Joonis 9.27. Liigirikkad madalsood ja nende moodi kohad Päidla Mudajärve lähedal. Tähistus joonis 9.19 juures.



Joonis 9.28. Liigirikkad madalsood ja nende moodi kohad Tõukajärve lähistel. Tähistus joonis 9.19 juures.

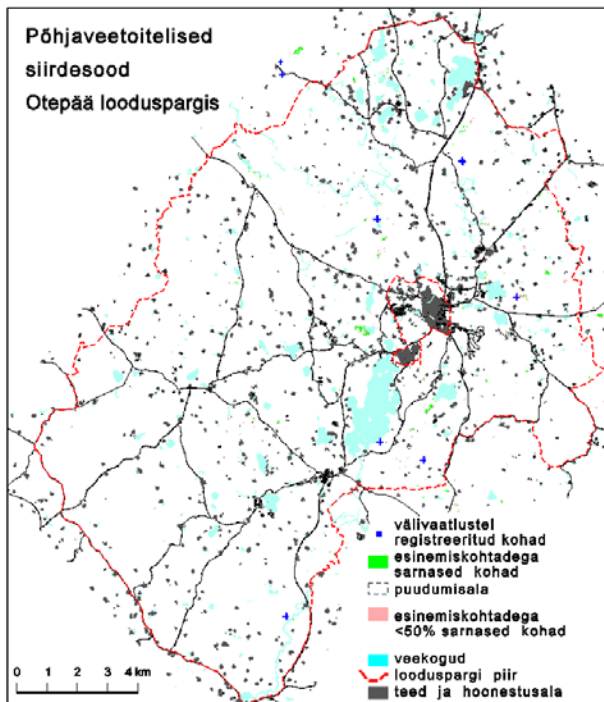
9.5.3. Põhjaveetoitelised siirdesood

Põhjaveetoiteliste siirdesoodede paiknemise ühe võimaliku hinnangu saab väljavõttena taimkatteüksuste kaardilt (joonis 9.29). Taimkatteüksuste kaardi koondkokkulangevus on üksuste suhteliselt suure hulga tõttu mittemetsas vaid 0.51. Seetõttu ei saa seda hinnangut päris kindlana võtta.

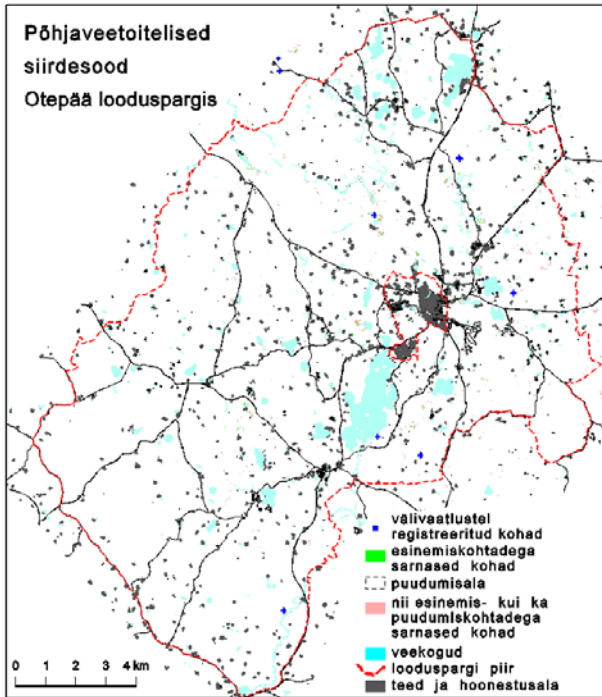
Põhjaveetoiteliste siirdesoodede äratundmise eraldi õpetamisel, kasutades põhikaardi põhialasid eelklassifikaatorina, ei saadud samuti eriti kõrget koondkokkulangevust (0.62). Põhjaveetoiteliste siirdesoodede näidiseid on näidistebaasis 11 ning need jagunevad 4 põhikaardi põhiala vahel: *raba*, *madalsoon*, *muu lage*, *mets*. Neist kolme põhialasse kuulub vaid üks või kaks vaatlust. Kuna ka taimkatte koondkaardi genereerimisel kasutati eelklassifikaatorit, siis on tulemus eelmisega üsna sarnane (joonis 9.30).

Mõlema kaardi järgi on põhjaveetoitelistele siirdesoodetele sarnaseid kohti Tõukajärve ümber (joonis 9.31), Vana-Otepääst kagu pool (joonis 9.32), Ubasoos (joonis 9.33), Äidu Kaanjärve lähedal (joonis 9.34), Mõrtsuka ja Räbijärve vahel (joonis 9.35), Väike-Trommi talust lääne pool Väikese Emajõe oru nõlvadel (joonis 9.36) ning mitmetes järvede äärsetes õõtsiksoodes. Päidlapalus paikneb tähelepanuväärselt suur allikaline soo (joonis 9.37), mis pildiandmete järgi sarnaneb põhjaveetoiteliste siirdesoodetega.

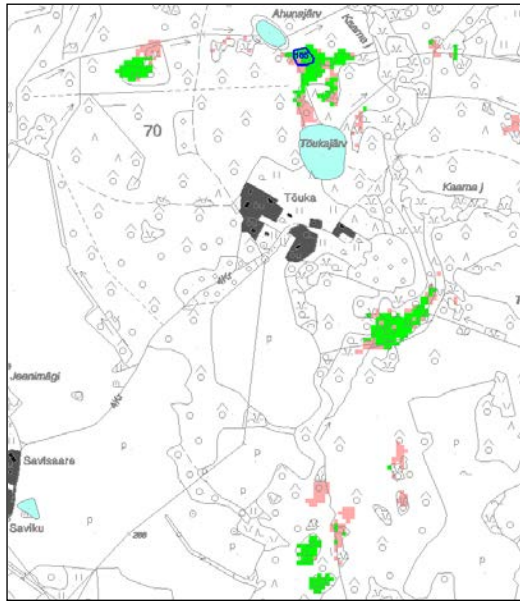
Eelklassifikaatorist loobumisel saadi küll formaalselt koondkokkulangevuseks 0.92, kuid kuna eelklassifikaator ei piiranud otsitava üksuse levikut, siis pakuti põhjaveetoitelisi siirdesoodid ka teeservadesse, rohumaale, raielankidele ning isegi põllule. Kui õpetusandmeid piirati vaid põhikaardi *madalsoon*, *raba* ja *metsaga*, siis saadi kokkulangevuseks 0.90. Hinnanguline kaart sellest prognoosiversioonist arvutati vaid õpetusandmetes kasutatud põhikaardi eelmainitud põhialade osas. See kaart näitab põhjaveetoiteliste siirdesoodede taolisi alasid lisaks eelmainitule ka Mõrtsuka küla Raudsepa talu juures (joonis 9.38) Uibujärve ja Kõverjärve vahel (joonis 9.39), Elva jõe ääres Kolmjärvest põhja pool (joonis 9.40), Käpa talu juures (joonis 9.41), Matu ja Lokumatsi talu juures (joonis 9.42), Mülke soo servaaladel ja Mülke soost idapool olevates soodes (joonis 9.43) ja mujalgi. Välitöökogemuse alusel võib väita, et paljud sellel kaardil esinemiskohtadega sarnaste kohtadena (rohelisega) näidatud sood võivad olla põhjaveetoitelised, enamik on aga pigem madalsoon kui siirdesoo staadiumis. Lisaks sarnanevad põhjaveetoiteliste siirdesoodetega ka alad, mis eelmisel põhikaardil on näidatud *noore metsana*, eelklassifikaatorina kasutatud uusimal põhikaardil aga *metsana*. Need hinnangud on optimistliku häälbega, põhjaveetoiteline siirdesoo kas ei ole kaardistamiseks piisavalt selgesti eristuv üksus või tuleb selle üksuse paremaks äratundmiseks vajalikku tunnuste ja näidiste komplekti otsinguid jätkata.



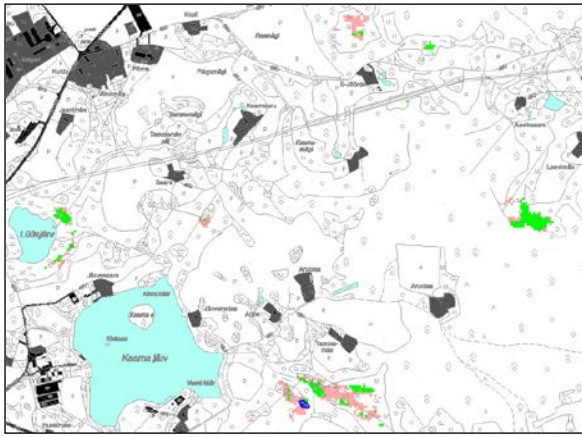
Joonis 9.29. Põhjaveetoitelised siirdesood, nendega sarnased kohad ning esinemiskohtadega <50% sarnased kohad Otepää looduspargis taimkatte koondkaardi järgi kaardistusüksuste koos õpetamisel.



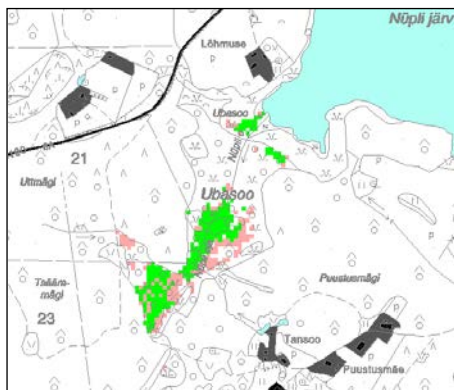
Joonis 9.30. Põhjaveetoitelised siirdesood, nendega sarnased ning nii esinemis- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis taimkatte koondkaardi järgi põhjaveetoiteliste siirdesoode eraldi õpetamisel.



Joonis 9.31. Põhjaveetoiteline siirdesoo ja sellega sarnased kohad Tõukajärve ümbruses. Sinine – näidistebaasis olev vaatlusalala ja selle number, roheline — üksuse esinemiskohtadega sarnane ala, roosa — üksuse esinemiskohtadega osaliselt sarnane ala, taust — põhikaart.



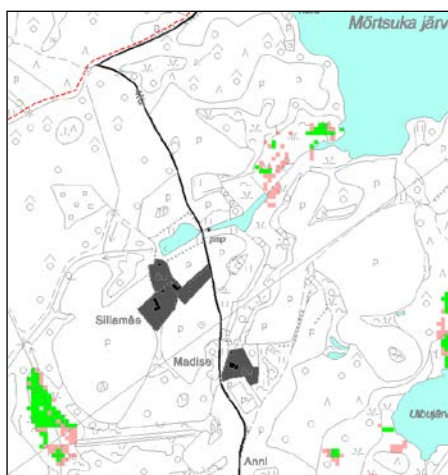
Joonis 9.32. Põhjaveetoiteline siirdesoo ja sellega sarnased kohad Vana-Otepääst kagu pool. Tähistus joonis 9.31 juures.



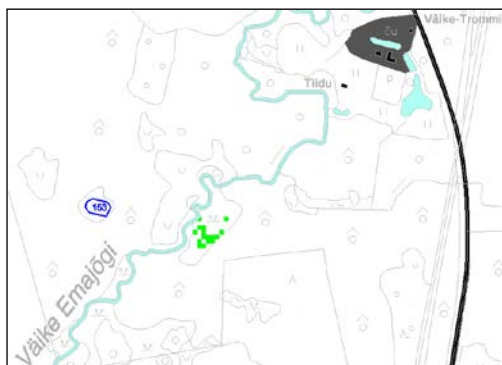
Joonis 9.33. Põhjaveetoiteliste siirdesoodega sarnased kohad Ubasoos. Tähistus joonis 9.31 juures.



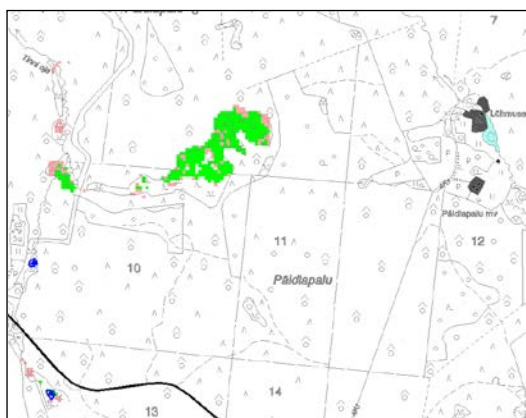
Joonis 9.34. Põhjaveetoiteliste siirdesoodega sarnased kohad Äidu Kaanjärve lähedal. Tähistus joonis 9.31 juures.



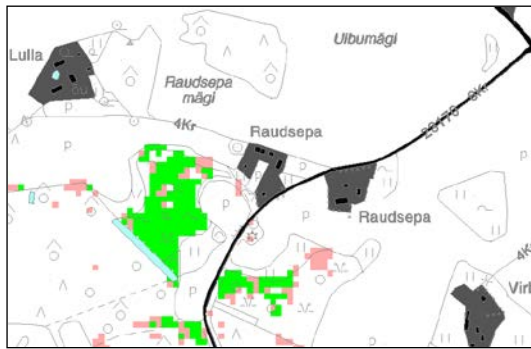
Joonis 9.35. Põhjaveetoiteliste siirdesoodega sarnased kohad Mõrtsuka ja Räjijärve vahel. Tähistus joonis 9.31 juures.



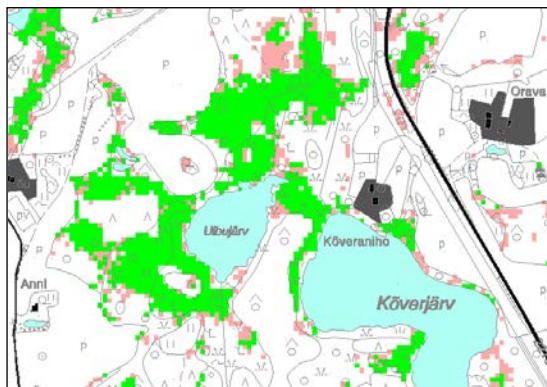
Joonis 9.36. Põhjaveetoiteline siirdesoo ja sellega sarnased kohad Väike-Trommi talust lääne pool. Tähistus joonis 9.31 juures.



Joonis 9.37. Põhjaveetoitelised siirdesood ja nendega sarnased kohad Pädlapalus. Tähistus joonis 9.31 juures.



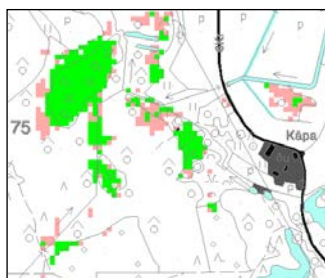
Joonis 9.38. Põhjaveetoiteliste siirdesoodega sarnased kohad Mõrtsuka küla Raudsepa talu juures. Tähistus joonis 9.31 juures.



Joonis 9.39. Põhjaveetoiteliste siirdesoodega sarnased kohad Uibujärve ja Kõverjärve vahel. Tähistus joonis 9.31 juures.



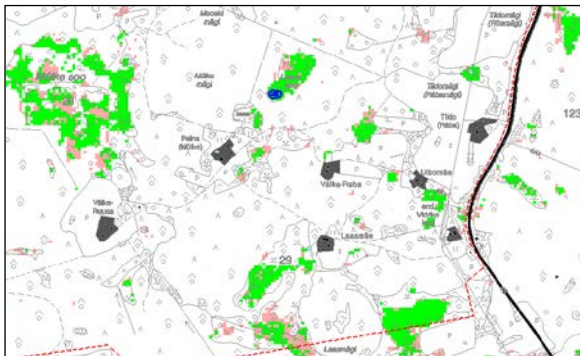
Joonis 9.40. Põhjaveetoiteliste siirdesoodega sarnased kohad Kolmjärvest põhja pool. Tähistus joonis 9.31 juures.



Joonis 9.41. Põhjaveetoiteliste siirdesoodega sarnased kohad Käpa talu juures. Tähistus joonis 9.31 juures.



Joonis 9.42. Põhjaveetoiteliste siirdesoodega sarnased kohad Matu ja Lokumatsi talu juures. Tähistus joonis 9.31 juures.



Joonis 9.43. Põhjaveetoimeline siirdesoo ja sellega sarnased kohad Mülke soos ja sellest ida pool. Tähistus joonis 9.31 juures.

10. Käpaliste kaardistus

Olemasolevad vaatlusandmed ei kata kogu loodusparki. Kuna Otepää looduspargi maastik ja taimeestiku kasvukohad on äärmiselt vaheldusrikkad, tuleks täieliku ülevaate saamiseks mingi liigi esinemiskohtadest kogu looduspark tihedalt ja mitu korda suve jooksul läbi käia, sest erinevatel liikidel on nende leidmiseks ja äratundmiseks sobivaim aeg erinev. See on üsna aega ja muid ressursse nõudev. Autorid loodavad, et hinnangulised kaardid, mis näitavad iga koha sarnasust mingi liigi teadaolevate esinemiskohtade või puudumiskohtadega, aitavad vähendada edasiste taimeestikuinventeerijate ja kaardistajate jalavaeva ning leida kaitset vajavate liikide uusi esinemiskohti.

Ei tasu loota, et ühegi liigi esinemiskohti õnnestub pildi- ja kaardiandmete järgi täieliku kindlusega ära tunda, sest käpalised ei ole isegi detailsetel aerofotodel otse nähtavad. Paremalt juhul on kaugseire andmekihtide, mullakaardi ja teiste topograafiliste andmete järgi võimalik eristada vaid ühe või teise käpalise tavapärasest kasvukohta. Isegi kui õnnestuks kindlalt ära tunda mõnele käpaliseliigile sobivad kasvukohad, ei tagaks see liigi esinemiskohtade kindlat kaardistamist. Liik võib talle sobivast kasvukohast puududa mitmel põhjusel, näiteks vajalike sümbiontseente puudumise tõttu. Mõne liigi, näiteks kahkjaspunase sõrmkäpa populatsiooni arvukus võib olla väga kõikuv. Kohas, kus mõnel aastal on sadu isendeid, ei pruugi järgmisel aastal ühtegi olla (Kull, Tuulik 2002).

