

Tartu Ülikool  
Geograafia Instituut

Helle Koppa

**AJALOOLISED KAARDID MAAKASUTUSE DÜNAAMIKA  
UURIMISALLIKANA  
VANA-KUUSTE MÕISA NÄITEL**

Magistritöö geoinformaatikas

Juhendajad: *MSc* Jüri Jagomägi  
prof. Ülo Mander

Tartu 2006

# Sisukord

|   |    |
|---|----|
| Sisukord .....  | 2  |
| Sissejuhatus.....   | 4  |
| 1. Kaardimaterjalid maastikumuutuste uurimisallikana .....                        | 7  |
| 1.1. Maakasutuse ja maakatte osa maastiku dünaamikas .....                        | 7  |
| 1.2. Muutuste tuvastamiseks sobivad materjalid .....                              | 8  |
| 1.3. Ajalooline kaardimaterjal kui alus interdistsiplinaarseteks uurimusteks..... | 9  |
| 1.4. Maakasutuse dünaamika uurimiseks sobiv kaardimaterjal Eesti alal .....       | 10 |
| 1.4.1. Nüüdiskaardid .....  | 10 |
| 1.4.2. Lähiaja kaardid.....   | 10 |
| 1.4.3. XIX sajandi I poole kaardid ja plaanid .....                               | 12 |
| 1.4.4. Teadusliku kartograafia kujunemisaja kaardid .....                         | 13 |
| 1.5. Kaardikogud ja arhiivid Eestis.....  | 14 |
| 1.6. Kaardimaterjalide digitaalne töötlemine maakattemuutuste uurimiseks .....    | 15 |
| 1.6.1. Tehnoloogiline skeem.....  | 15 |
| 1.6.1.1. Rasteriseerimine.....  | 16 |
| 1.6.1.2. Vektoriseerimine.....  | 19 |
| 1.6.1.3. Vektorkaardi andmetabeliga sidumine .....                                | 21 |
| 1.6.1.4. Andmeanalüüs ja muutuste jälgimine .....                                 | 22 |
| 1.6.2. Probleemid ajaloolise kaardimaterjali digitaalsel töötlemisel .....        | 23 |
| 1.6.2.1. Geomeetrilised erisused .....  | 24 |
| 1.6.2.2. Sisulised erisused .....   | 25 |
| 1.6.2.3. Töötlemise käigus tekkida võivad vead .....                              | 27 |
| 1.6.2.4. Ajakohasus.....  | 29 |
| 1.6.3. Kvaliteedi hindamine .....   | 30 |
| 2. Testala ning kasutatud kaardimaterjal .....                                    | 33 |
| 2.1. Testala .....  | 33 |
| 2.1.1. Porijõe valgla .....   | 33 |
| 2.1.2. Vana-Kuuste .....  | 34 |
| 2.2. Kasutatud kaardimaterjal .....   | 36 |
| 2.2.1. Eesti Põhikaart .....  | 36 |
| 2.2.2. Majandite maakasutusplaanid .....  | 36 |
| 2.2.3. NSVL Relvajõudude Kindralstaabi topograafilised kaardid .....              | 37 |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.4. Mõisa maakasutuskaardid .....                   | 37 |
| 2.2.5. Katastriplaanid .....                           | 38 |
| 2.2.6. Abimaterjalid .....                             | 38 |
| 3. Kaardimaterjalide töötlemine ja andmeanalüüs.....   | 40 |
| 3.1. Digitaliseerimine.....                            | 40 |
| 3.2. Atribuutinfo sisestamine .....                    | 44 |
| 3.3. Nähtuste klassifitseerimine .....                 | 45 |
| 3.4. Andmeanalüüs ja maakatte muutuste jälgimine ..... | 47 |
| 3.5. Täpsushinnang .....                               | 48 |
| 4. Tulemused ja arutelu.....                           | 50 |
| 5. Järeldused.....                                     | 61 |
| Kokkuvõte.....   | 62 |
| Summary.....   | 65 |
| Kasutatud allikad .....                                | 68 |
| Lisad.....   | 73 |

## Sissejuhatus

Mida rohkem ja mitmekülgsemat informatsiooni meid ümbritseva ruumi, kõige üldisemas mõistes maastiku kohta on, seda paremini mõistame seal toimuvaid protsesse. See teadmine on eelduseks, et suudaksime otstarbekamalt kavandada oma tegevusi ja hinnata seni tehtut. Ajalugu lisab maastiku-uurimustes ruumilisele mõõtmele lisaks ajalise mõõtme.

Maastikes toimuvad muutused on mitmetasandilised: need võivad olla nii horisontaalsed kui vertikaalsed, seda nii ruumis kui ajas. Muutused maastikes on enamasti raskesti hoomatavad ja tavamõistes ka aeglased. Sageli on maastikes raske eristada kogemuslikke ja emotsionaalseid muutusi tõelistest. On loogiline arvata, et huvide ja „ühiskonna tellimuste” muutused võivad kohati olla ulatuslikumad ja kiiremad kui maastiku enda muutused.

Maastikus toimunud muutuste kindlakstegemisel on lisainformatsiooni saamiseks kasutusel mitmed meetodid, muuhulgas näiteks arheoloogilised, paleontoloogilised jm. Selliste allikate kaudu saadud informatsioon on üsna spetsiifiline, see näitab maastiku muutuste üldist iseloomu neid kohaga täpsemalt sidumata.

Käesolevas töös keskendutakse eri ajajärkudest pärinevate kaardimaterjalide lõimitud kasutamisele eesmärgiga uurida muutusi maastikes maakasutuse muutuste kaudu. Looduses ja ühiskonnas toimuvad protsessid jätavad endast jälje maastikule. Kaart, mis on maastiku vähendatud, tõlgendatud ja leppemärkidega varustatud kujutis, annab võimaluse saada üsna hea ettekujutuse kunagisest maakasutusest, inimasutusest ja tehnorajatistest, kommunikatsioonidest ja looduse seisundist. Vaadeldes maastikusituatsiooni dünaamikat läbi aastasade, on vajalik kaasata mitmeid erinevaid kaardimaterjale. Esindades laia ajaskaalat, on kaardid väga erinevad nii kujunduse kui sisu poolest. Üks määravamaid aspekte seejuures on, et kasutatav kaardimaterjal võib olla mõõtkava poolest väga erisugune. Detailseima pildi mineviku maastikest annavad suuremõõtkavalised kaardid koos mitmesuguste lisamaterjalidega, milleks on nt. arhiividokumendid ja statistilised andmed.