Selles töös kasutati iga käsitletava käpaliseliigi puudumiskohtadena teiste käpaliseliikide esinemiskohti ja vaatleja liikumisteel olevaid kohti tingimusega, et kõigi õpetusandmetes olevate nii liigi puudumise kui ka esinemise vaatluskohtade vahemaa oleks suurem kui 100 m. Nagu esinemisandmed, pole ka puudumisandmed 100% kindlad, sest puudumiskohaks võib olla märgitud tegelikult liigile sobiv koht, kus aga välitöö teostamise aastal ühtegi liigi isendit mingil põhjusel ei kasva. Puudumisandmete registreerimine võimaldab aga liigi esinemisootust paremini modelleerida kui vaid esinemiskohtade kasutamine. Esinemiskohtade ja uuritavat maastikku esindavate juhupunktide kasutamine tagaks maastikuüksuste esindatuse vastavalt nende osakaalule, paraku on aga juhupunktide, mida pole külastatud, käsitlemine liigi puudumiskohtadena vähem usaldusväärne kui vaatleja liikumisteel jäänud puudumiskohtade fikseerimine.

10.1. Käpaliseliikide esinemise/puudumise tehisõpe

Arvutile püüti näidiste järgi õpetada 14 käpaliseliigi ja perekond käokeeles esinemiskohti (tabel 10.1). Teiste käpaliste liikide kohta on andmebaasis usaldatava prognoosimudeli või näidistekomplekti koostamiseks liiga vähe vaatlusandmeid. Perekond käokeeles puhul takistab liikide kaupa käsitlemist liigini määramata leidude enamus varasemates vaatlusandmetes.

Seni kuni pole sõltumatuid kontrollandmeid, saab näidistele tuginevate kaartide paikapidavust hinnata tehisõppes saavutatud kokkulangevuste järgi. Hinnangute ja vaatluste kokkulangevuse mõõtmist *Pidevstuudiumis* kirjeldab peatükk 7.4.2.7. Liikide esinemise/puudumise hinnangute täpsust iseloomustatakse selles uurimuses koondkokkulangevuse, esinemisõigsuse (õigete esinemishinnangute osa) ja puudumisõigsuse (õigete puudumishinnangute osa) abil (tabel 10.1). Koondkokkulangevus erineb arvutuslikult esinemisõigsusest ja puudumisõigsusest: esinemisõigsus ja puudumisõigsus arvutatakse esinemis- ja puudumisjuhtude arvu, koondkokkulangevuse aga sarnasuste summast (õigestihinnatud esinemiskohtade sarnasuse ja puudumiskohtade sarnasuse summa miinus üks). Koondkokkulangevus ei ole esinemise ja puudumise õigete hinnangute osast otseselt arvutatav, sest osa õigetest hinnangutest sisaldab mingi osa kõhklust (sarnasust vastasvariandiga). Näiteks liigi esinemisega vaatlus, mis

sarnaneb esinemiskohtadega 80% ja puudumiskohtadega 20% ulatuses, panustab esinemishinnangute keskmisesse 80%. Kui samasuguses kohas liiki ei leitud, siis panustab vaatlus puudumisehinnangute keskmisesse 20%. Üldiselt on koondkokkulangevus madalam kui esinemise/puudumise hinnangute kokkulangevused, sest selle miinimumväärtus on –1, mitte null, nagu tavapäraselt arvatud kokkulangevusel.

Kui esinemise kokkulangevus on suurem kui puudumise kokkulangevus, siis on tunnuste ja näidiste kaalud optimeeritud nii, et eelkõige oleksid õigesti hinnatud liigi esinemiskohad ja liigi esinemist on pakutud ka vähetõenäolistes esinemiskohtadesse. Kui täpsemad on puudumise hinnangud, siis on prognoosiv süsteem liigi esinemise pakkumisega ettevaatlik ehk konservatiivne.

Kõigi siinkäsitletud liikide puhul on esinemiskohtade näidiseid vähem kui liigi puudumise kohtade näidiseid, sest uuritud liigid ei ole ubikvistid. Kuna tehisõpe optimeerib kaalud sarnasuste summat kasutava koondkokkulangevuse ja mitte kokkulangevate vaatluste arvu järgi, siis suurema mahuga variandi (mitteesinemise) puhul lubatakse suuremat väärhinnangute koguarvu. Seetõttu on liigi esinemiskohtadeks hinnatud ala mõnevõrra liialdatud.

Tabel 10.1. Käpaliste esinemise hinnangukaartide genereerimisel kasutatud prognoosikomplektide üldised arvnäitajad. Õpetusandmetena kasutati vaid >100 m vahega vaatluskohti. + veerus PK tähistab põhikaardi põhialade kasutust eelklassifikaatorina, – märgib põhikaardi mittekasutamist eelklassifikaatorina, õpetusandmete ja näidiste puhul tähistavad + ja – vastavalt liigi esinemiskohti ja puudumiskohti. *I*ter — parima tulemuse tehisõppe iteratsiooni järjekorranumber.

Liik	PK	Iter	Tunnuste arv	Vaatluste arv				Vastavus		
				õpetus		näidised		õigete osa		koond
				+	–	+	–	+	–	
suur käöpõll	+	70/41*	4/8*	85	4018	41	117	0.86	0.83	0.68
soohiilakas	–	166	6	7	5124	5	82	0.86	1.00	0.78
kahkjaspunane sõrmkäpp	+	311	8	162	2759	58	99	0.91	0.84	0.74
balti sõrmkäpp	+	414	6	80	3823	32	112	0.74	0.86	0.60
pruunikas pesajuur	+	209	9	17	5128	13	74	0.59	0.94	0.50
soo-neiuvaip	+	291	6	155	2551	56	94	0.88	0.86	0.76
vööthuul-sõrmkäpp	+	424	6	99	4041	32	82	0.86	0.85	0.70
kuradikäpp	+	259	7	33	4626	19	92	0.79	0.92	0.68
soovalk	+	249	7	17	4899	13	69	0.81	0.88	0.71
laialehine neiuvaip	+	281	8	15	5073	9	66	0.73	0.96	0.69
Russowi sõrmkäpp	+	529	3	16	4736	10	116	0.69	0.96	0.63
harilik käöraamat	+	487	7	8	4976	5	36	0.86	0.97	0.83
roomav öövilge	–	120	7	11	5155	4	24	0.91	0.98	0.88
käokeel	+	513	6	32	4996	16	133	0.66	0.95	0.59
täpiline sõrmkäpp	+	224	4	6	5011	4	58	0.66	0.96	0.70

*) suure käöpõlle esinemiskohtade äratundmist õppis arvuti eraldi metsas (esimene arv) ja lagedal (teine arv).

10.2. Esinemiskohtadega sarnaste kohtade kaardid

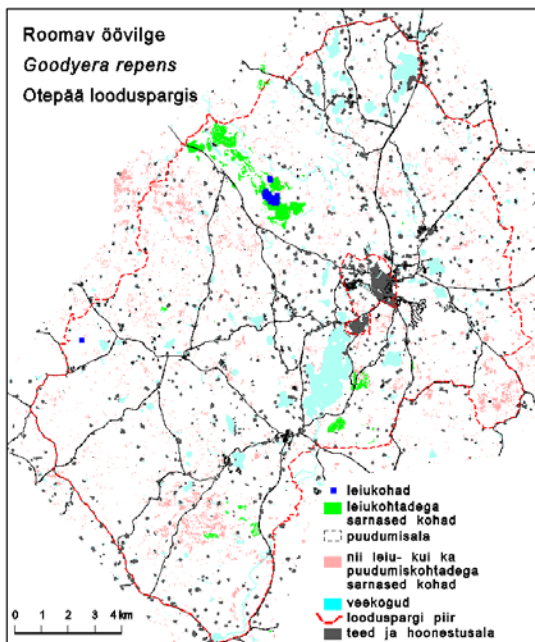
Kaartide genereerimisel kasutati andmebaasi, mis sisaldab käpaliste leiu- ja puudumiskohtade andmeid ka väljastpoolt Otepää loodusparki. Kõik prognoosikaardid on esialgsed, neid on kavas tulevikus välivaatlustega täpsustada. Eriti vajalikud on välivaatlused kaartidel roosaga tähistatud, nii üksuse esinemise kui ka puudumise kohtadega sarnaneval alal.

Eesti 1: 10 000 Põhikaardilt (© Maa-amet 2001...2005), on lisatud veekogud (sinine), ala, mida ei uuritud (hoonestus-, õue- ja teedeala) (tumehall) ning detailsematel väljavõttelekaartide põhikaardi joonelementide võrgustik.

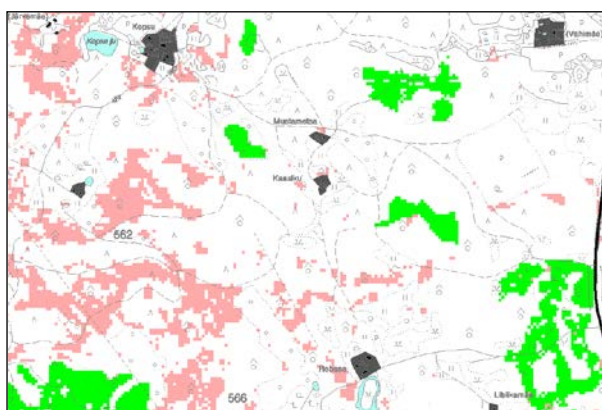
10.2.1. *Goodyera repens* — roomav öövilge

Näidistele tuginev prognoosisüsteem pakub seniste andmebaasis olevate leiuandmete järgi liigi esinemist eelkõige Palu-Kirikuküla vahelisele palumetsade alale, aga ka Hobusemäele ja Kõrgepalu Varikmäele Pühajärve idakaldal. Kontrollimist vääriksid ka Märdi veski ja Kopsu talu vahelised metsad (joonis 10.1, 10.2).

Kaart on näidistest tuletatud põhiliselt mullaliigi järgi, vähemal määral arvestati ortofoto rohelise tooni standardhälvet. Andmebaasis olevast 69 liigi leiukohast kasutati õpetusandmetena vaid 11, sest enamik andmebaasis olevaid leiukohti paikneb lähestikku Palu ja Kirikuküla vahelises palumetsas ning alla 100 m vahega leiukohti õpetusandmetesse ei võetud. 11 õpetusandmete leiukohast paiknevad 9 huumuslikul leedemullal.



Joonis 10.1. Roomava öövilke (*Goodyera repens*) leiukohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.



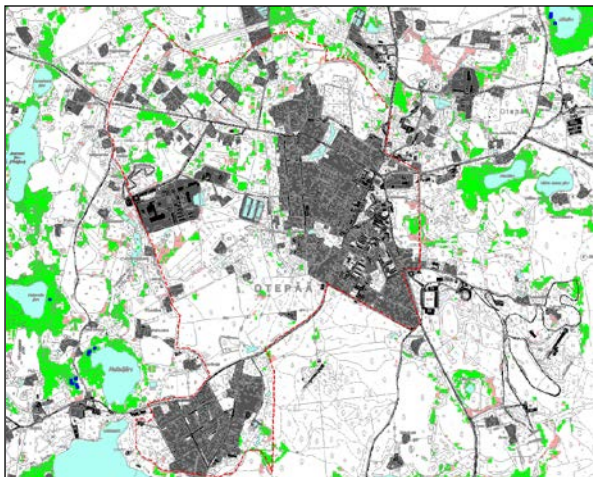
Joonis 10.2. Roomava öövilke (*Goodyera repens*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Otepää looduspargi lõunaosas.

10.2.2. *Epipactis palustris* — soo-neiuvaip

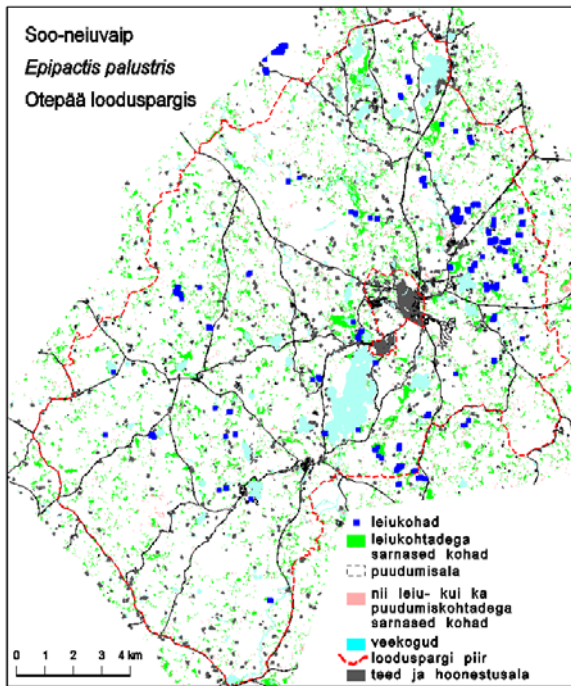
Liik esineb paljudes Otepää looduspargi madal- ja siirdesoodes. Liik moodustab ulatuslikke risoome ja esineb seetõttu enamikes leiukohtades üsna ohtralt. Hinnanguline levikukaart tõenäoliselt ülehindab liigi esinemist, pakkudes seda enam-vähem kõikidesse lagedatesse madalsoodesse (joonis 10.4).

Senistest andmetest tehisõppel leitud parimas prognoosivas kompleksis on suurem kaal järgmistel tunnustel: põhikaardi nii eelmise kui ka uuema kaardistuse põhialad, ortofoto punase tooni heleduse maksimum ja kevadine infrapunakiirguse hulk Landsat ETM järgi. Soo-neiuvaip kasvab eelkõige kaldaõõtsikutel, siirdesoodes ja madalama rohustuga madalsoodes, kus kevadist punast ja infrapunast kiirgust neelavat taimestikku on vähe, ning kus pole ka kiirgust neelavat lausvett. Liiki on Otepää looduspargist leitud ka niiskelt niidult ja söödilt veesoone avanemiskohast künka põhjanõlval.

Liigi puudumise näidiskohtade andmestiku täiendamiseks oleks vaja üle kontrollida üleujutatavad ja lopsaka tarnastikuga sood, kus soo-neiuvaip senise kogemuse kohaselt ei tohiks esineda. Soo-neiuvaiba kasvukohtadega sarnaseid kohti on rohkesti muuhulgas Otepää linna vahetus ümbruses, mida tuleks samuti kontrollida (joonis 10.3).



Joonis 10.3. Soo-neiuvaiba (*Epipactis palustris*) leiukohad (tumesinised täpid), leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiukohade kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Otepää linna ümbruses.

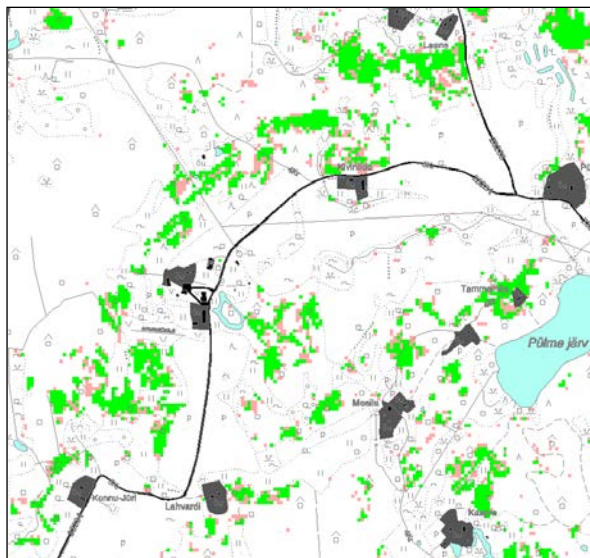


Joonis 10.4. Soo-neiuvaiba (*Epipactis palustris*) leikohad, leiucohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.

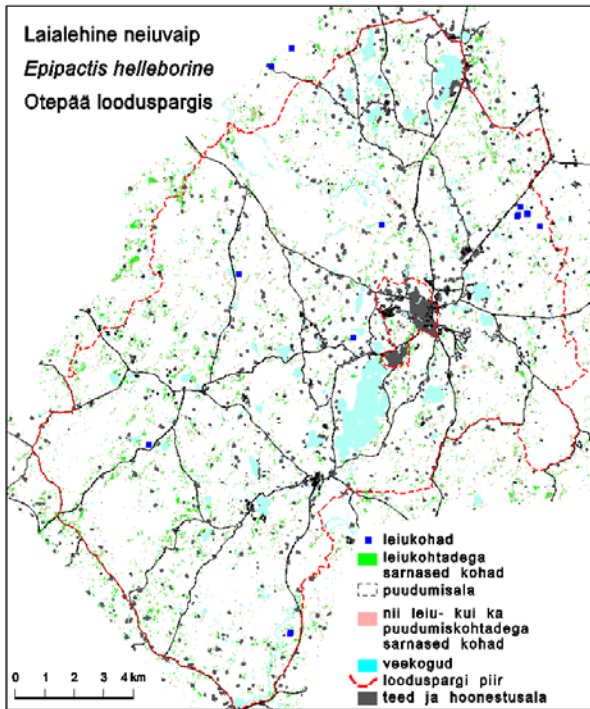
10.2.3. *Epipactis helleborine* — laialehine neiuvaip

Liigi eelistatumateks kasvukohtadeks on salumetsad ja viljakama mullaga puisniidud (Schmeidt 1996). Liigi leiukohti on käpaliseleidude andmebaasis 23 (seisuga veebruar 2006), kusjuures mitmed neist kohtadest paiknevad lähestikku. Lähestikuste vaatluste eemaldamise järel õpetusandmetesse jäänud 15 leiukoha põhjal kui ka hinnangulise kaardi järgi on liigi esinemine üsna etteaimamatu (joonis 10.6). Kontrollimist väärriks näiteks Pülme järve ja Piiri spordibaasi piirkond, kus on rohkesti seniste esinemiskohtadega sarnaseid alasid (joonis 10.5).

Seniste Otepää leiuanndmete kohaselt seostuvad liigi esinemiskohad mingil määral metsa-servadega, mis on eelistatult läänenõlval. Laialehine neiuvaip kasvab muuhulgas ohtralt kruusatee ääres Turujärvest ida pool. Kaardi genereerimisel olid kaalukamateks tunnusteks põhikaardi põhiala, põhialade hulk ümbruses ja ekspositsioon. Ka suvine roheline ja soojus-kiirguse intensiivsus omas kaardi arvutamisel keskmisest suuremat kaalu.



Joonis 10.5. Laialehise neiuvaiba (*Epipactis helleborine*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Pülme järvest lääne pool.

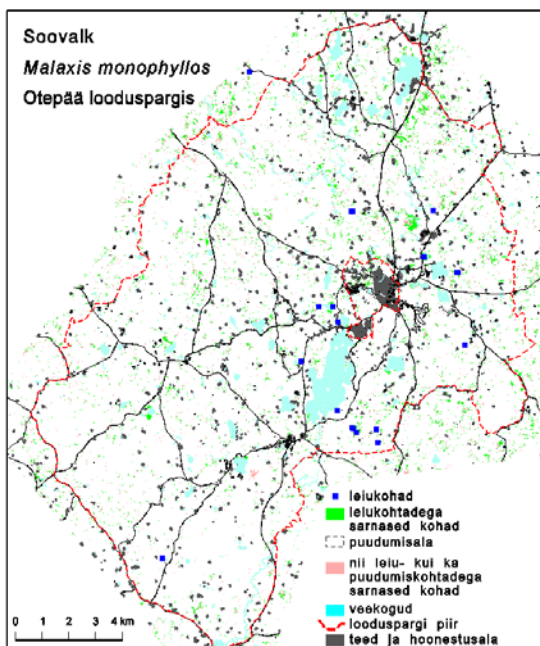


Joonis 10.6. Laialehise neiuvaiba (*Epipactis helleborine*) leikohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.

10.2.4. *Malaxis monophyllos* — soovalk

Senistest andmetest tehisoõppel leitud parimas prognoosivas komplektis on suurem kaal järgmistel tunnustel: mulla lõimis, peegeldunud infrapunakiirguse intensiivsus, metsakorraldusfoto heledus. Eelklassifikaatorina kasutati põhikaarti.

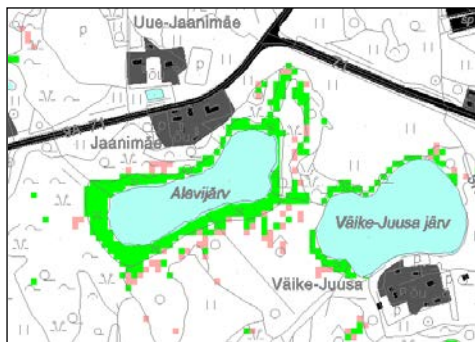
O. Schmeidt (1996) märgib, et liigi armastatuim kasvukoht on lodumets. Näidistele tuginev prognoosisüsteem pakub liigi esinemist eelkõige õõtsiksoodele (joonis 10.7), kuigi enamik andmebaasis olevatest leidudest pärineb madalsoodest ja soometsadest. Välitöödel külastamata kohtadest võiks kontrollida eelkõige Pekujärve, Alevijärve ja Väike-Juusa järve äärseid õõtsikuid (joonis 10.8, 10.9). Leiukohtadega on sarnane ka soomets Äijärve ja Vana-Otepää vahel (joonis 10.10).



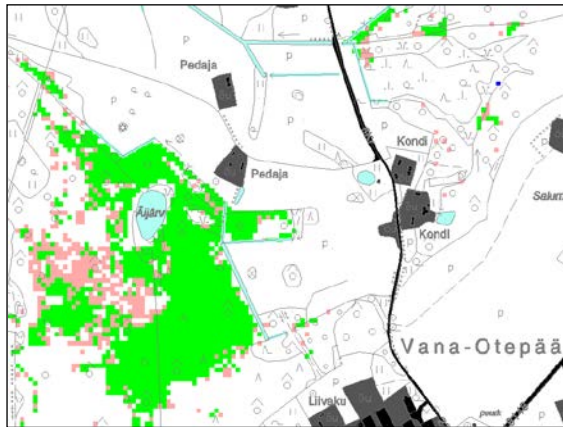
Joonis 10.7. Soovalgu (*Malaxis monophyllos*) leiukohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.



Joonis 10.8. Soovalgu (*Malaxis monophyllos*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Pekujärve ümbruses.



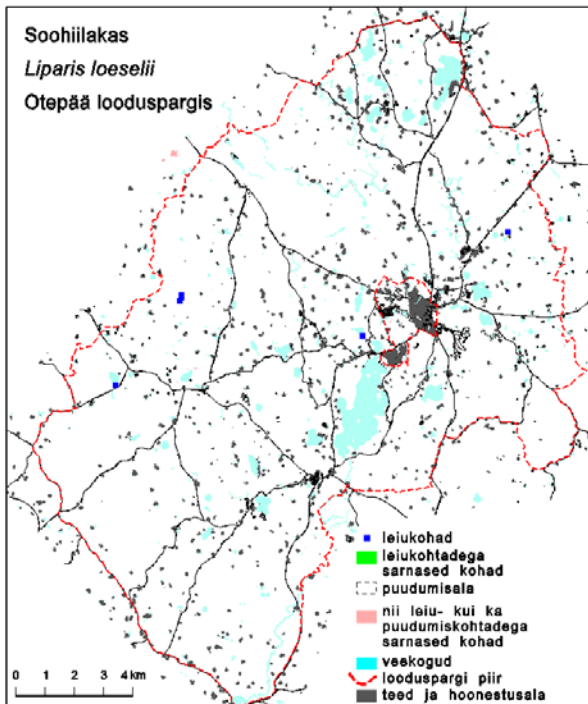
Joonis 10.9. Soovalgu (*Malaxis monophyllos*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Alevijärve ja Väike-Juusa järve kaldaõõtsikul.



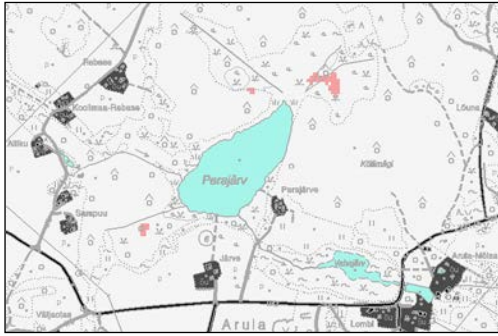
Joonis 10.10. Soovalgu (*Malaxis monophyllos*) leiukoht (tumesinine täpp), leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Vana-Otepääl Äijärve ümbruses.

10.2.5. *Liparis loeselii* — soohilakas

Tehisõppel leitud parimas prognoosivas komplektis on suurem kaal järgmistel tunnustel: lähisinfrapunakiirgus, madalsoomulla osakaal ümbruses, punase värvi intensiivsus ja ortofoto värvitoon, mis soohilaka senistes leiukohtades on valdavalt kollakas-roheline. Liigi seniste leiukohtadega on sarnased vaid Arula Perajärve ümber oleva madalsoo keskmised osad, mida 2005. aasta välitööde käigus ei külastatud (joonis 10.11, 10.12).



Joonis 10.11. Soohilaka (*Liparis loeselii*) leiukohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis ja selle lähistel.

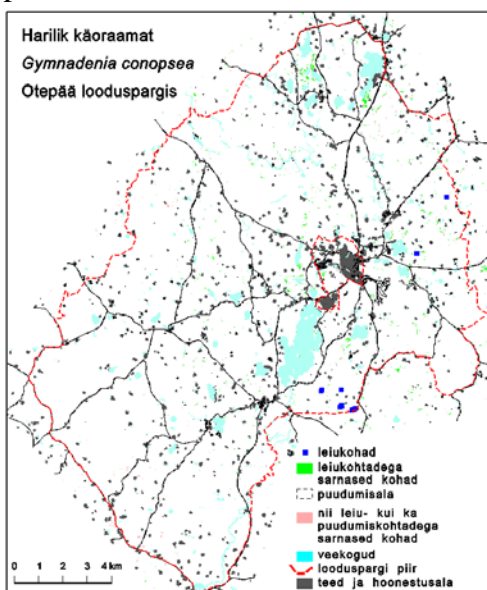


Joonis 10.12. Soohilaka (*Liparis loeselii*) leiukohtadega sarnased kohad (roosa) Arula Perajärve ümbruses.

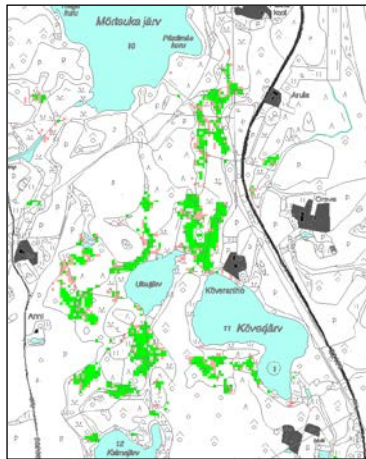
10.2.6. *Gymnadenia conopsea* — harilik käoraamat

O. Schmeidt (1996) märgib, et liik võib esineda väga erinevates kasvukohtades. Otepää looduspargist on andmebaasis vaid üks puissoost erinev leiukoht — 2001. aastal leidis Kalle Remm liiki erodeeritud nõlvalt söödil kohast L-Est süsteemi koordinaatidega 640887, 6432732. 2005. aasta suvel oli leiukoht tihedalt mets-harakputkega kaetud ja käoraamat sealt ilmselt välja tõrjutud.

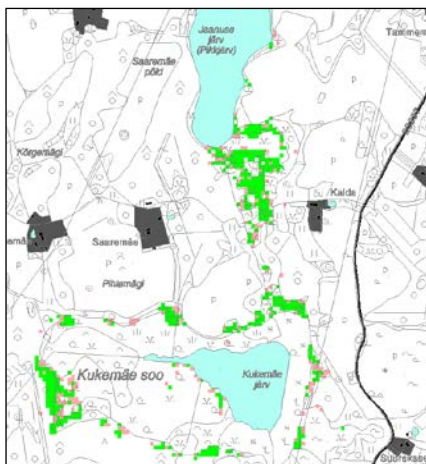
Hinnanguline kaart juhib tähelepanu liigi esinemiskohtadega sarnastele aladele Päidla järvede juures ning Jaanuse ja Kukemäe järve vahel (joonis 10.13...10.15). Kaardi genereerimisel kasutati tunnustena põhikaardi põhiala, mullaliiki, infrapunase kiirguse tugevust, ortofoto värvitooni, roheline värvuse tugevust, punase värvi üleminekute sujuvust, heleduse gradienditugevust. Neist suurim kaal omistati tehisõppe käigus ortofoto heleduse gradiendi tugevusele, mis tuleneb enamiku seniste leiukohtade paiknemisest suhteliselt lageda soo ja puissoo servaalal.



Joonis 10.13. Hariliku käoraamatu (*Gymnadenia conopsea*) leiukohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.



Joonis 10.14. Hariliku käöraamatu (*Gymnadenia conopsea*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Pädla järvede vahel.



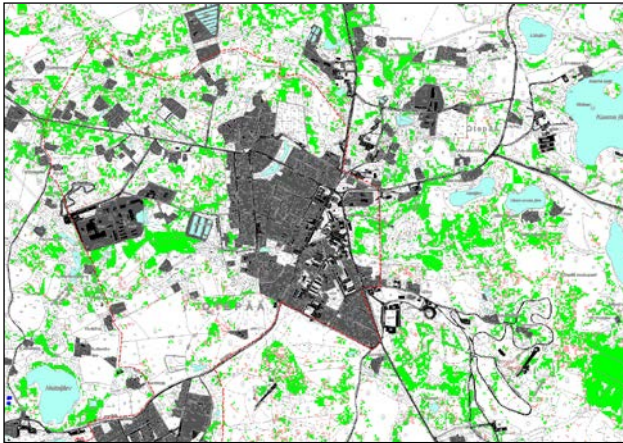
Joonis 10.15. Hariliku käöraamatu (*Gymnadenia conopsea*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Jaanuse ja Kukemäe järve juures.

10.2.7. *Listera ovata* — suur käöpõll

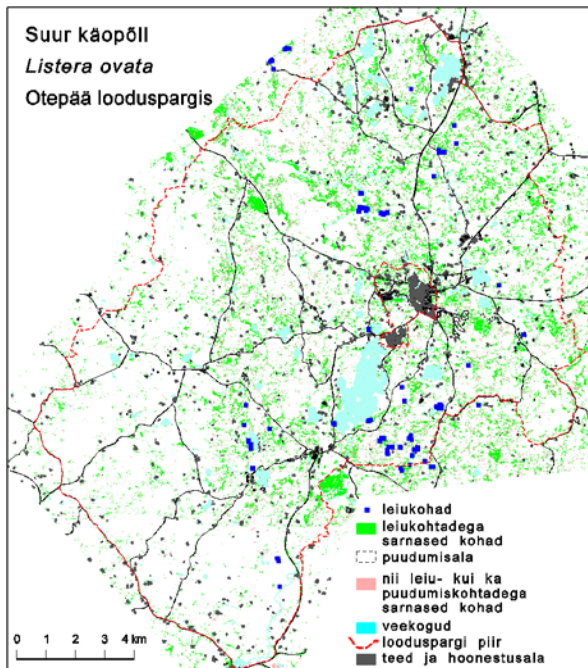
Näidistele tuginev prognoosisüsteem pakub liigi esinemist kõige enam looduslikus seisus niitudele, kuivendatud, kuid sööti jäänud turbarohumaadele, madalsoodesse ja soometsa. Päril palju on liigi leiukohtadega sarnaseid kohti Otepää linna lähiumbruses (joonis 10.16). Liiki on korduvalt leitud soometsadest, kus mullakaart ekslikult turbapinnast ei näita. Seetõttu pakub näidistele tuginev süsteem liigi esinemiskohtadeks arvatavasti ülemäära sageli kuiva metsa kohti. Teisalt on liik laia ökoloogilise amplituudiga ning selle esinemine mitmesugustes metsades ei ole haruldane (Schmeidt 1996). Ilmselt tuleks õpetusandmete sobivust edaspidi

kriitilisemalt hinnata ning kaardidefektide kohta sattunud vaatlused õpetusandmete hulgast eemaldada. Kaardil on jälgitav uuemate ja detailsemate ning vanemate ja hägusamate ortofoto de piir, mille toob esile ortofoto rohelise tooni standardhälbe suhteliselt suur kaal tehisoõppe poolt valitud tunnustekomplektis (joonis 10.17).

Liigi esinemiskohtade esialgne kaardistus ei andnud rahuldavaid tulemusi: koondvastavus oli vaid 0.57 ning liigi esinemist prognoositi ebausutavalt palju kuivadesse metsadesse. Seetõttu korraldati tehisoõpet põhikaardi järgsel metsa- ja mittemetsa alal eraldi, mille tulemusena saadi õpetusandmetes kõrgemad koondvastavused: 0.68 metsas ja 0.69 mittemetsas. Kaalukamateks tunnusteks mullaliigi kõrval valis tehisoõppe metsas: maikuu Landsat ETM rohelise kiirguse ja ortofoto rohelise tooni intensiivsuse standardhälbe, lagedal: maikuu lähisinfrapuna gradienditugevuse, ETM halltooni ja metsakorraldusfoto rohelise tooni intensiivsuse.



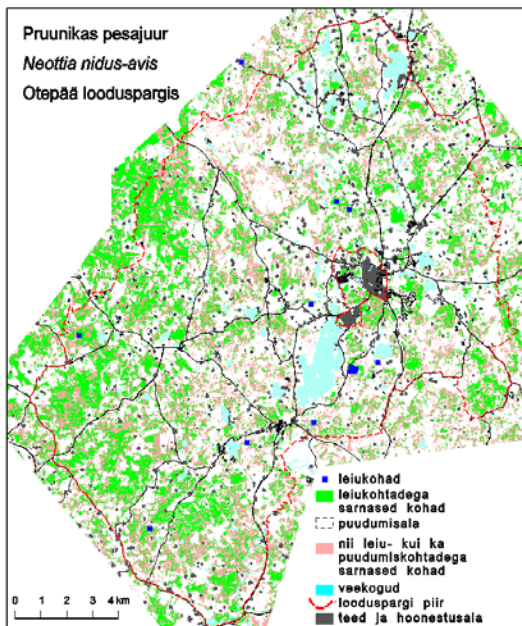
Joonis 10.16. Suure käopõlle (*Listera ovata*) leiukohad (tumesinised täpid), leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Otepää linna ümbruses.



Joonis 10.17. Suure käopõlle (*Listera ovata*) leiukohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.

10.2.8. *Neottia nidus-avis* — pruunikas pesajuur

Liik kasvab eelkõige varjulistes kuusikutes (Schmeidt 1996). Senistest andmetest tehiseõppel leitud parimas prognoosivas komplektis on suurem kaal järgmistel tunnustel: põhikaardi põhiala, mullaliik ja selle vahelduvus ümbruses ning tervelt viis tunnust ortofotolt (värvitoon, punase tooni keskmine, maksimum ja ekstsessitegur ning heleduse ekstsessitegur). Nii ortofoto heleduse kui ka punase tooni ekstsessitegur näitavad, et liigi esinemiskohtades on ortofoto heledus suhteliselt ühtlane. Esinemis- ja puudumiskohtade ekstsessiteguri keskmiste erinevus ei ole statistiliselt oluline, kuid võib osutada, et liik väldib metsaservi, kus külgnevad erineva heledusega alad. Looduspargi lääne- ja lõunaosas, kus olid kasutada vanemad aerofotod, mille detailsus on väiksem ja heleduse üleminekud sellega seoses kõikjal sujuvamad, on prognoosikaardil liigi esinemise tõenäosus ilmselt üle hinnatud (joonis 10.18).

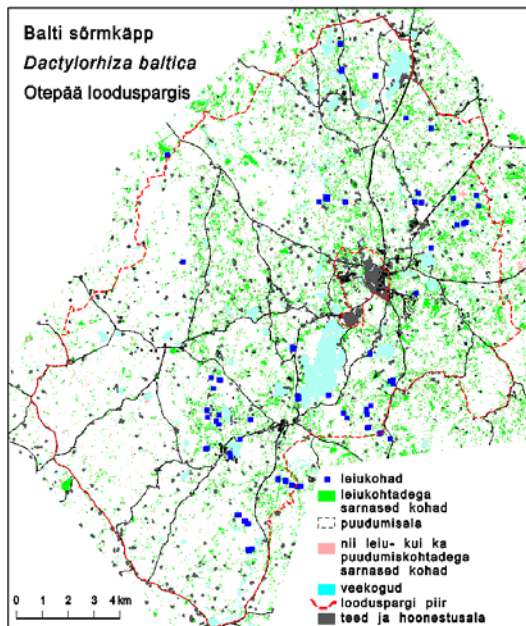


Joonis 10.18. Pruunika pesajuure (*Neottia nidus-avis*) leikukohad, leikukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.