Erisugused on olnud ka kaartide tegemise eesmärgid – situatsiooni üldilme edasiandmiseks mõeldud topograafiline kaart ei pruugi anda just palju infot maakasutuse detailsemaks vaatlemiseks. Varieeruv on ka nähtuste kujutamine kaartidel, mis raskendab veelgi nende nähtuste dünaamika jälgimist. Pikemat ajavahemikku silmas pidades muutuvad kaardistamise tehnoloogiad ja tavad. Aga samuti juhised ja eeskirjad, mille alusel kaardistatakse, pildistatakse, kirjeldatakse ning analüüsitakse maastikku. Oluline on teadvustada asjaolu, et

aja jooksul muutub vaatleja, hindaja suhe maa-alaga või ka maastiku või maakasutuse tüübiga. Inimene muutub vanemaks, väärtushinnangud muutuvad, samuti muutuvad vaatleja vaate- ja vaatamise kohad.

Raske on hinnata, kas maastikus toimunud muutus on tõene, usaldusväärne ja oluline. Võib juhtuda, et tegemist ei ole realselt looduses toimunud muutusega, vaid muutusega kaardipildis. Eristada, kas tuvastatud muutused on tõelised või on need näivad muutused, mis tulenevad eri aegade vaatlejate ja kaardistajate erinevatest võimalustest ja teadmistest, on tunnetuslikult keeruline ülesanne. See eeldab kasutajalt materjalide iseärade tundmist, seda eelkõige kaardi valmistamise eesmärkide ning kui võimalik, ka valmistamise tehnoloogia osas. Samuti on oluline mõista endisaegset ühiskonnakorraldust ning sotsiaalmajanduslikku olukorda.

Eelnimetatud nüansid muudavad erinevatest ajajärgudest pärinevate kaardimaterjalide lõimitud kasutamise ning võrdluste teostamise keeruliseks. Peamiste raskustena saab seejuures välja tuua kaartide korrektse geomeetrilise korrektsiooni, kaardinähtuste sisu õigesti tõlgendamise ning kaardisituatsioonide vahel toimunud muutuste tuvastamise.

Käesoleva töö eesmärgid on järgmised:

- uurida erinevast ajajärgust ja erineva detailsusega kaardimaterjalide ühtsesse süsteemi lõimimise võimalusi;
- leida testalale kaartidega kaetud ajavahemikku läbiv ühtne maakatte klassifitseerimisskeem;
- selgitada, millise täpsuse ja kui suure ajalise ulatusega on testalal võimalik maakatte kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid muutusi jälgida;
- iseloomustada testalal ajavahemikus 1800-1995 asetleidnud maakattemuutusi.

Käesolev magistritöö koosneb 5 peatükist. Esimese peatüki eesmärk on anda teoreetiline ülevaade maakasutuse muutuste uurimiseks sobivatest allikmaterjalidest, täpsemalt keskendutakse seejuures Eestis leiduvatele materjalidele ning antakse ülevaade vastavasisulistest kaardikogudest ja arhiividest Eestis. Lisaks käsitletakse esimeses peatükis erinevatest ajajärgudest pärinevate ja erineva mõõtkavaga kaartide ühtsesse süsteemi lõimimise protsessi ja selle iseärasusi.

Teises peatükis iseloomustatakse testala ning selle kohta olemasolevaid käesolevas töös kasutatud kaardimaterjale. Kolmandas peatükis antakse ülevaade testala kaartide lõimimisest ühtsesse süsteemi ning andmeanalüüsi teostamisest.

Neljandas peatükis käsitletakse töö tulemusi, viiendas peatükis tuuakse välja peamised tööst tehtud järeldused.

Töö autor tänab kõiki, kes käesoleva töö valmimisele kaasa aitasid. Erilised tänusõnad kuuluvad seejuures juhendajatele Jüri Jagomägile ja Ülo Manderile.

# 1. Kaardimaterjalid maastikumuutuste uurimisallikana

Maastikumuutuste põhjuste, protsesside ning tagajärgede uurimine on üks peamisi suundasid maastikuökoloogias (Wu, Hobbs 2002). Seejuures kasutatakse uuringutes üha rohkem ajaloolist kaardimaterjali. Paljude autorite töödes rõhutatakse ajaloolise maakasutuse uurimise olulisust just seoses planeeringute ning tulevikustsenaariumite väljatöötamisega (Marcucci 2000; Cousins, Eriksson 2002; Zerbe 2003; Dutoit *et al* 2003; Bender *et al* 2005b; Käyhkö, Skånes 2006). Lisaks maakasutusele on ajaloolistelt kaartidelt võimalik leida väärtuslikku lisainformatsiooni näiteks maastiku funktsioonide, potentsiaali ja struktuuri ajaloolise mustri kohta. Sellist teavet saab kasutada maastiku arengu ennustamiseks ja optimeerimiseks tulevikus (Haase *et al* 2005).

## 1.1. Maakasutuse ja maakatte osa maastiku dünaamikas

Inglisekeelsetes aegridasid ja muutusi käsitlevates töödes kasutatakse sageli mõistet „*landscape change*”. Esmapilgul väga laia valdkonda haarav „maastiku muutus” osutub lähemal lugemisel sageli sisuliselt hoopis „maakasutuse muutuseks” või „maakatte muutuseks”. Neid esmapilgul väga sarnase kõlaga mõisteid ei maksa aga segi ajada.

Maakasutus näitab, kuidas ja millisel eesmärgil inimesed kasutavad maad ja selle poolt pakutavaid ressursse.