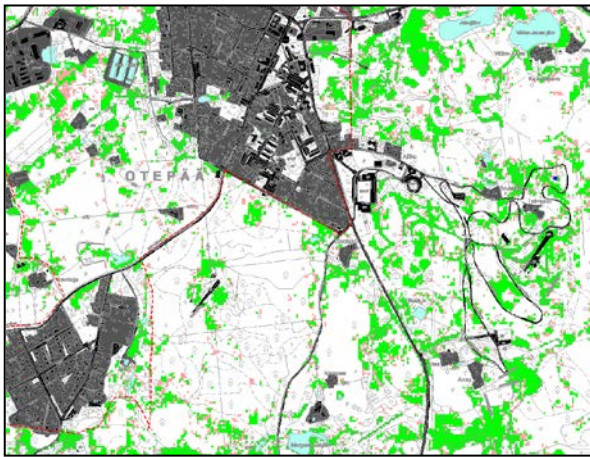
10.2.9. *Dactylorhiza baltica* — balti sõrmkäpp

Kirjanduse andmetel peaks see liik esinema eelkõige veekogude juures (Kull, Tuulik 2002). Geograafia instituudi käpaliseleidude andmebaasis olevate andmete järgi on balti sõrmkäpp üsna sageli leitud sөөtidelt, aga ka kuivast maanteekraavist. O. Schmeidt (1996) mainib liigi enne 1990. aastaid hävinud esinemiskohta Tallinna tööstusmaastikus. Esinemiskohtadega sarnasuse kaart viitab balti sõrmkäpa võimalikule esinemisele muuhulgas sөөtitele sarnastel suusatrassidel ja mäesuusatamise nõlvadel (joonis 10.19, 10.20).

Senini parim tehiseppe leitud tunnuste komplekt üritab liigi esinemiskohti tuvastada, kombineerides Landsat ETM rohelist, infrapuna ja heledust, metsakorraldusfoto ja ortofoto punast värvi ja ortofoto heleduse gradienditugevust ning põhikaardi põhialasid eelklasifikaatorina. Tulemus kuulub nõrgemate hulka (koondkokkulangevus 0.6, tabel 10.1).



Joonis 10.19. Balti sõrmkäpa (*Dactylorhiza baltica*) leiukohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.



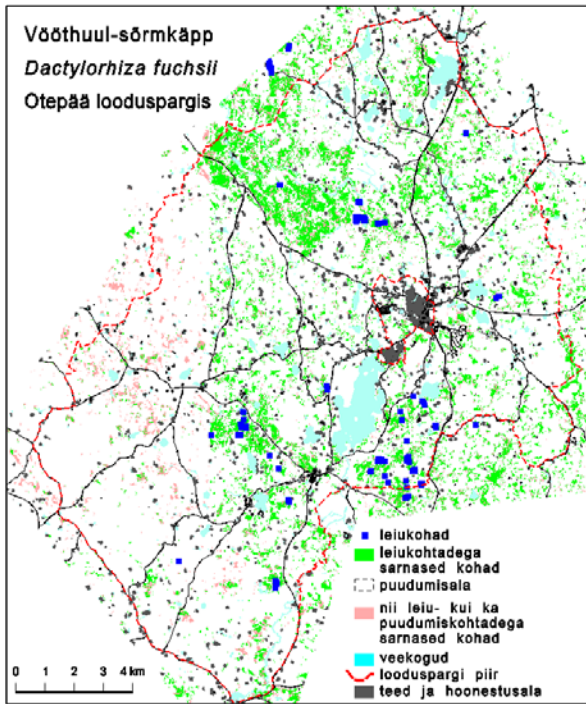
Joonis 10.20. Balti sõrmkäpa (*Dactylorhiza baltica*) leiukoht (tumesinine täpp), leiukoh-
tadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa)
Otepää-Pilkuse-Nüpli piirkonnas.

10.2.10. *Dactylorhiza fuchsii* — vööthuul-sõrmkäpp

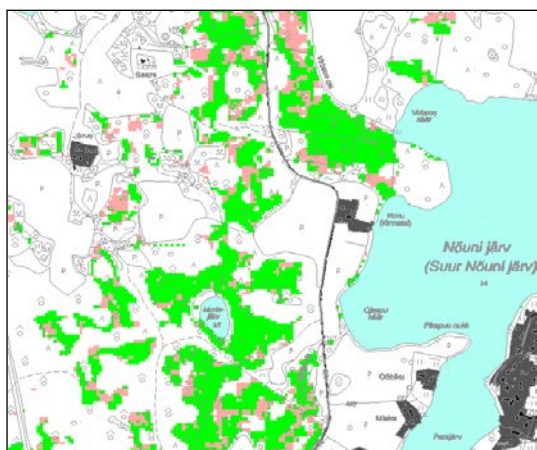
Sõrmkäpaliigid on omavahel raskesti eristatavad ning annavad tihtipeale ka hübriide. Üks ebaselgemaid on piir *D. maculata* ja väga varieeruvate tunnustega *D. fuchsii* vahel. Paljude käpalisteleidude andmebaasis olevate liigini määramata sõrmkäpaleidude hulgas võib olla mitmeid mainitud liikide leide.

Sarnasus liigi esinemiskohtadega on suurem ulatuslikul alal Palu ja Kirikuküla vahelistes kuivades palumetsades, mis on üllatav, kuna käpalised üldiselt eelistavad karbonaatsemaid ja niiskemaid kasvukohti (joonis 10.21). Üheks põhjusteks, miks liigi esinemist neisse kohtadesse on prognoositud, võib olla kuiva palumetsa vaatluste ebapiisav hulk liigi puudumiskohtade näidistena, teisalt aga mitu leiukohta mineraalmaal metsavahelise kruusatee ääres. 1:10 000 mullakaart ei kajasta paraku kruusase teetammi lokaalset mõju kasvukoha happesusele. Kontrollimist vajaksid ka liigi esinemiskohtadega sarnased alad Nõuni järvest lääne pool, Kintslu ja Uandimäe vahel ning Sihva-Juusa-Kõlli-Lutsu-Tornijärve vahelisel alal (joonis 10.22...10.24).

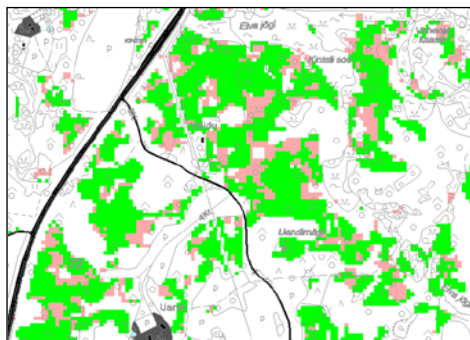
Kaalukamad tunnused, mille alusel mõõdeti näidistega sarnasust kaardi genereerimisel, olid: mulla lõimis, infrapunakiirgus, soojuskiirgus, ortofoto maksimaalne heledus 30 m raadiuses. Põhikaardi põhialad olid eelklassifikaatoriks. Liigi puudumiskohtadega võrreldes kiirgavad leiukohad madalsoodes keskmiselt rohkem ja metsades vähem soojuskiirgust. Metsadest peegeldavad vähem soojuskiirgust soometsad, mis moodustavad liigi leiukohtadest enamuse. Võimalik, et madalsoode puhul on liigi esinemist ja peegeldunud soojuskiirguse hulka siduvaks nähtuseks vaba vee olemasolu ja hulk mätaste vahel. Ortofoto heleduse poolest on liigi leiukohad puudumiskohtadest heledamad nii metsa kui ka madalsoo eelklassis.



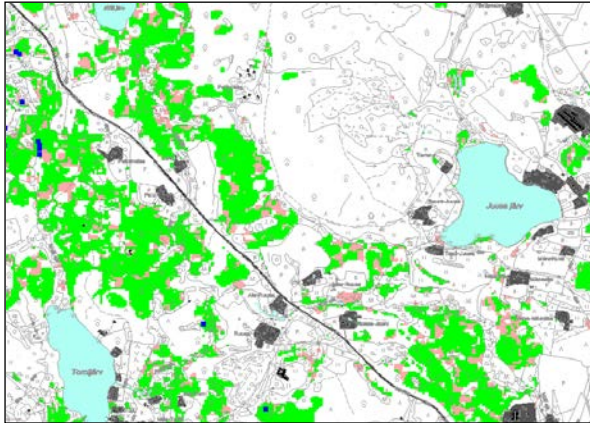
Joonis 10.21. Vööthuul-sõrmkäpa (*Dactylorhiza fuchsii*) leikukohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.



Joonis 10.22. Vööthuul-sõrmkäpa (*Dactylorhiza fuchsii*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Nõuni järvest lääne pool.



Joonis 10.23. Vööthuul-sõrmkäpa (*Dactylorhiza fuchsii*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Uandimäe ja Kintsli vahel.

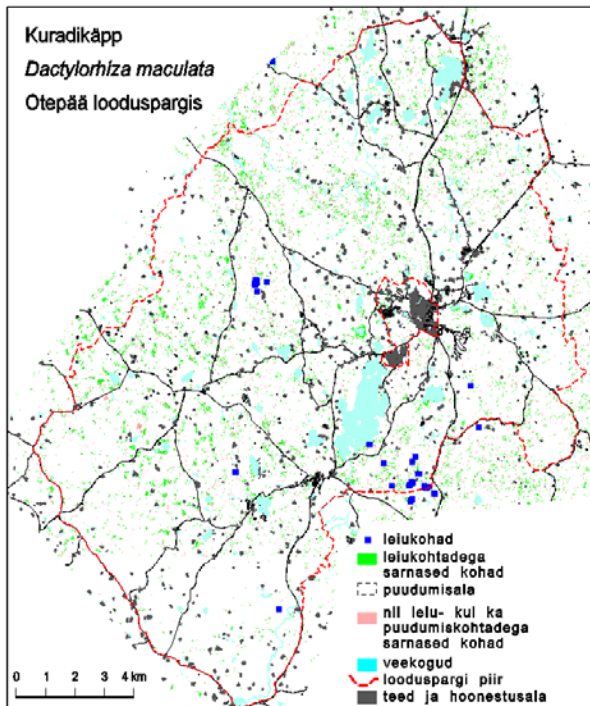


Joonis 10.24. Vööthuul-sõrmkäpa (*Dactylorhiza fuchsii*) leiukohad (tumesinised täpid), leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiukohtade kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Sihva-Juusa-Kõlli-Lutsu-Tornijärve vahelisel alal.

10.2.11. *Dactylorhiza maculata* — kuradikäpp

Senistest andmetest tehisõppel leitud parimas prognoosivas komplektis on järgmised tunnused: suhteline kõrgus 200 m ümbruse suhtes, mullaliik, karbonaatmulla osakaal ümbruses, ortofoto tooni küllastus, punase värvi gradienditugevus, heleduse üleminekute sujuvus. Põhikaardi põhialad olid eelklassifikaatoriks. Suurim kaal on karbonaatmulla osakaalul ümbruses, mille põhjuseks on asjaolu, et madalsoode, kus liiki leitud on, ümbruses on karbonaatmulda võrreldes teiste uuritud madalsoodega keskmiselt vähem ning käpaliseleidude andmebaasis olevate andmete põhjal eelistab kuradikäpp pigem happelisemaid siirdesoid kui allikalisi madalsoid. Ka O. Schmidt (1996) mainib, et liik esineb palju happelisemates kasvukohtades kui näiteks vööthuul-sõrmkäpp. Liigi esinemiskohtades on ortofoto heleduse üleminekud pigem järsud kui sujuvad, mis on iseloomulik puude varjude ja valgustatud maapinna vaheldumisele hõredalt paiknevate puude puhul. Liik esineb valdavalt negatiivsetel pinnavormidel, kuid madalsoode eelklassis on liigi puudumise näidiskohtade keskmine suhteline kõrgus väiksem kui liigi esinemise kohtades — liik ei kasva sügavates sulglohkudes olevates soodes, mis sademeterikkal aastaajal veega täituvad.

Leiukohtadega sarnasuse kaart viitab paljudele liigi esinemiskohtadega sarnastele soodele looduspargi idaosas, mida on seniste välitööde käigus suhteliselt vähe uuritud (joonis 10.25). Esinemisootuse kõrgem tase nimetatud piirkonnas võib siiski tingitud olla erinevast ajast pärit ortofotode erinevast kvaliteedist.

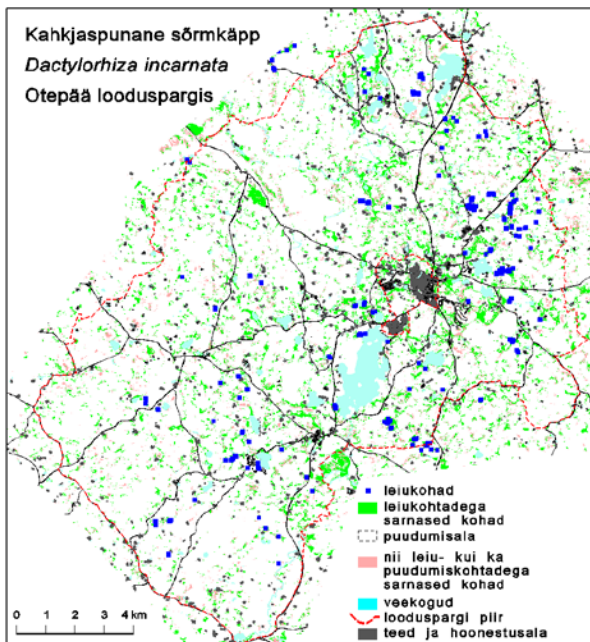


Joonis 10.25. Kuradikäpa (*Dactylorhiza maculata*) leikohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.

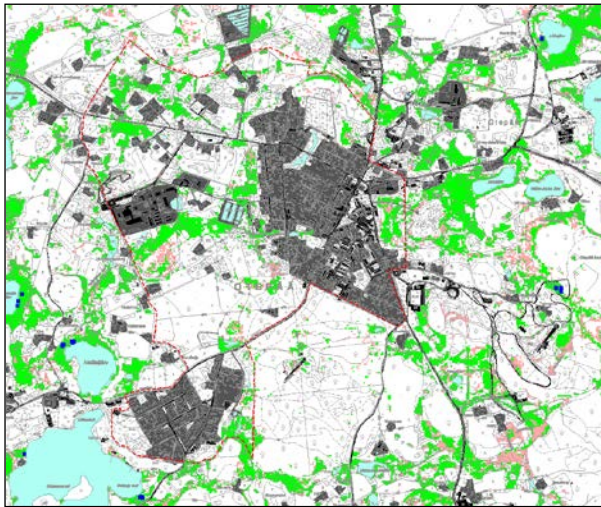
10.2.12. *Dactylorhiza incarnata* — kahkjaspunane sõrmkäpp

Näidistele tuginev prognoosisüsteem pakub kahkjaspunase sõrmkäpa esinemist eelkõige madalsoodesse, kust liiki on senini ka kõige rohkem leitud (joonis 10.26). Kindlasti oleks tarvis kontrollida liigi võimalikku esinemist kõdusooniitudel — Sakssoo poldril, võsastuval kõdusool Palu teeristi juures ja Pilkuse soo maaparandusobjektil. Palju on liigi esinemiskohtadega sarnaseid kohti ka Otepää linna lähistel (joonis 10.27).

Kaardi genereerimisel määrati sarnasust näidistega eelkõige suhtelise kõrguse, mullaliigi, metsakorraldusfoto rohelise tooni intensiivsuse ja ortofoto punase tooni intensiivsuse üleminekute sujuvuse järgi.



Joonis 10.26. Kahkjaspunase sõrmkäpa (*Dactylorhiza incarnata*) leiukohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.

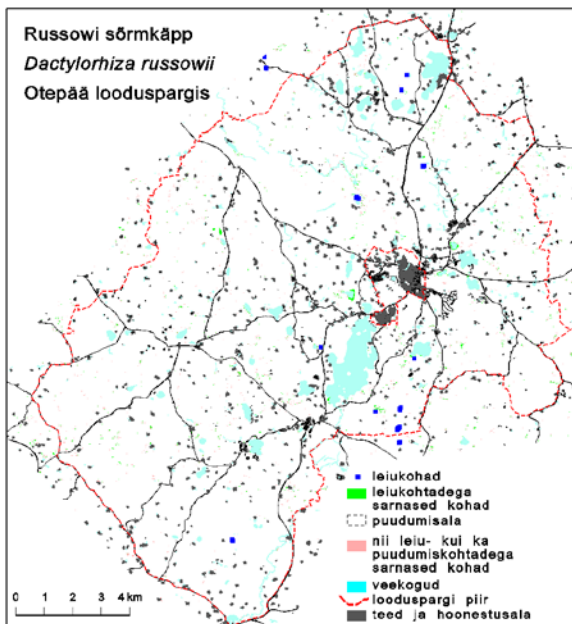


Joonis 10.27. Kahkjaspunase sõrmkäpa (*Dactylorhiza incarnata*) leiukohad (tumesinised täpid), leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Otepää linna ümbruses.

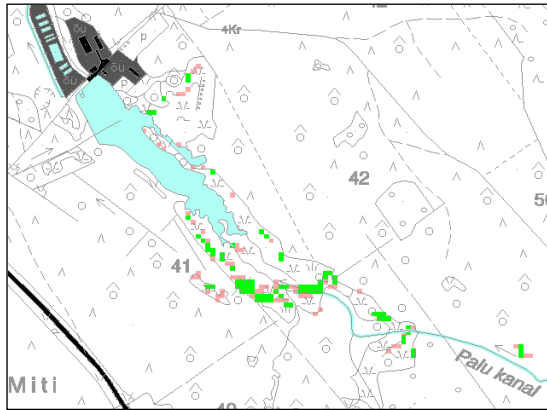
10.2.13. *Dactylorhiza russowii* — Russowi sõrmkäpp

Kuna liigi senised andmebaasis olevad leiukohad kuuluvad vaid põhikaardi läbimatu soo (õõtsiku) ja madal soo klassidesse, siis valis tehise leiukohti ja puudumiskohti eristavaid tunnuseid välja ainult kolm: sojuskiirus juuliku Landsat ETM kaadri järgi, metsa-korraldusfoto heledus ning ortofoto sinise värvi intensiivsus. Russowi sõrmkäpa leidudega madal sood on aerofotodel keskmiselt heledamad ja peegeldavad soojust keskmiselt vähem kui madal sood, kust liiki pole leitud.

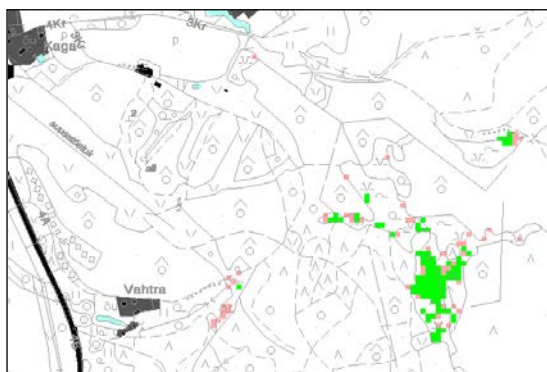
Kontrollimist väärksid eelkõige järvede kaldaõõtsikud, liigi esinemiskohtadega sarnased kohad Palu paisjärve sissevoolu poolses soos, Meemaa talu juures ja Väikesest Munamäest ida pool olevas soos (joonis 10.28...10.31).



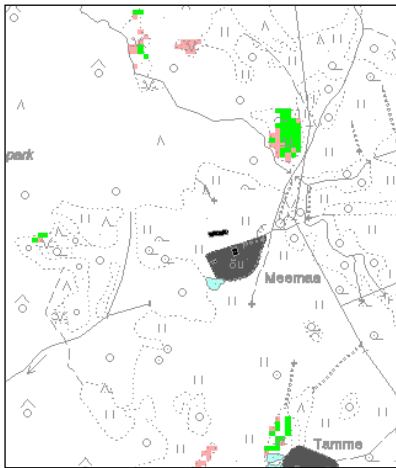
Joonis 10.28. Russowi sõrmkäpa (*Dactylorhiza russowii*) leiukohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.



Joonis 10.29. Russowi sõrmkäpa (*Dactylorhiza russowii*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Paluveski paisjärve juures.



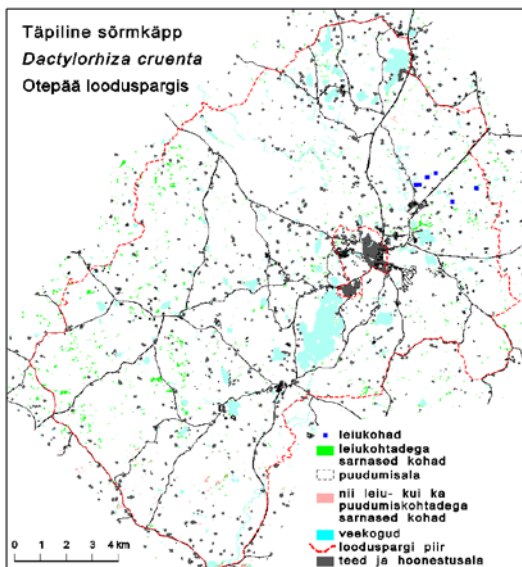
Joonis 10.30. Russowi sõrmkäpa (*Dactylorhiza russowii*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Väike-Munamäest ida pool.



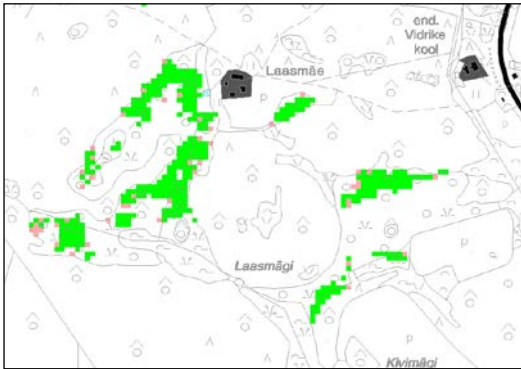
Joonis 10.31. Russowi sõrmkäpa (*Dactylorhiza russowii*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Meemaa talu juures.

10.2.14. *Dactylorhiza cruenta* — täpiline sõrmkäpp

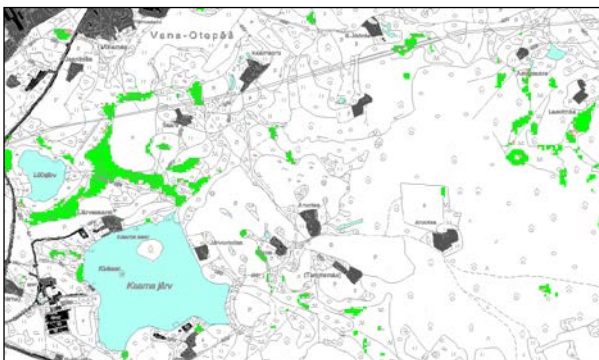
Teadaolevalt esineb see liik eelkõige madalsoodes. Kaardi koostamisel kasutati järgmiseid tunnuseid: madalsoomulla osa ümbruses, värvitooni küllastuse keskmine, punase värvuse intensiivsuse standardhälve, lähisinfrapuna kiirgusväärtus. Leiukohtadega madalsoode ümber on madalsoomulda keskmiselt vähem (57%) kui nende madalsoode, kust liiki ei leitud, ümbruses (83%). Värvitooni küllastuse keskmine on leiukohtadega madalsoodes keskmiselt suurem — värvitoon on puhtam. Punase värvuse intensiivsuse standardhälve on leiukohtadega madalsoodes suurem kui liigileidudeta madalsoodes, mida võib seletada hõredalt paiknevate puudega või eri värvi mättalaikudega liigi esinemiskohtades. Liik eelistab andmebaasis olevate leidude kohaselt kidurama taimestikuga, tihti siirdesoo-ilmelisi, madal-sooid, kus lähisinfrapunase kanali kiirgusväärtused on keskmiselt väiksemad. Valitud pilditunnuseid interpreteerides tasub liiki otsida eelkõige väiksematest puismadal- ja puissiirdesoodest, kus taimestik ei ole lopsakas. Liigi esinemist/puudumist tuleks kontrollida Vana-Otepäält kagusse jäävates soodes, Miti küla soodes ja Laasmäe ümbruse soodes (joonis 10.32...10.35) ning kaardilehel 5433 olevates soodes.



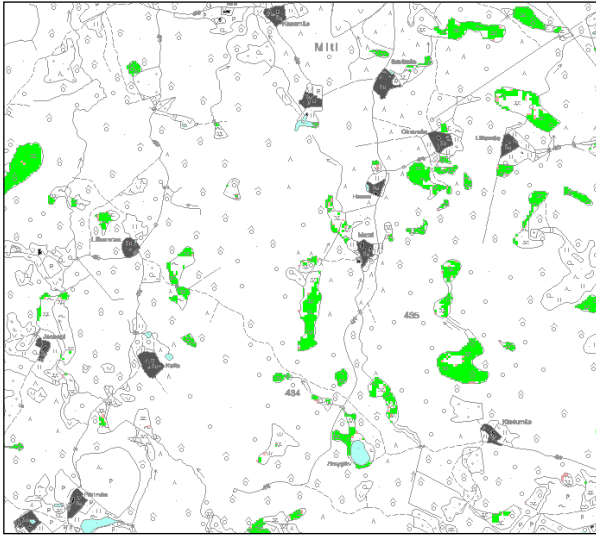
Joonis 10.32. Täpilise sõrmkäpa (*Dactylorhiza cruenta*) leiukohad, leiu-kohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.



Joonis 10.33. Täpilise sõrmkäpa (*Dactylorhiza cruenta*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Laasmäe ümber.



Joonis 10.34. Täpilise sõrmkäpa (*Dactylorhiza cruenta*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Vana-Otepääst ida pool.



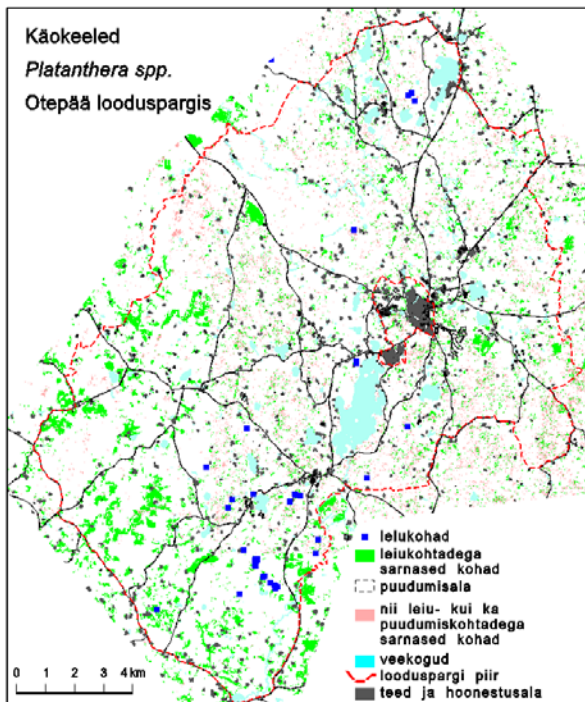
Joonis 10.35. Täpilise sõrmkäpa (*Dactylorhiza cruenta*) leiukohtadega sarnane ala (roheline) ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnane ala (roosa) Miti küla metsades.

10.2.15. *Platanthera sp.* — käokeel

Käpaliseleidude andmebaasis olevad varasemad käokeelte leiud on enamasti liigini määramata. Seetõttu ei ole esialgu võimalik eraldi roheka käokeele (*P. chloratha*) ja kahelehise käokeele (*P. bifolia*) jaoks usutavaid hinnangulise leviku kaarte koostada.

Näidiskohti iseloomustavateks tunnusteks esinemiskohtade hinnangukaardi arvutamisel valis tehisõpe infrapunase kanali väärtuse, koha ümbruses domineeriva mulla, madalloomulla osakaalu ümbruses ning neli tunnust ortofotodelt: värvitooni keskmise ja standardhälbe, roheline tooni keskmise, punase tooni heleduse üleminekute sujuvuse ja foto heleduse gradienditugevuse. Viimatimainitud tunnuse kaal on kõige suurem. Suhteliselt suure aktuaalsusega on ka järgmised tunnused: mulla lõimis, ETM lähisinfra-punakanali väärtus, ETM roheline toon, ETM soojuskiirus, gleimulla osakaal ümbruses ja ortofoto küllastus.

Näidistele tuginev prognoosisüsteem pakub liigi esinemist kõige enam looduslikele rohumaadele ning kõdusooniitudele (joonis 10.36). Kuna kaardi genereerimisel oli ortofototunnuste osa suur, siis paistab kaardilt erineva lahtuse ja kvaliteediga ortofotodega kaardilehtede piir. Liigi prognoositud esinemine kuivendatud turbapinnasega rohumaadel vajab kontrollimist.



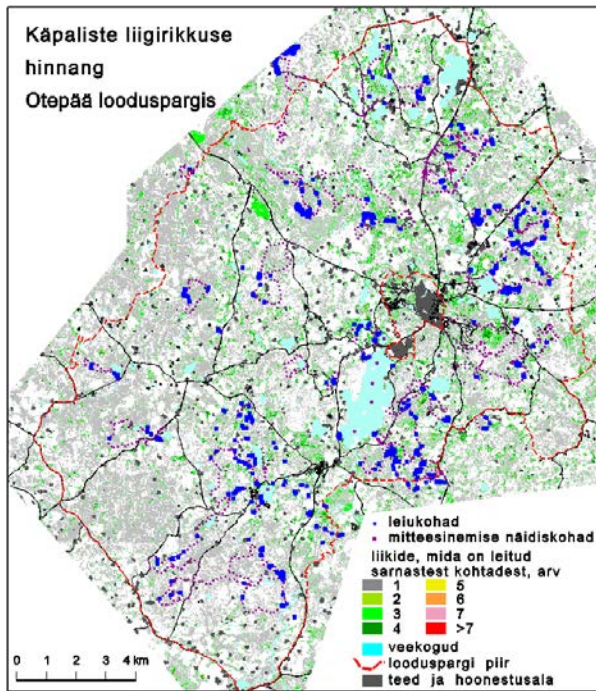
Joonis 10.36. Perekond käokeelee (*Platanthera spp.*) leiukohad, leiukohtadega sarnased ning nii leiu- kui ka puudumiskohtadega sarnased kohad Otepää looduspargis.

10.3. Käpaliste liigirikkuse ja hinnangute ebakindluse koondhinnang

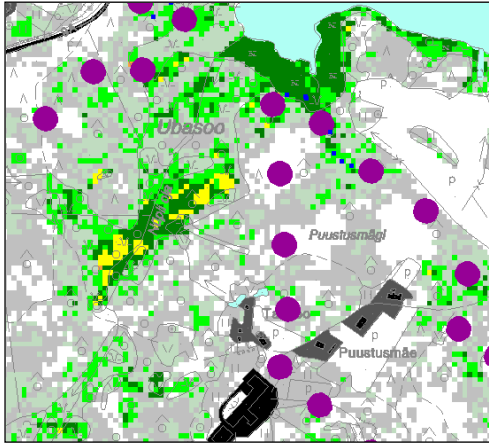
15 käpaliiseliigi esinemise/puudumise kohtadega sarnasuse kaardid on kokku võetud kaheks koondkaardiks. Mõlemad kaardid aitavad planeerida täiendavaid välitöid. Liigirikkuse kaart osutab arvatavatele suuremat liigikaitselist tähtsust omavatele aladele. Hinnangute ebakindluse kaart peaks olema eelkõige abiks välitööde planeerimisel, et täiendada näidiste baasi ja arendada hinnangute moodustamise metoodikat.

10.3.1. Käpaliste liigirikkuse kaart

Käpaliste liikide arvu ei hinnatud omaette tunnuseks. Liigirikkuse kaart kombineeriti üksikute liikide esinemisootuse kaartidest. Liigirikkuse kaart kujutab seega nende käpaliiseliikide, mida on leitud samasugustest kohtadest, arvu (joonis 10.37). Suurem osa Otepää looduspargi metsamaast sarnaneb kas suure käöpõlle, roomava öövilke või pruunika pesajuure leiukohtadega. Seetõttu on kaardil rohkesti halli ala, mis viitab sarnasusele ühe liigi esinemiskohtadega. Umbes kolme liigi esinemiskohtadega sarnanevad mitmed turbarohumaad. Suurema arvu liikide esinemiskohtadega sarnased alad on väikese pindalaga ning seetõttu paremini nähtavad suurendatud väljavõtetel. Seni allakirjutanute poolt külastamata kontrollimist vajavad võimalikud liigirikkamad kohad paiknevad näiteks Ubasoos (joonis 10.38), Suuresoos Kruusa talu juures (joonis 10.39), Palul (joonis 10.40), Nõuni järvest lääne pool (joonis 10.41), Meegaste ja Tootsi talu vahelises soometsas (joonis 10.42), Loku talust ida pool (joonis 10.43), Tehvandi ümbruses (joonis 10.44), Päästjärvest loode pool (joonis 10.45), Mäe-Linnamäe talust lõuna pool (joonis 10.46) ja Äijärve juures (10.47).



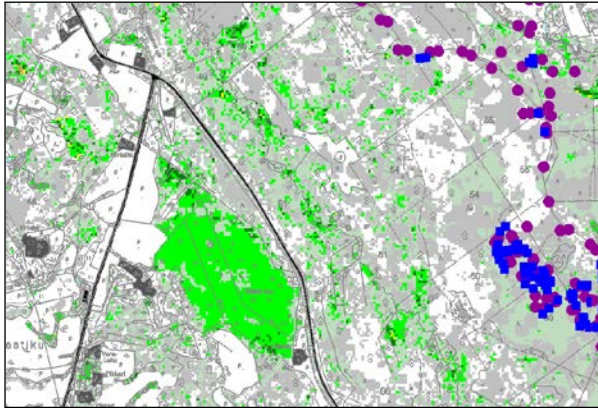
Joonis 10.37. Käpaliseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Otepää looduspargis.



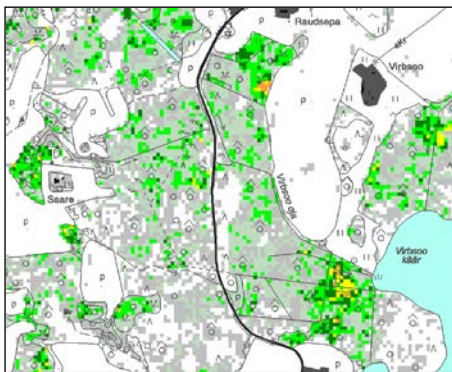
Joonis 10.38. Käpäliseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Ubasoos ja selle ümbruses. Tähistus joonisel 10.37.



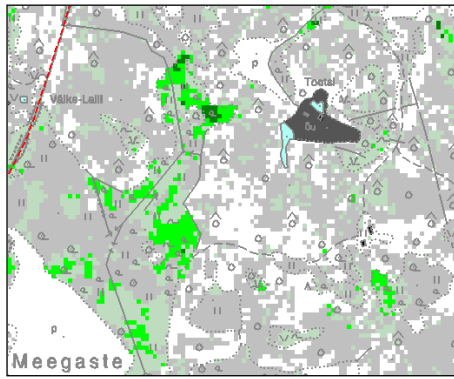
Joonis 10.39. Käpäliseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Suuresoos Kruusa talu juures Otepää looduspargi kirdeosas. Tähistus joonisel 10.37.



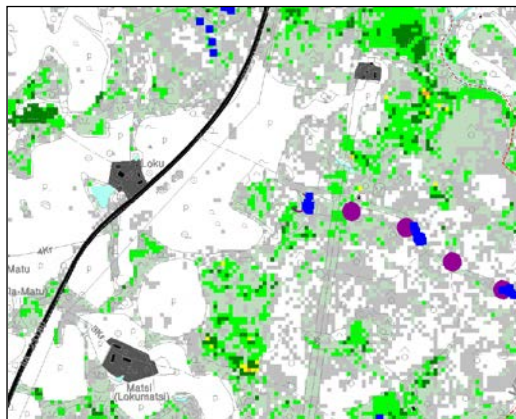
Joonis 10.40. Käpäliseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Palul. Tähistus joonisel 10.37.