Maakate on looduslike tingimuste ning tänapäevase ja mineviku maakasutuse koosmõjul tekkinud maapinna kattekiht (Skånes 1996c), enamasti mõeldakse selle all taimkatet, aga ka inimese poolt loodud tehnoarajatisi (nt. hoonestusalad, teed).

Muutuse alla mõistame siinkohal maakasutuse või maakatte tüübi pindalalise ulatuse muutumist (suurenemist või vähenemist) (Briassoulis 2000) ning maakasutuse või maakatte tüübi koosseisu muutumist ajas.

Maakasutuse ja maakatte mõisted on muutuste aegridade puhul väga olulised. Enamasti on väga raske – kui mitte võimatu – pikaajalisi, sadu aastaid hõlmavaid maakasutuse muutusi aegreana jälgida. Kuna maakasutus sisaldab endas ka tehnoloogilisi ja sotsiaalmajanduslikke aspekte, ei ole võimalik aja jooksul mõiste poolest samaks jäänud, kuid sisuliselt muutunud nähtusi maakasutustüüpide tasemel võrrelda. Seetõttu tuleb maakasutuse võrdlemiseks nähtused maakasutuse klassidesse koondada, kuid isegi sellisel juhul on võrdlust eri

ajahetkede vahel väga keeruline teostada. Kaardisituatsioonide võrdluse teostamiseks on lihtsam maakasutuse nähtustest moodustada maakatte klassid. Sellisel juhul toimub nt. kõlvikulise situatsiooni klassideks koondamine ning võrdlemine pigem taimkattest kui kõlvikute kasutusotstarbest lähtuvalt.

## **1.2. Muutuste tuvastamiseks sobivad materjalid**

Rõhutatud on seda, et maastikumuutuste uurimise puhul peaks kasutatav materjalide aegrida ulatuma tagasi vähemalt XIX sajandi keskpaika, ehk siis preindustriaalsesse perioodi (Bender *et al* 2005a). Kui tänapäeval on satelliidipildid ja aerofotod peamiseks allikaks, kust uuendada maakasutuse ja selle muutuste infot (Kindler, Banzhaf 2001; Bender *et al* 2005b), siis mineviku maakasutuse kohta annavad parima pildi ajaloolised kaardid.

Topograafilised kaardid ja alates XVIII sajandi maamõõdistuskampaaniate käigus toodetud plaanimaterjalid pakuvad sobivat kartograafilist baasi ajaloolise maastikuseisundi analüüsiks. Sellistel materjalidel on piisav geomeetiline ja sisuline täpsus, et võimaldada viimase 300 aasta kestel toimunud maastiku arengu uurimist. Nimetatud kaardimaterjalidest vanemad kaardid on harva piisavalt korrektsed, seetõttu tuleks neid käsitleda pigem lisainformatsioonina (Cousins 2001; Haase *et al* 2005). Siinkohal tuleb etteruttavalt lisada, et Eesti alal viimane väide ei kehti, kuna XVII sajandist pärinevad nn. Suure Rootsi Katastri kaardid on maastiku-uuringuteks valdavalt sobivad nii sisulise kui geomeetrilise täpsuse poolest.

Lisaks kaardimaterjalile saab maakatte muutuste kohta andmeid leida muudestki allikatest. Abiks on mitmesugused kirjalikud allikad: statistilised andmed (vt. Paquette, Domon 1997; Benitez, Fischer 2004), arhiivimaterjalid, kirjeldused, ajaleheartiklid; maastikujoonistused; kohalike elanike küsitlemine (vt. Mottet *et al* 2006). Maakatte muutuste aegridasid viiakse kaugemale minevikku õietolmuproovidest saadud andmestike abil (vt. Foster, Motzkin 2003; Veski *et al* 2005).

### **1.3. Ajalooline kaardimaterjal kui alus interdistsiplinaarseteks uurimusteks**

Eestis on vanema kaardimaterjali kasutamine koos GIS-vahenditega viimastel aastatel tunduvalt laienenud. Mitmed uurimissuunad on avastanud ajaloolise kaardimaterjali kasutamisega kaasnevad võimalused. Vanema kaardimaterjali kaasamine teeb maakasutuse muutuste jälgimisest interdistsiplinaarse uurimissuuna. Näiteks seni peamiselt kirjeldusraamatute ja muude statistiliste andmestike põhjal maakasutuse muutusi vaadelnud ajaloolased kasutavad oma uurimustes üha rohkem GIS-vahendeid, mis avardavad tunduvalt kaardianalüüsi võimalusi. Ajaloolane Kalev Koppel (2005) kasutas oma magistritöös Rõuge ajalooliste maastike modelleerimisel XVII-XIX sajandi katastrikaarte. Arheoloogide, ajaloolaste ja geoloogide koostöös sündinud Rõuge maakasutuse uurimuses kasutati lisaks õietolmuanalüüsidele vanu katastrikaarte (vt. Veski *et al* 2005).

Siiski ei ole uurimusi, kus ajaloolist kaardimaterjali on kasutatud koos GIS-analüüsiga maastiku-uuringute osana, Eestis väga palju tehtud. Näiteks Palang *et al* (1998) vaatlesid XX sajandi jooksul Eestis toimunud maakatte ja mitmekesisuse muutusi suuremõtkavaliste topograafiliste kaartide kaudu, kasutades muuhulgas ka XX sajandi algupoolelt pärinevaid kaardimaterjale. Mitmed uurijad on ajaloolist kaardimaterjali kasutades vaadelnud Eesti saartel toimunud maastikumuutusi (Ratas *et al* 1996; Kokovkin, Loodla 1998; Hellström 2002). Sepp (2004) uuris ajaloolise maakasutuse muutuste modelleerimise võimalusi Markovi ahelate ja rakk-automaadi abil, kasutades seejuures andmeallikatena ka ajaloolisi kaarte. Tõnu Raid on oma teedevõrgu kujunemist käsitlevates uurimustes (Raid 2003; Raid 2005) kasutanud lisaks mitmest ajajärgust pärinevatele topograafilistele kaartidele ka XVII sajandist pärinevaid suuremõtkavalisi Suure Rootsi Katastri kaarte. Siiski ei ole autori andmetel selliste uurimuste tulemusena loodud objekt-orienteeritud GIS-andmebaase.