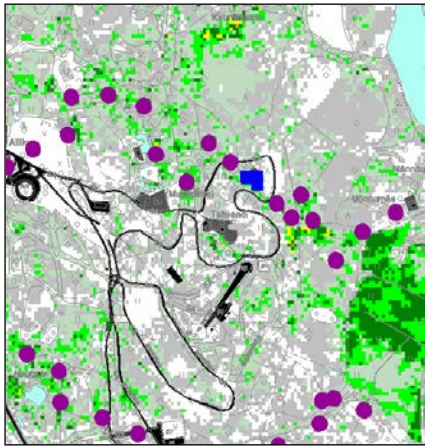
Joonis 10.41. Käpäliseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Nõuni järvest lääne pool. Tähistus joonisel 10.37.



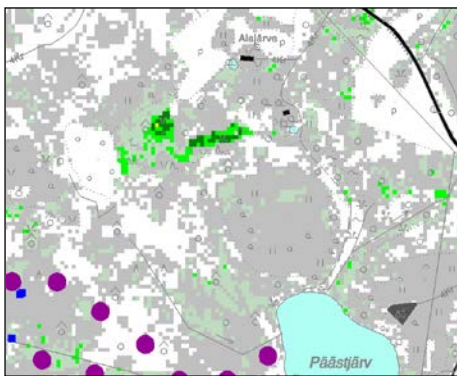
Joonis 10.42. Käpaliseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Meegaste ja Tootsi vahel. Tähistus joonisel 10.37.



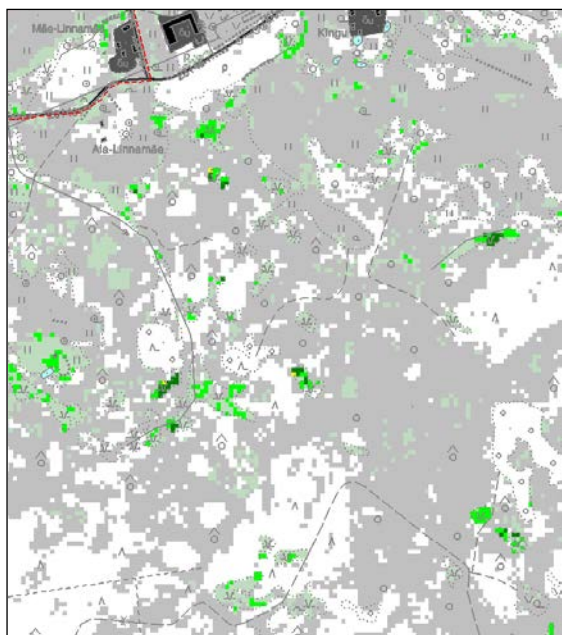
Joonis 10.43. Käpaliseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Loku talu juures. Tähistus joonisel 10.37.



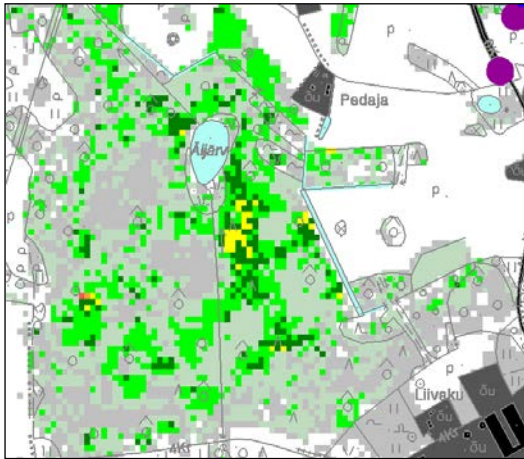
Joonis 10.44. Käpäliseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Tehvandi ümbruses. Tähistus joonisel 10.37.



Joonis 10.45. Käpäliseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Päästjärvest loode pool. Tähistus joonisel 10.37.



Joonis 10.46. Käpaliiseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Kuutsemäest ida pool ja Mäe-Linnamäe talust lõuna pool. Tähistus joonisel 10.37.



Joonis 10.47. Käpäliseliikide, mida on leitud sarnastest kohtadest, arv Äijärve ümber Vana-Otepää juures. Tähistus joonisel 10.37.

10.3.2. Käpaliiseliikide esinemise hinnangute ebakindluse kaart

Iga eelpool esitatud käpalise hinnangukaardi koostamise käigus eristati ebakindlalt hinnatud piksliteks need, mille sarnasus kas liigi esinemise või puudumise kohtade sarnaseimate näidistega on <100%. Hinnangute keskmist ebakindluse määra arvutati valemiga:

$$E = \frac{1}{k} \sum (1 - S),$$

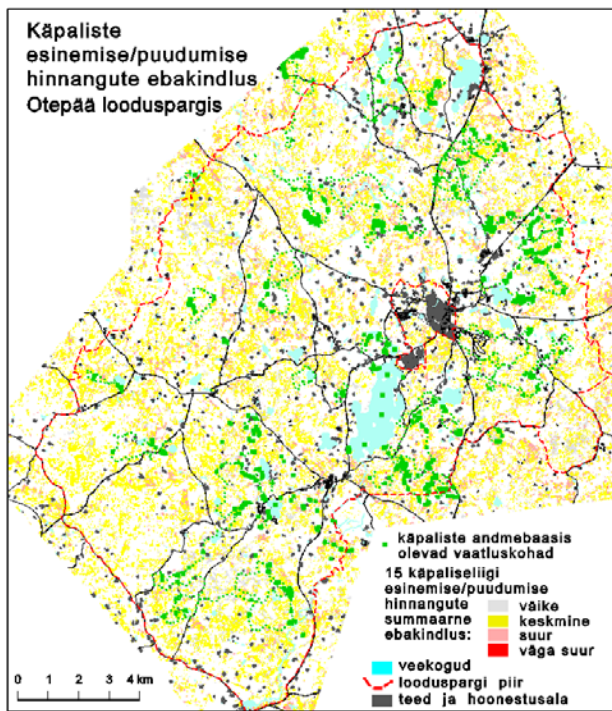
kus:

S — sarnasus kas puudumiskohtade või esinemiskohtade sarnaseimate näidistega vastavalt sellele, kumma variandiga sarnasus suurem on.

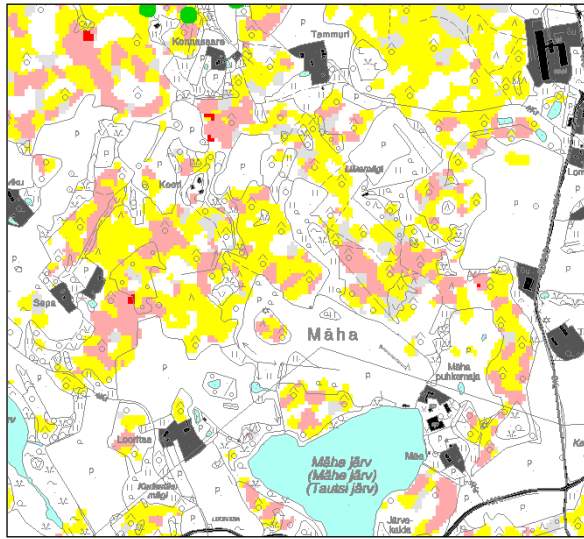
k — koondhinnangus kasutatud kaardikihtide arv, käpaliste esinemiskohtadega sarnasuse kaartide ebakindluse koondhinnangu puhul $k = 15$. Keskmise arvutati järgmiste käpaliste esinemise hinnangukaartidest:

Dactylorhiza baltica
Dactylorhiza cruenta
Dactylorhiza fuchsii
Dactylorhiza incarnata
Dactylorhiza maculata
Dactylorhiza russowii
Epipactis helleborine
Epipactis palustris
Goodyera repens
Gymnadenia conopsea
Liparis loeselii
Listera ovata
Malaxis monophyllos
Neottia nidus-avis
Platanthera sp.

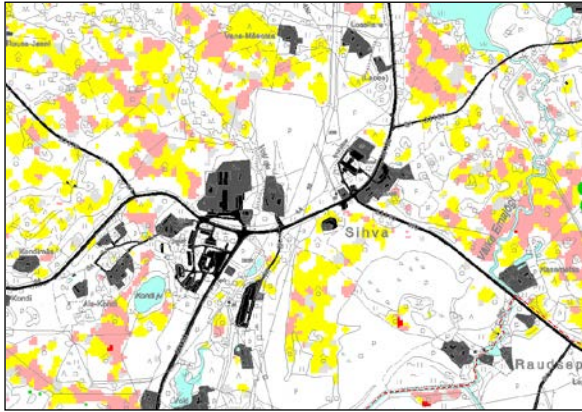
Ebakindluse koondhinnangud jagati viieks klassiks: 0; väike — 1...2.4; keskmine — 2.5...4.9; suur — 5...9.9; väga suur — ≥ 10 . Selleks, et täiendavat kontrollimist vajavad alad kaardipildis juhuslikust piksliväärtuste säbrust paremini eristuksid, siluti kujutist kaks korda *Idrisi*³² 3×3 moodi filtriga. Hinnangute ebakindluse koondkaardil eristuvad piirkonnad, kus täiendavate vaatlusandmete lisamine käpaliste esinemise või puudumise kohta aitaks hinnanguliste levikukaartide usaldusväärsust kõige enam tõsta (joonis 10.48). Sageli paiknevad liikide esinemise/puudumise hinnangu suhtes ebakindlad alad piirkondades, mida 2005. aasta välitööde ajal ei külastatud. Näiteks Mähal (joonis 10.49), Sihval (joonis 10.50), Arulas (joonis 10.51) ning Otepää ja Kastolatsi vahel (joonis 10.52).



Joonis 10.48. Käpaliseliikide esinemise/puudumise hinnangute summaarne ebakindlus aruandes esitatud kaartidel.



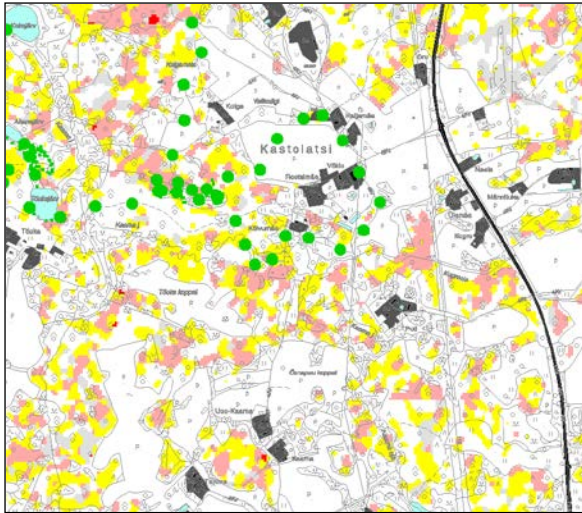
Joonis 10.49. Käpaliiseliikide esinemise/puudumise hinnangute summaarne ebakindlus Mäha ümbruses. Tähistus joonisel 10.48.



Joonis 10.50. Käpaliiseliikide esinemise/puudumise hinnangute summaarne ebakindlus Sihva ümbruses. Tähistus joonisel 10.48.



Joonis 10.51. Käpaliiseliikide esinemise/puudumise hinnangute summaarne ebakindlus Arula ümbruses. Tähistus joonisel 10.48.



Joonis 10.52. Käpaliiseliikide esinemise/puudumise hinnangute summaarne ebakindlus Kastolatsi ümbruses. Tähistus joonisel 10.48.

11. Kokkuvõte ja ettepanekud uuringute jätkamiseks

11.1. Taimkatteüksuste esinduslikkus

Taimkatteüksuste prognoosikaartide usaldusväärse töstmiseks oleks tarvis parandada vaatlusandmete esinduslikkust. Esialgsel taimkattekaardil kasutatud 74-üksuselises klassifikatsioonis on näidistebaasis alla 10 näidise tervelt 60 üksuse kohta (kokku 218 näidist). Seni väheesindatud kategooriate esindatuse viimiseks vähemalt 10 näidise tasemele oleks seega tarvis lisada $74 \times 10 - 218 = 522$ näidistala.

Väheesindatud taimkatte kaardistusüksuste hulgas on 17 üksust, mis peaksid ka Otepää looduspargis esinema, kuid on näidiste baasis esindatud vaid näidistega väljastpoolt loodusparki. Üksuste äratuntavus oleks arvatavasti täpsem, kui näidised pärineksid kaardistatava ala piirkonnast või vähemalt samast maastikurajoonist.

Läbi käia tuleks suuremad esialgsel taimkattekaardil punase viirutusega tähistatud alad, mille sarnasus kaardil oleva üksusega on <50% ja lisada nendest näidistebaasi näidiseks sobivaid kohti. Suuremaid kui 1 ha ebaselgeid eraldisi on esialgsel kaardil (koos väljaspool Otepää looduspargi piiri oleva osaga) 506. Täiendavaid näidistalasid tuleks viirutusega tähistatud kohtadesse kirjeldada ligikaudu sama palju.

Esialgsel taimkattekaardil on punaste ringidega tähistatud vaatluskohad, mis pildi- ja kaardiantmete järgi klassifitseerusid välivaatlusest erinevalt. Nende kohtade kirjeldused vajaksid välikontrollimist. Kokku on Otepää looduspargis selliseid kohti 297. Tuleks selgitada, kas erineva klassifitseerumise põhjus võib olla varasema välivaatluse ebatäpsus; kui jah, siis peaks koha uuesti kirjeldama. Üle tuleks kontrollida ka näidistalad, mis esialgsel taimkattekaardil on erinevate kaardistusüksuste piiril.

Näidistalasid tuleks lisada metsa kategooriate osas, sest piisavalt on näidiseid vaid *palumännikute*, *laanekuusikute*, *laaneseгамetsade*, *saluseгамetsade*, *sookaasikute*, *sooseгамetsade*, *kõdusoo-seгамetsade* kohta. Metsastunud põllumaade kohta on näidistebaasis küll 23 näidistala, kuid valdav osa neist paikneb Elva lähistel kahel sarnase mullastikuga põllumassiivil. Otepää looduspargi taimkatte kaardistamiseks oleks tarvis lisada metsastunud põllumaade näidiseid Otepää kõrgustikult. Lisada tuleks ka *põllu*, *söödi* ja *kuiva niidu* näidistalasid kruusateede äärde ning soode (v.a *niitja tarna madalsoo*), niiskete niitude ja põhikaardi *muu lageda* alal olevate erinevate niitude näidiseid (vähemalt 10 näidistala). Praegu on näidiste baasis *muu lageda* alal vaid *karjääri* näidised. Hankida tuleks Otepää looduspargi niitude inventuuri aruanne ning andmebaas ning lisada näidistalasid sellest.

Taimestiku kaardistamise näidistalade andmebaasi lisatavate vaatluste vajalik hulk ei ole eeltoodud vaatlustearvude summa, kuna esitatud kriteeriumid on osaliselt kattuvad. Ligikaudseks eesmärgiks võiks siiski olla 600...1000 näidistala lisamine

Kontrollimist vajaks hinnangutäpsuste muutus juhul, kui õpetusandmete hulgast eemaldada vaatlused, kus mullakaardil olev mullaklass või põhikaardi põhiala on vastuolus välivaatlusel märgitud kasvukohaga. Näidiste baasi lisatavate vaatluste puhul kontrolliti senini välivaatluse vastavust põhikaardiga, aga mitte mullakaardiga. Vastuolulisi vaatlusi on Otepää looduspargi alal seni tuvastatud 37.

Kuna harvaesinevate üksuste kohta ei ole lootust koguda sagedaste üksustega samaväärsel hulgal näidiseid, siis on tõenäoline, et nende väheesindatud, kuid suurt looduskaitset huvi pakkuvate üksuste äratundmisega kaardi- ja kaugseire andmete järgi tuleb ka edaspidi raskusi. Seetõttu tuleks taimkattekaardi järgmises versioonis välikaardistusel leitud haruldased ja väärtuslikud alad kaardile lisada välivaatlusel kirjeldatud ulatuses.

Täpsustada tuleks kaugseireandmete järgi raskesti eristuvate ja looduses sarnaste üksuste ühendamise mõju hinnangute täpsusele. Tõenäoliselt võib ühendada *pilliroo-õõtsiksoo* ja

pilliroo-madalsoo; söödi, kuiva niidu ja kuiva kultuurniidu raske eristatavus võib olla Otepää kõrgustikule eriliselt omane. Kriitiliselt tuleks üle vaadata *söödi* näidiste kasutatavuse ajalised piirid. Suur osa *söötidest* klassifitseerus seniste andmete järgi kas *põlluks* või *rohumaaks*.

Verifitseerimist vajavad suurema looduskaitseliku väärtusega liigirikaste madal- ja siirdesoode senikirjeldatud kohtadega sarnased kohad, millele osutavad ptk 9.7 ja digitaalses lisas esitatud kaardid.

11.2. Käpaliste andmebaasi esinduslikkus

Käpaliste esinemisootuse kaardistamise usaldusväärsuse tõstmiseks oleks tarvis parandada liikide esinemise ja puudumise andmete esinduslikkust uuritava maastiku suhtes. Näiteks on praegu käpaliseleidude ja puudumiskohtade andmebaasis olevast 5240 kirjest 1930 põhikaardi madalsood (37%). Samas on Otepää looduspargis põhikaardi madalsood vaid 11%. Samas andmebaasis on umbes 5 korda rohkem kirjeid negatiivsetelt pinnavormidelt, võrreldes 200 m ümbrusest kõrgemate kohtadega, Otepää looduspargi keskosas oleval kaardilehel 5434 aga on negatiivsete pinnavormide pindala maismaal vaid 1.2 korda suurem kui positiivsete pindala (Remm 2004b).

Suur osa looduspargist on käpaliste õitseajal käpaliste asjatundja poolt läbi käimata. Erilist tähelepanu väärivad peatükis 10 ja digitaalses lisas osutatud kohad, mis on kaugseire- ja kaardiandmete järgi ühe või teise liigi seniste leiukohtade sarnased. Samuti kohad, kus käpaliikide esinemisootuse hinnangute summaarne ebakindlus on suur ja oodatavalt liigirikad kohad, mis sarnanevad mitme käpaliiseliigi seniste leiukohtadega.

11.3. Pildi ja kaardiandmete esinduslikkus

Mitmel kaardil on näha erineva kvaliteediga ortofotode piir. Fotode kvaliteedierinevus vähendab erinevatel kaardilehtedel olevate kohtade võrreldavust ja ka hinnangute täpsust. Prognooside usaldusväärsust aitab tulevikus loodetavasti tõsta digitaaltehnoogiaga töödeldud ortofotode laekumine seni nendega katmata ala kohta.