Ajaloolistelt kaartidelt saadav info jõuab ka praktilistesse rakendustesse. Rekonstrueeritud mineviku maastikupildid on saamas osaks maastikuplaneeringutest ning väärtuslike maastike hindamisest (nt. Karula rahvuspark, Matsalu looduskaitseala, Kihnu jt). Maastikuplaneerijad on oma töödes kasutanud vanemast kaardimaterjalist peamiselt nn. Vene 1-verstaseid kaarte.

## **1.4. Maakasutuse dünaamika uurimiseks sobiv kaardimaterjal Eesti alal**

Eestit puudutava kaardimaterjali võib kaardistamisel kasutatud tehnika ja kaartide kättesaadavuse poolest jagada järgmistesse kategooriatesse (Tee, Koppa 2004):

- 1) nüüdiskaardid, ilmunud pärast 1990. aastat
- 2) lähiaja kaardid, välja antud XIX sajandi II poolest 1990. aastani
  - a) XX sajandi II poole kaardid aastatest 1960 – 1990
  - b) XX sajandi I poole kaardid aastatest 1918 – 1960
  - c) XIX/XX sajandi vahetuse kaardid XIX sajandi teisest poolest 1918. aastani
- 3) XIX sajandi I poole kaardid
- 4) teadusliku kartograafia kujunemisaja kaardid: XVI-XVIII sajandist
- 5) varased kaardid, ilmunud enne XVI sajandit.

### **1.4.1. Nüüdiskaardid**

Nüüdiskaardid on rangelt määratletud matemaatilise alusega ja koostatud reeglina arvutite abil. Pärast 1990. aastat Eesti Vabariigis väljaantud kaartidele on iseloomulik range matemaatilise aluse kasutamine ja lihtne ühildavus GIS-iga. Siinkohal tuleb eelkõige nimetada M 1:10 000 digitaalkujul Eesti Põhikaarti ja *Corine* programmi raames loodud maakatte andmebaasi.

### **1.4.2. Lähiaja kaardid**

Lähiaja kaartideks nimetame kokkuvõtvalt kõiki geodeetiliste mõõdistuste ja välitööde tulemusena ning alates XX sajandi algusest üha aktiivsemalt seiretehnika kaasabil koostatud tardkaarte fikseeritud matemaatilisel alusel. XIX sajandi II poolel ja XX sajandil välja antud sõjaväe- ja tsiviilkaardid on täpsed ning väga infomahukad.

**XX sajandi II poole kaartide** (Potter 1995a; Potter 1995b; Maa-amet 2003b) koostamisel oli kesksel kohal stereofotogramm-meetria. Nimetatud kaartide hulgas kuulub eriline roll *NSVL Relvajõudude Kindralstaabi topograafilistele kaartidele*, mis on praeguse ni laialt kasutusel. Lisaks sõjaväe (kõnekeeles ka kutsutud “o-süsteemiks”) topokaartidele anti N. Liidus alates 1963. aastast alates NSVL Ministrite Nõukogu juures asuva Kartograafia ja Geodeesia Peavalitsuse poolt välja ka tsiviilkasutuseks mõeldud kaarte (nn. “c-süsteemi”

---

<sup>1</sup> Kirillitsas “c”, ladina tähestikus “s”.

kaarte). Viimased erinevad esimestest koordinaatsüsteemi ja kaardilehtede jaotuse nihkega ning selle poolest, et puuduvad koordinaatide väärtused. Mõõtkavas 1:10 000...1:200 000 trükitud nõukogude topograafiliste kaartide väärtuslikuks omaduseks on perioodilisus: alates 1920. aastate lõpust kuni N. Liidu lagunemiseni 1991. a. ilmusid enam-vähem regulaarsete ajavahemike järel uued kaardilehed sama piirkonna kohta. Teatav tähtsus võib olla sellelgi, et nõukogude sõjaväe topokaardid on ainsaks tavakasutajale kättesaadavaks üldtopograafiliseks kaardiks kogu maailma kohta (Tee, Koppa 2004). Lisaks on see kaardimaterjal tänapäevani üheks peamiseks teabeallikaks Eesti reljeefist. Dünaamika uurimise seisukohast on eelkõige olulised M 1:25 000 ja 1:10 000 topograafilised kaardid. Kahjuks puudub viimaste puhul selge ülevaade, kas Eestis on säilinud täiskomplekt kõnealuseid kaarte.

Eelkõige maakatte muutuste uurimisel on olulised 1966.-93. aasta *ortofotod ja fotoplaanid* (Lankots 1997; Maa-amet 2003b) mõõtkavas 1:10 000 ja 1:5 000, samuti aeropildistuste kontaktkoopid. Võib arvata, et ajavahemiku 1960-90 kohta on olemas veel ka suur hulk mitmesuguseid kosmosefotosid. Kahjuks ei asu põhiosa nimetatud materjalist Eestis ja isegi selle kohta, mis meil olemas on, puudub selge ülevaade.

Olulist infot tiheasustuspiirkondadest ja mõningatest tehnorajatistest annavad *asulate topograafilised plaanid ja kaardid* (1973-90) mõõtkavades 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 ning 1:500.

*Topograafilise mõõdistamise M 1:10000 välioriginaalid* (1970-1993) on hoiul Maa-ameti andmekogude arhiivis. Eesti ala on mõõtkavas 1:10 000 ja Kirde-Eesti tööstuspiirkond mõõtkavas 1:5 000.

Maakatte muutuste uurimisel võivad olulist abi anda *endiste majandite (kolhoosid, sovhoosid) maakasutusplaanid* mõõtkavas 1: 10 000. Viimaste baasil on koostatud *Eesti katastri aluskaart* M 1:20 000.

*Eesti mullakaart* on küll koostatud hilisemal ajajärgul, kuid kuna see põhineb valdavalt nõukogudeaegsetel materjalidel, siis võib mullakaardi eelnimetatud perioodi arvata.