Erinevate kaugseire- ja kaarditunnuste indikaatorväärtuste võrdlemiseks, iga tunnuse arvutamiseks sobivaima raadiuse ning indikaatorväärtuse ja optimaalse raadiuse sõltuvuse prognoositavast üksusest uurimiseks oleks tarvis eraldi kindla kava järgi läbi viidavat uuringut. Hea oleks ka teada, kui palju mõjutavad näidiste järgi tehtavaid otsuseid juhuslikud vead õpetusandmetes ning süstemaatilised erinevused sama andmekihi omadustes (näiteks erineva tehnoloogiaga valmistatud aerofotod).

11.4. Tehnoloogilised probleemid

Pidevstuumium võimaldab seletavate tunnuste ja näidiste kaale sobitada nominaalse tunnuse igale kategooriale eraldi. Paraku ei anna see lähenemisviis esialgu oodatava täpsusega hinnanguid, sest lahendamata on üksikute kategooriate ootuste hinnangute tasakaalustamise probleem.

Katsetamata on 100 m erinevate sarnasuse nullkauguste mõju hinnangute täpsusele.

11.5. Looduskaitseelised ettepanekud

Käpalisi võib Otepää looduspargis ohustada soode kuivendamine, tiikide rajamine ja muud looduslikku mullakamarat rikkuvad tööd, samuti mootorsõidukitega tallamine (eriti kui mõni sõiduk sohu kinni jääb). Mõningal määral kahjustavad juurmugulaid ka metssead (vt fotod projekti esimese poole varem üle antud aruande elektroonilises lisas).

Loodusparki on viimastel aastatel rajatud mitmeid uusi tiike ja süvendatud olemasolevaid. Paraku on paljude tiikide kaldad korrastamata ja tiigi kaevamisel teisaldatud mulla alla on jäänud liigirikkaid soo- ja niidukooslusi. Tiikide kaevamine peaks toimuma projektide kohaselt, milles on näidatud pinnase teisaldamise koht ja viis ning tehtavate looduse ümberkujundamise mõjude hinnang hõlmab lisaks kaitsekorralduslike väärtuste inventuuris (Tehisveekogud...) märgitule ka pinnase teisaldamise mõjusid.

Viited

- Aaviksoo K., Paal J., Dišlis T.** 2000. Mapping of wetland habitat diversity using satellite data and GIS: an example from the Alam-Pedja Nature Reserve, Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences Biology Ecology* 49(2), 177-193.
- Andersson, L., Ek, T., Külvik, M., Martverk, R., Palo, A.** 1999. Vääriselupaikade inventeerimise programm. Metoodika [Program for inventory of forest key-habitats. Methods]. Linköping, Tallinn, Tartu, Estonia.
- Arold, I., Järvet, A., Remm, K.** 1999. Keskmismõõtkavaline Eesti maastikutüüpide kaart. Lk 31-34 kogumikus: Loodusliku mitmekesisuse kaitse viisid ja vahendid. Eesti ökoloogiakogu, EV keskkonnaministeerium, Eesti Põllumajandusülikool
- Austin, M. P.** 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling* 157 (2-3), 101-118.
- Birks, H. J. B.** 1993. Quaternary palaeoecology and vegetation science - Current contributions and possible future developments. *Review of Paleobotany and Palynology*, 79, 1-2, 153-177.
- Bock, M., Rossner, G., Wissen, M., Remm, K., Langanke, T., Lang, S., Klug, H., Blaschke, T., Vrscaj, B.** 2005. Spatial Indicators for Nature Conservation from European to Local Scale. *Ecological Indicators* 5(4), 322-338.
- Brito, J. C., Crespo, E. G., Paulo, O. S.** 1999. Modelling wildlife distributions: logistic multiple regression vs overlap analysis. *Ecography*, 22, 251-260.
- Burrough, P. A., Wilson, J. P., van Gaans, P. F. M., Hansen, A. J.** 2001. Fuzzy k-means classification of topo-climatic data as an aid to forest mapping in the Greater Yellowstone Area, USA. *Landscape Ecology*, 16(6), 523-546.
- Davies, C. E., Moss, D.** 2002. EUNIS habitat classification 2001 work programme final report. European Environmental Agency. European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity. 108pp.
- De'ath, G.** 2002. Multivariate regression trees: a new technique for modeling species-environment relationships. *Ecology*, 83, 4, 1105-1115.
- De'ath, G., Fabricius, K.** 2000. Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for ecological data analysis. *Ecology*, 81, 11, 3178-3192.
- Debeljak, M., Džeroski, S., Adamič, M.** 1999. Interactions among the red deer (*Cervus elaphus*, L.) population, meteorological parameters and new growth of the natural regenerated forest in Snežnik, Slovenia. *Ecological Modelling*, 121, 51-61.
- Debeljak, M., Džeroski, S., Jerina, K., Kobler, A., Adamic, M.** 2001. Habitat suitability modelling for red deer (*Cervus elaphus* L.) in South-central Slovenia with classification trees. *Ecological Modelling*, 138, 321-330.
- Eesti põhikaardi 1: 10 000 digitaalkaardistuse juhend.** 2000. Maa-amet. http://www.maaamet.ee/index.php?lang_id=1&page_id=64&menu_id=7. 20.02.2006.
- Fitzgerald, R.W., Lees, B.G.** 1992. The application of neural networks to the floristic classification of remote sensing and GIS data in complex terrain. In: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (Eds.), Proceedings of the XVII Congress ASPRS, Bethesda, MD, pp. 570-573.
- Flower, R.J., Juggins, S., Battarbee, R.W.** 1997. Matching diatom assemblages in lake sediment cores and modern surface sediment samples: The implications for lake conservation and restoration with special reference to acidified systems. *Hydrobiologia*, 344, 27-40.

- Foody, G.M.** 1999. Applications of the self-organizing feature map neural network in community data analysis. *Ecological Modelling*, 120, 97-107.
- Franklin J.** 1995. Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in Physical Geography* 19, 474-499.
- Frey, T.** 1973. *Trichocolea tomentella* uusi leide. Floristilised märkmed I (5), 293.
- Guisan, A., Zimmermann, N.E.** 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 2-3, 147-186.
- Hansen, M. J., Franklin, S. E., Woudsma, C. G., Peterson, M.** 2001. Caribou habitat mapping and fragmentation analysis using Landsat MSS, TM, and GIS data in the North Columbia Mountains, British Columbia, Canada. *Remote Sensing of Environment*, 77, 50-65.
- Heikkilä, J., Nevalainen, S., Tokola, T.** 2002. Estimating defoliation in boreal coniferous forests by combining Landsat TM, aerial photographs and field data. *Forest Ecology and Management* 158, 9-23.
- Hiie, S.** 1985. Ohustatud ja kaitset väärivad taimed Eesti madalsoodel. Diplomitöö [Käsikiri BÖIs].
- Hilbert, D. W., Ostendorf, B.** 2001. The utility of artificial neural networks for modelling the distribution of vegetation in past, present and future climates. *Ecological Modelling* 146, 311-327.
- Kalda, A.** 1988. Koosluste kaitse ja kaitsealad. Rmt: Laasimer, L. (toim.) Taimeriigi kaitsest Eesti NSV-s. Tallinn, Valgus, lk.28-36.
- Kalda, A., Paal, J.** 1997. Kaitset vajavad metsakooslused. Eesti Mets 8, 10-16.
- Keskkonnaministri 5. veebruari 2004. a määrus nr 4.** Geodeetilise süsteemi kehtestamine. Riigi Teataja Lisa, 18.02.2004, 17, 267.
- Kilpeläinen, P., Tokola, T.** 1999. Gain to be achieved from stand delineation in LANDSAT TM image-based estimates of stand volume. *Forest Ecology and Management* 124, 105-111.
- Kimes, D. S., Nelson, R. F., Salas, W. A., Skole, D. L.** 1999. Mapping secondary tropical forest and forest age from SPOT HRV data. *Journal of Remote Sensing* 20, 3625-3640.
- Klijn, F., Groen, C.L.G., Witte, J. P. M.** 1996. Ecoseries for potential site mapping, an example from the Netherlands. *Landscape and Urban Planning* 35, 53-70.
- Kobler, A., Adamic, M.** 2000. Identifying brown bear habitat by combined GIS and machine learning method. *Ecological Modelling*, 135, 291-300.
- Kull, T., Tuulik, T.** 2002. Kodumaa käpalised. Tallinn 2002.
- Laasimer, L.** 1965. Eesti NSV taimkate. Valgus, Tallinn.
- Lek, S., Delacoste, M., Baran, P., Dimopoulos, I., Lauga, J., Aulagnier, S.** 1996. Application of neural networks to modelling non linear relationships in ecology. *Ecological Modelling*, 90, 39-52.
- Lek, S., Guégan, J.F.** 1999. Artificial neural networks as a tool in ecological modelling, an introduction. *Ecological Modelling*, 120, 65-73.
- Linder, M.** 2004. Eesti metsakasvukohtade klassifitseerimisest. Juhendaja Jane Frey. Keskastme uurimistö. 57 lk. + lisad. [Käsikiri TÜ geograafia instituudis.]
- Lõhmus, E.** 1984. Eesti metsakasvukohatüübid. ENSV Agrotööstuskoondise Info- ja Juurutusvalitsus. Tallinn.
- Mas, J. F., Puig, H., Palacio, J. L., Sosa-Lopez, A.** 2004. Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks. *Environmental Modelling & Software* 19, 461-471.
- Meiner, A.** 1999. Eesti maakate. CORINE Land Cover projekti täitmine Eestis. Tallinn, lk. 22.

- Michalski, R.S.**, 1986. Understanding the nature of learning: Issues and research directions. In: Michalski R .S., Carbonell J.G., Mitchell T.M. (Eds.) Machine Learning. An Artificial Intelligence Approach. Volume II. Morgan Kaufmann Publishers. Los Altos, CA. p. 3-25.
- Moore, D. M., Lees, B. G., Davey, S. M.** 1991. A new method for predicting vegetation distributions using decision tree analysis in a geographic information system. *Environ. Manage.* 15 (1), 59–71.
- Muinenen, E., Maltamo, M., Hyppänen, H., Vainikainen, V.** 2001. Forest stand characteristics estimation using a most similar neighbor approach and image spatial structure information. *Remote Sensing of Environment*, 78, 223-228.
- Mäkelä, H., Pekkarinen, A.** 2001. Estimation of timber volume at the sample plot level by means of image segmentation and Landsat TM imagery. *Remote Sensing of the Environment* 77, 66-75.
- Osborne, J. M., Brearley, D. R.** 2000. Completion criteria case studies considering bond relinquishment and mine decommissioning: Western Australia. *Int. J. Surface Mining, Reclam. Environ.* 14 (3), 193–204.
- Paal, J.** 1997. Eesti taimkatte kasvukohatüüpide klassifikatsioon. *Classification of Estonian Vegetation Site Types*. Tallinn, 297 lk.
- Paal, J.** 1998. Rare and threatened plant communities of Estonia. *Biodiversity and Conservation* 7: 1027-1049.
- Paal, J.** 2004. “Loodusdirektiivi” elupaigatüüpide käsiraamat. Digimap OÜ, Tallinn, 239 lk. + lisad.
- Paal, J., Turb, M., Rooma, I.** 2002. Riikliku looduskaitseprogrammi projekti „Otepää looduspargi sūrjametsade mitmekesisuse inventuur” aruanne.
- Paal, J., Rooma, I., Turb, M.** 2004. Sūrjametsadest Otepää kõrgustikul. *Metsanduslikud Uurimused* 40, 124-149.
- Palo, A.** 1999. Aerofotopõhine biotoopide kaardistamise meetod ja selle rakendamine looduskaitsealustes planeeringutes. Magistritöö maastikuökoloogia ja keskkonnakaitse erialal. 99 lk. (+ lisad). [Käsikiri TÜ geograafia instituudis.]
- Palo, A., Aunap, R., Mander, Ü.** 2005. Predictive vegetation mapping based on soil and topographical data: A case study from Saare County, Estonia. *Journal for Nature Conservation* 13, 2-3, 197-211.
- Pekkarinen, A.** 2002. Image segment-based spectral features in the estimation of timber volume. *Remote Sensing of Environment* 82, 349-359.
- Remm, K.**, 2002. Otepää looduspargi taimkatte kasvukohatüüpide kaart. In: T. Frey (toim.), Eesti süsinikubilansi ökoloogiast ja ökonoomikast. Tartu, lk. 62-76.
- Remm, K.** 2004a. Case-based prediction for species and habitat mapping. *Ecological Modelling* 177(3-4), 259-281.
- Remm, K.** 2004b. Nähtuste paiknemissuhteid Eesti põhikaardi lehel 5434. *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis* 89, 209-236.
- Remm, K.** 2005a. Correlations between forest stand diversity and landscape pattern in Otepää NP, Estonia. *Journal for Nature Conservation* 13(2-3), 137-145.
- Remm, K.** 2005b. Ruumiliste loodusandmete statistiline analüüs. Versioon 20. detsember 2005. [Käsikiri Tartu Ülikooli geograafia instituudis.]
- Schank, R. C.** 1982. Dynamic Memory: A Theory of Learning in Computers and People. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne. 234pp.
- Schank, R., Abelson, R.** 1977. Scripts, Plans, Goals and Understanding: an Inquiry into Human Knowledge Structures. Erlbaum, Hillsdale, NJ. 248pp.
- Schmidt, O.** 1996. Eestimaa orhideed. Varrak, Tallinn.

- Stankovski, V., Debeljak, M., Bratko, I., Adamič, M.** 1998. Modelling the population dynamics of red deer (*Cervus elaphus* L.) with regard to forest development. *Ecological Modelling*, 108, 145-153.
- Sulbi, K.** 2005. Salumetsade suktsessioon Otepää looduspargis. Juhendaja J. Paal. Harjutustöö. 49 lk. + lisad. [Käsikiri TÜ botaanika ja ökoloogia instituudis.]
- Tehisveekogud.** Aruanne. Otepää Looduspargi kaitsekorralduslike väärtuste inventuur. Koostas IB URMAS NUGIN OÜ.
http://www.otepaaloodus.ee/failid/ARUANNE_tehisveekogud.doc. 27.03.06
- Tokola, T.** 2000. The Influence of Field Sample Data Location on Growing Stock Volume Estimation in Landsat TM-Based Forest Inventory in Eastern Finland. *Remote Sensing of the Environment* 74 (3), 422-431.
- Trass, H.** 1955. Madalsoode taimkatte muutumisest kuivendamise mõjul. LUS Aastaraamat 48, 132-140.
- Trass, H.** 1975. Madalsoode kaitsetvajavatest taimekooslustest Eestis. Rmt: Eesti Loodus-
 harulduste kaitseks, Tallinn, 36-52.
- Trass, H., Vellak, K., Ingerpuu, N.** 1999. Floristical and ecological properties for identifying of primeval forests in Estonia. *Annales Botanici Fennici* 36, 67–80.
- Wilds, S., Boetsch, J., Manen, F. T.van., Clark, J. D., White, P. S.** 2000. Modeling the distributions of species and communities in Great Smoky Mountains National Park. *Computers and Electronics in Agriculture*, 27, 389-392.

LISAD

LISA 1. Microstationi programminaga cellidevärvid.bas

Private COL as integer

Sub SELEC

```
MbeSendCommand "SELECTBY MODE INCLUSIVE"  
MbeSendCommand "SELECTBY OPTIONS SELECTION"  
MbeSendCommand "SELECTBY ON"  
MbeSendCommand "SELECTBY LEVEL ALL "  
MbeSendCommand "SELECTBY TYPE ALL"  
MbeSetAppVariable "SELECTBY", "selectorGlobals.typemask[0]", -3&  
MbeSetAppVariable "SELECTBY", "selectorGlobals.typemask[1]", -1&  
MbeSetAppVariable "SELECTBY", "selectorGlobals.typemask[2]", -17&  
MbeSetAppVariable "SELECTBY", "selectorGlobals.typemask[3]", -1&  
MbeSetAppVariable "SELECTBY", "selectorGlobals.typemask[4]", -1&  
MbeSetAppVariable "SELECTBY", "selectorGlobals.typemask[5]", -1&  
MbeSetAppVariable "SELECTBY", "selectorGlobals.typemask[6]", -1&  
MbeSetAppVariable "SELECTBY", "selectorGlobals.typemask[7]", -1&  
MbeSetAppVariable "SELECTBY", "selectorGlobals.colorButton", -1&  
MbeSetAppVariable "SELECTBY", "selectorGlobals.color", COL  
MbeSendCommand "SELECTBY CLASS ALL"  
MbeSendCommand "SELECTBY EXECUTE"  
MbeSendCommand "SELECTBY TYPE CELL"  
MbeSendCommand "SELECTBY EXECUTE"
```

End Sub

Sub main

```
Dim saveGGLk as Integer  
Dim saveMsgs as Integer  
Dim elem As New MbeElement  
Dim filePos As Long  
Dim setMember As MbeSetMember  
Dim elemSet as New MbeElementSet  
  
saveGGLk = MbeSettings.graphGroupLock  
MbeSettings.graphGroupLock = 0  
MbeSendCommand "MDL LOAD SELECTBY"  
For COL=0 to 255  
SELEC  
MbeSendCommand "ACTIVE COLOR "& Str$(COL)  
Mbesendcommand "Change color"  
lopp:  
Next  
MbeSendCommand "MDL UNLOAD SELECTBY"  
MbeSettings.graphGroupLock = saveGGLk  
MbeSendReset  
End Sub
```