**XX sajandi esimese poole kaarte** (Ambur 1993; Potter, Treikelder 2001a; Lankots 1997; Treikelder 2001) iseloomustab koostamise ajajärgul toimunud üleminek triangulatsioonil põhinevale korrektsele geodeetilisele ja matemaatilisele alusele. See asjaolu loob võimaluse nende usaldusväärseks sidumiseks praegu kasutatavate koordinaatsüsteemidega ja integratsiooniks kaasaegsete ruumiandmetega. XX sajandi keskpaigaks said ka aerofotogramm-meetria meetodid suuremõõtkavalisel mõõdistamisel üldlevinuks.

Sõjajärgses Eesti Vabariigis jäi mõõtkavas 1:25000 (1923-34) *topograafiliste kaartide* väljaandmine kahjuks lõpetamata (Lankots 2001; Treikelder 2001).

Teise maailmasõja ajajärgu kaartidest rääkides ei maksa unustada ka teiste riikide, peamiselt *saksa päritolu topograafilisi kaarte*. Viimased kujutavad endast küll reeglina nõukogude ja vene kaartide, peamiselt 1-verstase kaardi ümbertrükke.

1940. aastate teisel poolel toimus Eesti *aeropildistamine mõõtkavas 1:10000 ja 1:5000*. Lisaks sellele on põhjust arvata, et Teiseks maailmasõjaks valmistudes ja sõja ajal tehti tollaste suurriikide, eelkõige N. Liidu ja Saksamaa poolt Eestimaast korduvalt aeropilte. Aeropilte tehti ka Eestis. Mitmetes toleaeagsetes raamatutes (nt. "Eesti Vabadussõda" I-II) on avaldatud dešifreeritud aerofotosid erinevate piirkondade kohta. Võib oletada, et mingi osa originaalfotosid ja negatiive on arhiivides ja erakogudes tõenäoliselt alles.

**XIX ja XX sajandi vahetuse kaartidest** on maastikudünaamika info uurimise seisukohast tähtsaim aastatel 1895-1913 ilmunud M 1:42000 topograafilise kaardi, nn. vene 1-verstane kaardi koostamisega paralleelselt loodud *M 1:21000 (1/2-verstane) kaart*, mille säilinud lehtede hulk on küll teadmata.

Kõnealusel ajajärgul on koostatud mitmeid linnaplaane, samuti plaane kindlustuste, sadamate jms kohta millest olulisem on Johann H. Schmidt Tallinna atlas (1865). 1879.-80. aastatel toimus Tallinna üldmõõdistamine mõõtkavas 1:840...1:2100 ja nivelleerimine Fr. J. Eurichi eestvedamisel (Potter, Treikelder 2001b).

#### *1.4.3. XIX sajandi I poole kaardid ja plaanid*

XIX sajandi I poole üldgeograafilisi kaarte iseloomustab triangulatsioonil põhineva geodeetilise alusega sidumine. Samal ajajärgul joonistatud krundikaardid on detailsed, kuid ilma matemaatilise aluseta.

**Talu- ja mõisakaardid ning krundiplaanid.** XIX sajandi kaardistamistööd olid kantud majanduslikest vajadustest – püüdest taastada Rootsi riigivõimu perioodil kehtinud otstarbekam maksustussüsteem, edendada mõisa ja talumajandust (Must 2000). Esimesed XIX sajandi algul koostatud mõisate kaardid valmisid suuresti mõisnike erainitsiatiivil Rootsi-aegsete eeskujude (nn. Suur Rootsi Kataster) alusel. Liivimaa 1804. a. talurahvaseadusega korraldati ümber kogu senine talupoegade koormiste arvestamise süsteem – talupoegade kohustuste suurus mõisa ees pidi taas (nagu XVII sajandilgi) sõltuma

nende kasutuses olevate kõlvikute pindalast ja kvaliteedist. Uue süsteemi ellurakendamiseks tuli mõõta, hinnata ja kaardistada kõik Liivimaa era-, kroonu-, linna- ja ülikoolimõisate maad (Must 2000). Krundiplaan koostati hulgaliselt läbi kogu XIX sajandi, sealjuures talumaadel langes mõõdistustööde raskuspunkt 1860.-70. aastatele (Troska 1994). Maavalduste kaardid mõõtkavas ümmarguselt M 1:5200 ja 1:10400 on väga detailsed, eriti just maakatte ja maakasutuse osas.

Nimetatud ajajärgu **topograafilised kaardid** on detailsemaks dünaamika uurimiseks liiga väikesemõõtkavalised.

#### *1.4.4. Teadusliku kartograafia kujunemisaja kaardid*

XVIII sajandil koostati üsna vähe suuremõõtkavalisi originaalkaarte Eesti ala kohta. Olulisemate materjalidena väärivad mainimist mõisakaardid: 1765-1861. a. võeti Vene Impeeriumis ette eramaade kaardistamine 36 kubermangus, sh. Saaremaal, kus maade reguleerimine toimus 1765-1798 a (Varep 1960).

XVII sajandi alguse edusammud teaduse ja tehnika edenemises ei jätnud mõjutamata ka kartograafiat, tõstes kaartide täpsust ja kvaliteeti. Tsentraliseeritud riikide areng, majanduse ja haldusbürokraatia vajadused tõstsid nõudlust suuremõõtkavaliste kaartide järele. Eesti jaoks oluline *Suur Rootsi Kataster* koostati Rootsi kuningriigis mõisate reduktsiooni käigus. Tööde põhiraskus langes 1680.-90. aastatesse ja kestis mõningate pausidega 1710. aastani (Must 2000). Mõisakaarte Eesti- ja Liivimaa kohta koostati ka varem, esimene säilinud kaart (Eesti Ajalooarhiivis, käsitleb praeguse Läti ala) pärineb aastast 1632. Rootsiaegsed mõisakaardid on reeglina väga detailitihedad, sisaldades hulgaliselt infot topograafiliste, juriidiliste ja majanduslike nähtuste kohta (Koppel 2002). Suure Rootsi Katastri kaardimaterjali hulgas on eelkõige olulised:

- mõisakaardid, mis on koostatud instrumentaalmõõdistamise alusel Rootsi valitsuse poolt ellu viidud mõisate reduktsiooni käigus; Eesti alal võib mõõtkavaks lugeda 1:10400 ja
- teedekaardid XVII sajandi lõpust; sh. M 1:4568 Tartu kreisi suuremate teede atlas, mis koos teiste Liivimaa teedekaartide ja Eestimaa teede skitsidega moodustavad oma aja kohta unikaalse materjali (Raid 2003).

XVI sajandil laienes mõõdistamise kasutamine kaartide ja plaanide koostamisel. On mitmesuguseid teated Liivi sõja eelsete suure- ja keskmisemõõtkavaliste kaartide ja linnaplaanide kohta, kuid enamus neist pole meie ajani säilinud (Varep 1960).

XVI sajandile eelnenud ajast pärinevaid üldgeograafilised kaardid on väga skemaatilised ja ilma matemaatilise aluseta. Säilinud suuremõõtkavaline plaani- ja kaardimaterjal sellest perioodist puudub (Varep 1960).

### **1.5. Kaardikogud ja arhiivid Eestis**

Eesti **suurim kaardikogu** asub Maa-ametis. Sealne kartograafia fond sisaldab 265 000 säilitusühikut mitmesuguseid kartograafilisi materjale väikesemõõtkavalistest ülevaatekaartidest suuremõõtkavaliste plaanimaterjalideni (Maa-amet 2005). Tuntava osa moodustavad ajaloolised kaardimaterjalid.

Ulatuslik on ka Eesti Rahvusraamatukogu kaardikollektsioon, mis koosneb enam kui 14 300 atlasest, kaardist ja linnaplaanist.

Tartu Ülikooli raamatukogu kaardikogu sisaldab ligikaudu 8000 atlast ja kaarti.

Väga erinevat kaardimaterjali leidub ka Tartu Ülikooli geograafia instituudis, Riigiarhiivis, Eesti Ajaloomuuseumis, Eesti Kirjandusmuuseumis ja maakondlikes arhiivides. Kaartide kogud on ka mitmetel äriettevõtetel.

Eesti peamine ja **suurim ajalooliste kaartide kogu** asub Eesti Ajalooarhiivis – dokumentide koguarvuks on 80 000-100 000. Sealne kaardikollektsioon on mitmekülgne, temaatika ulatub üldgeograafilistest kaartidest topograafiliste, hüdrograafiliste, melioratsiooni-, teede- jm erikaartideni. Arvuliselt domineerivad piiri- ja maakasutusplaanid. Palju leidub ka linnaplaane.

Vanim kaart Eesti Ajalooarhiivis pärineb aastast 1632, esimene suurem kaardiseeria pärineb 1680-1690. aastatest (Suur Rootsi Kataster). XVIII sajandi originaalkaarte tuleb lugeda haruldasteks, neid on säilinud vähe (Koppel 2002). Valdav osa Ajalooarhiivi kaartidest pärineb XIX sajandist ja XX sajandi algusest. Tähtsamad Ajalooarhiivi kaarte sisaldavad fondid ja kollektsioonid on järgmised: *Eestimaa Rootsiaegne Kindralkuberner* (fond 1), *Eestimaa Rüütelkond* (fond 854), *Eesti Maakrediidiselts* (fond 2486), *Eestimaa Kubermangu Joonestuskoda* (fond 46), *Liivimaa Kubermangu Joonestuskoda* (fond 308), *Kaardikogu*

(fond 2072) ning *Katastridokumentide kollektsoon* (fond 3724). Lisaks leidub kaarte ja plaane linnade, kinnistusametite, isiku- ja mõisafondides (Eesti Ajalooarhiiv 2003).

Palju väärtuslikku kaardimaterjali on sattunud Eestist väljapoole. Tähelepanuväärne hulk ajaloolisi kaarte leidub näiteks Rootsi Riigiarhiivis (*RA, Riksarkivet*) ja Rootsi Sõjaarhiivis (*KrA, Kriksarkivet*), Läti Riiklikus Ajalooarhiivis (Latvijas valsts veestures arhiivs *LVVA*) ning Venemaa Riiklikus Ajalooarhiivis (*GIAR*), samuti on ajaloolisi kaarte nii Eestis kui välismaal erakogudes (Tee, Koppa 2004).

## **1.6. Kaardimaterjalide digitaalne töötlemine maakattemuutuste uurimiseks**

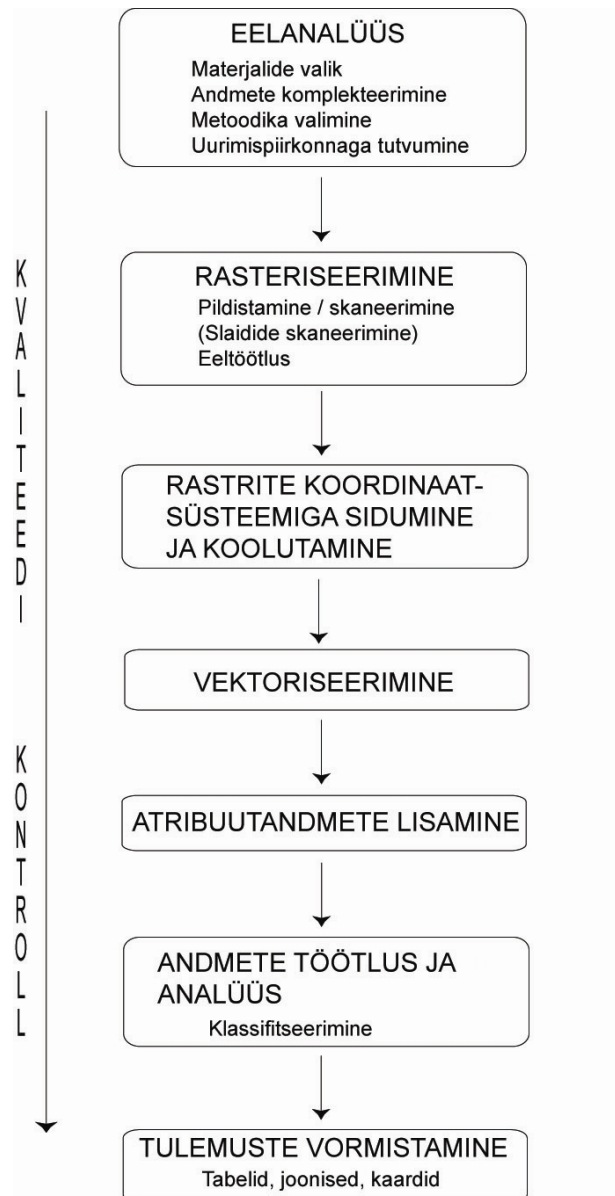
Digitaalne andmeanalüüs on lubanud kombineerida suure hulga ruumiandmeid, mis omakorda võimaldab luua ajalisi-ruumilised andmearhiivid maastike kohta. Enamus uurimistöid keskenduvad maastikumuutuste vaatlemisel maastikumustrite hindamisele erinevatel ajahetkedel. Mõned üksikud uurimused on proovinud luua sünteesi maastikumuutustest läbi aja või pööranud tähelepanu raskustele GIS-i kasutamisel maastikumuutuste uurimisel (Vuorela, Toivonen 2003).