LISA 2. Microstationi programminaga kõrgusvärv.bas

```
'muudab horisontaalide värvikoodi nende täisarvulisele kõrgusele vastavaks
'elemendid, mis ei ole horisontaalsed saavad värvikoodi 0
Sub main
  Dim pp() As MbePoint
  dim p As MbePoint
  Dim saveGGLk as Integer
  Dim elem    As New MbeElement
  Dim filePos  As Long
  Dim setMember As MbeSetMember
  Dim elemSet as New MbeElementSet
  Dim col%,i%,z#

  MbeSendCommand "MARK"võimaldab hiljem kasutada käsku Undo to Mark
  saveGGLk = MbeSettings.graphGroupLock'salvestatakse graafiliste gruppide luku seis
  MbeSettings.graphGroupLock = 0'graafiliste gruppide lukk seatakse lahtasendisse
  If elemSet.fromSelectionSet(1)=MBE_Success Then 'kui failis üldse midagi on
    status=elemSet.getFirst (setMember)
    Do While status=MBE_Success
      filePos=elem.fromFile (setMember.filePos,setMember.fileNum)
      If elem.getEndPoints(p) = MBE_Success Then
        z=p.z'joone alguse kõrgus
        col=Fix(z)'kõrguse täisosa
        If elem.getPoints(pp) = MBE_Success Then
          'alguses loetakse alguspunkt, siis lõpppunkt muutujaks pp
          For i=LBound(pp) To UBound(pp)'kõik joone verteksid
            If z<>pp(i).z Then col=0
            'kui mõni verteks on teisel kõrgusel, siis värv nullitakse
          Next i
          elem.color=col'joonele omistatakse uus värv
          status=elem.rewrite()'element uuendatakse failis
        End If
      End If
      status=elemSet.getNext (setMember)'järgmise joone juurde
    Loop
    elemSet.clear
  End if
  MbeSettings.graphGroupLock = saveGGLk'graafilise grupi luku algne seis taastatakse
End Sub
```

LISA 3. Access VBA programmimoodul Kaardilehtede_andmed

```
Option Explicit
Option Compare Database
Sub Andmekihtide_olemasolu()
'Märgib tabelisse olemasolevad andmekihid ja kärbib failide nimed neljatäheliseks
Dim dbs As Database
Dim SQLT, SQLT1, f, fs, fc, f1 ' kõik on variandi tüüpi
Dim i As Integer, n As Integer
Dim laiend As String, failinimi, päring As String
Dim KID As String, väli As String, directory As String, loba As String

Set dbs = CurrentDb 'loetakse samast andmebaasist
DoCmd.SetWarnings False 'lüitab välja hoiatused, et kas soovid ikka faili nime muuta
Set SQLT = dbs.OpenRecordset("Akihid") 'avab andmekihtide tabeli
SQLT.MoveLast
n = SQLT.RecordCount 'loendab kihtide arvu
SQLT.MoveFirst
For i = 1 To n
    KID = SQLT.Fields("KID") 'kihi identifikaator
    directory = SQLT.Fields("kataloog") 'kihi kataloog
    SQLT.MoveNext
    Set fs = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
    If fs.FolderExists(directory) = False Then GoTo Line10 'kui kataloogi ei ole
        Set f = fs.GetFolder(directory)
        Set fc = f.files
        For Each f1 In fc ' kõik selles kataloogis olevad failid
            failinimi = f1.Name
            laiend = Right(failinimi, 4) 'loeb faili laiendi
            If laiend = ".rst" Then
                väli = Left(failinimi, 4) 'kirjuta andmetabelisse, et kaardileht on olemas
                päring = "Update PK20t set [" + KID + "]=true where NR=" + väli + ";"
                On Error Resume Next
                DoCmd.RunSQL päring
                On Error GoTo Line9
            End If
            If laiend = ".rst" Or laiend = ".rdc" Then 'Eemalda_nimest_liigne_osa
                failinimi = Left(failinimi, 4) + laiend
                f1.Name = failinimi + "_"
                f1.Name = Left(failinimi, 8)
            End If
        Next
    Line9:
        Next
Line10:
    Next i
    SQLT.Close
End Sub
```

LISA 4. Access VBA programmimoodul Valisobivad

```
Option Compare Database
Option Explicit
Private dbs As Database
Private n As Long
Private i As Long, j As Long, k As Long, l As Long
Private SQLT As Variant
Private IDValue() As Long
Private X() As Double
Private Y() As Double
Private dist As Double
Private sobib() As Boolean
Sub valiomaeettepunktid()
Set dbs = CurrentDb
Set SQLT = dbs.OpenRecordset("liikesineb") ("Puudumiskohad")
  With SQLT
    .MoveLast
    n = .RecordCount ' pikslite arv päringus
    ReDim X(10000), Y(10000), IDValue(n), sobib(10000)
    .MoveFirst
    For i = 1 To n
      k = .Fields("VID")
      X(k) = .Fields("X")
      Y(k) = .Fields("Y")
      sobib(k) = .Fields("sobib")
      IDValue(i) = k
      If i < n Then .MoveNext
    Next
    For j = 1 To n
      l = IDValue(j)
      If sobib(l) = True Then
        For i = 1 To n
          If i <> j Then
            k = IDValue(i)
            dist = (X(k) - X(l)) * (X(k) - X(l)) + (Y(k) - Y(l)) * (Y(k) - Y(l))
            dist = dist ^ 0.5
            If dist < 100 Then
              sobib(k) = False
            End If
          End If
        Next
      End If
    Next
  End With
  .MoveFirst
  For i = 1 To n
    k = IDValue(i)
    .Edit
    .Fields("sobib") = sobib(k)
  Next
End Sub
```

```

        .Update
        If i < n Then .MoveNext
    Next
    End With
    SQLT.Close
End Sub
Sub eemalda_puudumiskohad_leiukoha_lahedal()
Dim XP As Double, YP As Double
Dim m As Long
Set dbs = CurrentDb
Set SQLT = dbs.OpenRecordset("Liikesineb")
    With SQLT
        .MoveLast
        n = .RecordCount 'pikslite arv päringus
        .MoveFirst
        ReDim X(n), Y(n)
        For i = 1 To n
            X(i) = .Fields("X")
            Y(i) = .Fields("Y")
            If i < n Then .MoveNext
        Next
    End With
    SQLT.Close

Set SQLT = dbs.OpenRecordset("Liikpuudub")
With SQLT
    .MoveLast
    m = .RecordCount 'pikslite arv päringus
    .MoveFirst
    For j = 1 To m
        XP = .Fields("X")
        YP = .Fields("Y")
        For i = 1 To n
            dist = (X(i) - XP) * (X(i) - XP) + (Y(i) - YP) * (Y(i) - YP)
            dist = dist ^ 0.5
            If dist < 100 Then
                .Edit
                .Fields("sobib") = False
                .Update
            End If
        Next
        If j < m Then .MoveNext
    Next
End With
SQLT.Close
End Sub

```

LISA 5. Üksuste loetelud kasutatud taimkatteklassifikatsioonides

Detailed (väikesed) üksused Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes

tehisalad
sõöt
põld
paluraiesmik
palumännik
mustikaharvik/noorendik/raiesmik
mustikamännik
mustikakaasik
jänese kapsa-mustika-harvik/noorendik/raiesmik
jänese kapsa-mustika-lehtmets
jänese kapsa-mustika-kuusik
jänese kapsa-mustika-okassegamets
jänese kapsa-harvik/noorendik/raiesmik
jänese kapsa-lehtmets
jänese kapsa-kuusik
jänese kapsa-segamets
maasikaharvik/noorendik/raiesmik
maasikakaasik
maasikamännik
maasikakuusik
maasika-okassegamets
sinilille harvik/noorendik/raiesmik
sinilillekaasik
sinilillemännik
sinilillesegamets
sinilillekuusik
sinilillelehtmets
naadiharvik/noorendik/raiesmik
naadisegamets
naadilepik
naadiokasmets
laialehine naadi-salumets
muu naadilehtmets
pajustik
soostunud noorendik/raiesmik
muu soostunud lalehtmets
sõnajalakaasik
soostunud segamets
soometsa harvik/noorendik/raiesmik
lodupajustik
lodusanglepik
sookaasik
soosegamets
soomännik
raba-okassegamets
rabamännik
kõdusoo-segamets
jänese kapsa-kõdusoo-kaasik
kõdusoo-kuusik
kuiv niit
niiske niit
kõdusooniit
soostunud niit
mätastarna-eristarna liigivaene madal soo

sootarna liigivaene madal soo
niitja tarna liigivaene madal soo
muu liigivaene madal soo
liigirikas madal soo
õõtsik-madal soo
põhjaveetoiteline siirdesoo
rohu-siirdesoo
õõtsik-siirdesoo
allikasoo
(puis-) mättaraba
(puis-) peenra-älveraba
lahtine liiv
suurtaimestik vees
poolhuumustoiteline (semidüstroofne) veekogu
huumustoiteline (düstroofne) veekogu
kinnikasvav järv, madalvesi
segatoiteline (düseutroofne e. miksotroofne) veekogu
rohke toiteline (eutroofne) veekogu
ajutine veekogu
liigtoiteline (hüpertroofne) veekogu
vooluveekogu
kuiv (aru-) kultuurniit ja karjamaa
niiske (soo-) kultuurniit ja karjamaa
haljasala
kõõgiviljaaed(istandus)
lillaka harvik/noorendik/raiesmik
lillaka okasegamets
lillaka kasegamets
lillakamännik
noor männik leetunud ja näivleetunud mullaga söödil
noor segamets söödil
pajustik söödil
noor kaasik söödil
allikasoo-segamets
pohla-segamets
mustika-kõdusoo-männik
sinihelmika liigirikas madal soo
mustika-segamets
lodu-hall-lepik
lauka- (puis-) raba
alpi jänesvilla-turbasambla rohu-siirdesoo
hundinuia õõtsik-madal soo
pilliroo õõtsik-madal soo
pilliroo liigivaene madal soo
märg lamminiit
karjäär
hooned/ehitised, tootmisõu
teedeala

Keskmised üksused Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes

tehisala
sööt
kännipõld
palumännik
palusegamets ja -lehtmets
laanehaavik
laanekuusik
laanesegamets
laanekaasik
sürjaokasmets
sürjasegamets ja -lehtmets
laane- ja saluraiesmik
salukaasik
salumännik
salusegamets
salukuusik
muu salulehtmets
soostunud pajustik
soostunud raiesmik
soostunud lehtmets
soostunud segamets
soometsa raiesmik
lodupajustik
sookaasik
lodulepik
soo-segamets
soo-männik
kõdusoo-segamets
kõdusoo-lehtmets
kõdusoo-kuusik
kuiv niit
kõdusooniit
soostunud niit
madal soo
õõtsik-madal soo
allikasoo
õõtsik-siirdesoo
mättaraba
veetaimestik
järv
ajutine veekogu
liigtoimeline veekogu
kultuurniit
haljasala
istandus
noor mets söödil

Suured taimkatteüksused (maakatteüksused) Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes ja esialgses kaardistuses

tehisala
põld
aruraiesmik/noorendik
arumännik
arulehtmets
arukuusik
arusegamets
pajustik
soometsaraiesmik
soo-lehtmets
soo-segamets
soo-okasmets
kõdusoo-segamets
kõdusoo-lehtmets
kõdusoo-okasmets
kuiv niit
kõdusooniit
soostunud niit
madal soo
allikasoo
siirdesoo
raba
veekogu
kultuurniit
haljasala
istandus
noor mets söödil

EUNIS 2. astme üksused Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes ja esialgses kaardistuses

EUNIS kood	Nimi
C1	Seisuveed
D1	Raba
D2	Siirdesoo
D4	Madal soo
E1	Paluniidud
E2	Aruniidud
E3	Soised niidud
E5	Metsalage
F9	Soine põõsastik
G1	Lehtmets
G3	Okasmets
G4	Segamets
G5	Raiesmik, harvik ja noor mets
I1	Haritav maa
I2	Haljasalad
J1	Hooned
J3	Karjäärid
J4	Teedeala
X25	Aiad ja õued

Kasvukoha tüübid Otepää looduspargi taimkatte tehiseõppes ja esialgses kaardistuses

Kood vastab Paal (1997) projekti käigus täiendatud süsteemile.

Kood	Nimi
1131	Pohla
1132	Mustika
1133	Lillaka
1141	Jänese kapsa-mustika
1142	Jänese kapsa
1152	Maasika
1161	Sinilille
1162	Naadi
1221	Paju
1311	Sõnajala
1312	Angervaksa
1313	Sinihelmika
1411	Madalloomets
1412	Lodumets
1413	Allikasoomets
1421	Siirdesoomets
1431	Rabamets
1511	Mustika-kõdusoo
1512	Jänese kapsa-kõdusoo
2141	Kuiv pärisaruniit
2142	Niiske pärisaruniit
2151	Kõdusooniit
2161	Sürjaniit
2212	Märg lamminiit
2411	Liigivaene soostunud niit
2412	Liigirikas soostunud niit
3111	Liigivaene madal soo
3112	Liigirikas madal soo
3113	Õõtsik-madal soo
3121	Rohu-siirdesoo
3122	Õõtsik-siirdesoo
3131	Allikasoo
3221	Mättaraba
6112	Poolhuumustoiteline veekogu
6113	Huumustoiteline veekogu
6114	Segatoiteline veekogu
6115	Rohketoiteline veekogu
6117	Liigtoiteline veekogu
6118	Ajutine veekogu
7200	Õu/aed
7300	Sööt
7301	Metsastuv sööt
7400	Põld
7500	Tehisala
7600	Teed ja väljakud
8111	Kuiv kultuurkarjamaa
8121	Kuiv kultuurniit
8122	Niiske kultuurniit
8123	Muru
8212	Köögiljajaed

Kasvukoha klassid Otepää looduspargi taimkatte tehisõppes ja esialgses kaardistuses

palumets
laanemets
sürjamets
salumets
pajustik
soovikumets
madalsoomets
siirdesoomets
rabamets
kõdusoomets
pärisaruniit
kõdusooniit
sürjaniit
lamminiit
soostunud niit
madal soo
siirdesoo
allikasoo
raba
seisuvesi
õued
sööt
noor mets söödil
põld
hooned, tehisala
kultuurkarjamaa
kultuurniit
haljasala
istandus

Esialgusel Otepää looduspargi taimkatte koondkaardil kasutatud üksused

Kood	Nimi
1	prahipaikade taimestu
2	sööt
3	põld
4	paluharvik/noorendik/raiesmik
5	palumännik
6	palusegamets ja -lehtmets
7	laanehaavik
8	laanekuusik
9	laanesegamets
10	laanekaasik
11	sürjavarvik/noorendik/raiesmik
12	sürjaokasmets
13	sürjasegamets ja -lehtmets
14	laane- ja saluharvik/noorendik/raiesmik
15	salukaasik
16	salumännik
17	salusegamets
18	salukuusik
19	muu salulehtmets
21	soostunud raiesmik
22	soostunud lehtmets
23	soostunud segamets
25	soometsa raiesmik
26	lodupajustik
27	sookaasik
28	lodulepik
29	soo-segamets
30	soo-männik
31	kõdusoo-segamets
32	kõdusoo-lehtmets
33	pajustik
34	kõdusoo-kuusik
49	kuiv niit
50	niiske niit
51	kõdusooniit
52	liigivaene soostunud niit
53	mätastarna liigivaene madal soo
55	sootarna liigivaene madal soo
56	muu liigivaene madal soo
57	muu liigirikas madal soo
58	muu õõtsik-madal soo
59	põhjaveetoiteline siirdesoo
60	rohu-siirdesoo
61	õõtsik-siirdesoo
62	allikasoo
63	lage mättaraba
64	puispeenra-älveraba
65	liiv
66	suurtaimestik vees
67	poolhuumustoiteline (semidüstroofne) veekogu
68	huumustoiteline (düstroofne) veekogu
69	madalvesi, kinnikasvav järv
70	segatoiteline järv
71	rohketoiteline (eutroofne) veekogu
72	ajutine veekogu

73	liigtoiteline (hüpertroofne) veekogu
76	niiske kultuurniit
77	haljasala
78	köögiljaaed(istandus)
90	sinihelmika liigirikas madal soo
93	lauka- (puis-) raba
94	alpi jänesvilla-turbasambla rohu-siirdesoo
95	hundinuija õõtsik-madal soo
96	pilliroo õõtsik-madal soo
97	pilliroo liigivaene madal soo
99	trass/karjäär/muu lage
100	hooned/ehitised, tootmisõu
101	teedeala
102	niitja tarna liigivaene madal soo
104	noor mets söödil
105	kõdusoo-männik

LISA 6. Aruande digitaalse lisa struktuur

Kataloog: Joonised (selles aruandes esitatud joonised eraldi rasterfailidena peatükkide kaupa allkataloogides)

Kataloog: Andmebaasid (sisaldab tellijale üleantavaid andmebaase)

- Mullarasteriseerimine.mdb (1:10 000 mullakaardi rasteriseerimisel ja mullaklasside teisendamisel kasutatud andmebaas)
- orhideeleiud(OTE_LP).mdb (käpaliste leiuandmed Otepää looduspargi piires)
- Pidevõppe_andmekihid.mdb (pidevõppe andmekihtide metaandmed)
- Taimkatte&PK-yksused.mdb (taimkatte näidiskohtade kirjeldused)
- Taimkatte-s-tunnused.mdb (taimkatte näidiskohtade kaugseire ja kaarditunnused Otepää looduspargi piires, tehiseõppe juhtimise andmebaasi näidis)

Kataloog: Käpalised kaardilehtede kaupa (sisaldab käpaliste esinemise puudumise hinnangu kaarte bmp-failidena põhikaardi lehtede kaupa).

Allkataloogid liikide nimedega ning liikide arvu hinnangukaartide kataloog ja hinnangute ebakindluse kaartide kataloog.

Kataloog: Maakate27 (sisaldab Otepää looduspargi maakattekaarti bmp-failidena põhikaardi lehetede kaupa)

Kataloog: Kasvukohatüübid (sisaldab Otepää looduspargi metsakasvukohatüüpide kaarte bmp-failidena põhikaardi lehetede kaupa)

Kataloog: Taimkatte koondkaart (sisaldab Otepää looduspargi esialgset taimkattekaarti põhikaardi lehetede kaupa)

Allkataloogid:

pdf (suureformaadilised plotterikaardid pdf-formaadis)

ArcView (suureformaadilised plotterikaardid ArcView shp-formaadis)

MapInfo (suureformaadilised plotterikaardid MapInfo formaadis)

Kataloog: Tarkvara (sisaldab tellijale üleantavat tarkvara)

- mullarasteriseerimine.exe (mullateisenduse programm, mida saab kasutada koos andmebaasiga mullarasteriseerimine.mdb)
- ^PIDEVSTUUDIUM-2006.exe (Pidevstuumiumi tarkvara)
- ^PIDEVSTUUDIUM-2006.exe.config (Pidevstuumiumi konfiguratsioonifail, millesse saab kirjutada programmi Pidevstuumium mõningaid vaikimisi väärtusi.
- PK20t.txt (Pidevstuumiumi poolt kasutatav Eesti Põhikaardi kaardilehtede nurgakoordinaatide loetelu)

Kataloog: Aruanne (selle aruande tekst)