### **1.6.1. Tehnoloogiline skeem**

Tardkaartide rasteriseerimine ja saadud aluskaardi koordinaatsüsteemiga sidumine ning vektoriseerimine on tänapäeva digitaalkartograafias standardprotseduurid. Paremini või halvemini lahendatud kujul kuuluvad need kõikide GIS/CAD tarkvarade koosseisu. Olenevalt konkreetse tarkvara arhitektuurist on tegu kas tarkvara põhifunktsionaalsusega või kasutaja soovil installeeritava laiendusena.

Ajaloolise kaardimaterjaliga töötamisel on oma spetsiifika. Põhiosas jääb siiski kogu ajaloolise kaardimaterjali töötlus tavapärase geoandmete loomise protsessi raamidesse. Lisanduvad allika materjali uurimine ja sisu analüüs, mis viiksid selleaegse „reaalsuse” tunnetamiseni.

Joonisel 1 on toodud tardkaartidest geoandmete loomise üldine tehnoloogiline skeem.



Joonis 1. Tardkaartidest geoandmete loomise üldine skeem

Järgnevas on jagatud ajalooliste kaartide digitaalseteks ruumiantmeteks viimine nelja ossa.

### 1.6.1.1. Rasteriseerimine

#### Tardkaartide rasteriseerimine

Rasteriseerimine on toimingute jada, mille tulemusena saadakse tardkaardist rasterkaart.

Kaardimaterjali viimisel tardkujult rasterkujule on peamisteks võimalusteks:

- skaneerimine,

- digitaalkaameraga fotografeerimine,
- analoogkaameraga fotografeerimine ja saadud negatiivide või positiivide skaneerimine.

Vanemate tardkaartide skaneerimine võib osutuda komplitseerituks. Suuremõõtmelise kaardimaterjali puhul tekitab probleeme sobivas formaadis skänneri leidmine. Kõrge hinna tõttu on suuremad kui A3 formaadis skännerid üsna harvaesinevad. Olemasolevatest suurtest skänneritest enamik on nn. trummelskännerid. Viimased võivad rariteetseid arhiivisäilikuid mehaaniliselt deformeerida või vigastada. Samuti pole vanu hapraid kaarte võimalik neid kahjustamata näiteks kokku murda ja osadena skaneerida väiksemaformaadilistel tasaskänneritel. Taolist kohtlemist ei kannata vanade kaartide seisund välja, samuti on see arhiivimaterjalide käsitlemise eeskirjade ja eetikaga vastuolus.

Arhiivides on kasutusel kvaliteetsed laiformaatfotoaparaadid, mille juurde kuuluvad ka spetsiaalsed statiivid ja valgustusseadmed. Analoogkaameraga pildistamisel saadud kujutisi on võimalik skaneerida kas negatiivi või slaidina, aga samuti paberalusel fotona. Läbipaistval alusel negatiivide ja slaidide skaneerimine eeldab erivarustusega skänneri olemasolu, sellest puudusest on vaba paberfotode skaneerimine. Samas tähendab heakvaliteediliste paberfotode tegemine nii lisakulutusi kui lisamoonutusi.

Digitaalkaameraga pildistamine oleks edasise töötlemise seisukohast kõige parem lahendus (parim hinna ja kvaliteedi suhe), kuid enamasti ei ole arhiivides või mujal säilituskohtades võimalik kaardimaterjalist oma vahenditega koopiaid teha. Hetkel ei küüni ka suurem osa nõ. laiatarbe digitaalkaameratest oma parameetrite (sensorplaadi ja objektiivide lahutusvõime) poolest vajaliku kvaliteedini.

Kaartide rasteriseerimise ja eeltötluse kvaliteet on hilisema töökäigu seisukohast väga oluline, sest sellest sõltub kaartide loetavus ning koordinaatidega sidumise kvaliteet.

### **Koordinaatidega sidumine**

Lihtsamal juhul seisneb rasterpildi Maa koordinaatidega sidumise protsessi sisu rasterpildi lähtepunktile (traditsiooniliselt vasakpoolne ülemine nurgapunkt) koordinaatide omistamises ning pildiväljale meetrika ja ulatuse määratlemises (Jagomägi 1998). Rasterpilte on võimalik vastavat tarkvara kasutades siduda koordinaatidega mitmel erineval viisil:

- situatsiooni järgi
- kaardivõrgu ja kaardiraami järgi
- vahetu koordinaatide omistamisega rasterfaili lähtepunktile.

Rasterkaardi sidumisel mingi etteantud koordinaatide süsteemiga omistatakse kaardile koordinaatide väärtused selles süsteemis. Sidumisest piisab, kui rasterkaart on juba nõutavas projektsioonis.

Kui lähtekaart on olnud võrreldes taotletavaga erinevas projektsioonis, on vajalik pilti ka koolutada. Koolutamise all mõistetakse rasterpildi kujutise transformeerimist, mille käigus muutuvad objektide omavahelised proportsioonid ja kuju (Jagomägi 1998). Projektsioonierinevuste puhul on koolutamine möödapääsmatu. Kaardi võib siduda koordinaatidega ja koolutada vajalikku projektsiooni ühe toiminguna.

Korrektse matemaatilise alusega ja koordinaatsüsteemiga sidumata kaardimaterjalide puhul on väga oluline see, et koolutamine võimaldab kaardiprojektsiooni muuta ka ilma originaali matemaatilist alust teadmata (Jagomägi 1999). Sellisel juhul on kaartide koolutamiseks ja sidumiseks vaja leida piisavalt tuvastuspunkte. *Tuvastuspunktideks* on punktid, mille koordinaadid on teada kas otseselt või siis määratakse visuaalse tunnetuse kaudu kaartide situatsioonide võrdlemisel (Tee, Koppa 2003).

Parimaks võimaluseks on tuvastuspunktide määramine mingilt korrektse matemaatilise alusega kaardimaterjalilt. Parimateks tuvastuspunktideks on kergesti äratuntavad ja ruumiliselt selgepiirilised maastikunähtused, nagu teede ristid või majanurgad (Vuorela 2000). Väiksemõõtkavaliste kaartide puhul võib tuvastuspunktid valida rannajoone, vetevõrgu jms äratuntavate objektide iseloomulikesse punktidesse. Kuna kaardil kujutatud katab üsna suure maa-ala, siis ei valmista tuvastuspunktide leidmine väikese mõõtkava puhul eriti raskusi.

Mida vanem on kaart, seda enam peab arvestama kaardil kujutatud maastikusituatsiooni erinevusega kaasaegsest, mis tekitab omajagu probleeme usaldusväärseks sidumiseks vajaliku hulga tuvastuspunktide leidmisega. Seepärast saab vanade kaartide puhul küllaltki harva kasutada vahetut sidumist koordinaatsüsteemiga nüüdiskaardi vahendusel, hoopis sagedamini tuleb kasutada kaudsemaid teid, näiteks kasutada *abikaarti*. Abikaardiks võib kasutada igasugune sobiva detailsusega rasterkaart teadaoleva matemaatilise alusega ja mille kaardisituatsioon ei erine väga integreeritava materjali omast. Suuremõõtkavaliste vanade krundiplaanide sidumisel tulevad esmajärjekorras kõne alla suuremõõtkavalised topograafilised kaardid, asulaplaanid või ortofotod XX sajandi keskpaigast, mil 1960.-80. aastatel toimunud maaparanduskampaaniad ja suurpõllumajanduse arendamine polnud veel maastikupilti tundmatuseni muutnud. Mõõtkavaga 1:5 200 plaanide sidumisel peaks abikaart

olema vähemalt M 1:10 000 täpsusega. M1:10 400 mõisa maakasutuskaartide, mis hõlmavad suurema territooriumi, sidumiseks kõlbavad ka M1:25 000 ja M 1:50 000 kaardid.

Tulenevalt pruugitavate projektsioonide iseloomust ja rastril kujutatud pinna suurusest ning vastavalt tuvastuspunktide hulgal ja ruumilisele jaotusele saame kasutada erinevat liiki ja järku *teisendusi*. Esimest järku teisendust kasutatakse juhul, kui tuvastuspunkte on leitud suhteliselt vähe, rasterpilt on piisavalt väike või lihtsa (näiteks nelinurkse) kujuga. Kui valitud on suuremal hulgal tuvastuspunkte, seotav ala on suur või keerukama kujuga, on otstarbekas kasutada kõrgemat järku teisendusi. Valik afiinse ja projektiivse teisenduse või nende kombinatsiooni vahel tehakse vastavalt vajadusele ja võimalustele.

### **1.6.1.2. Vektoriseerimine**

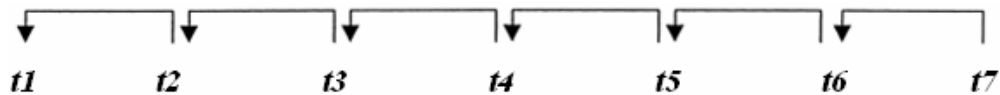
Vektoriseerimisel kasutatakse peamiselt kahte meetodit: automatiseeritud või interaktiivset vektoriseerimist. Täisautomaatselt saab kaarti vektoriseerida vaid lihtsamatel juhtudel (raster on väga selge, jooned on konkreetse ja selgestieristuvad). Vanemaid kaardimaterjale ei ole võimalik automatiseeritult vektoriseerida, sest kujutise kvaliteet võib olla ebahühtlane – kaardid võivad olla kulunud ja määrdunud, objektide kujutamisel puudub järjepidevus jne.

Enamasti on mõttekam joonistada vektorinfo maha rasterkihilt, jälgides situatsiooni visuaalselt arvutiekraanilt. Niiõelda “käsitsi” saavutatud tulemus on üldjuhul täpsem ja hilisem andmekorrastuseks kuluv aeg lühem.

Kaartide jadana vektoriseerimiseks on mitmeid võimalusi.

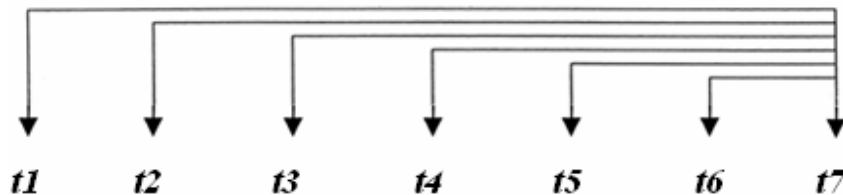
1. *Vektoriseerida iga kaart eraldiseisva üksusena.* Selline meetod muudab keeruliseks hilisema andmeanalüüsi teostamise. Kui tegemist on mõõtkavalt, kaardistuseesmärgilt, detailsuse astmelt ning geomeetrilise täpsuse poolest erinevate kaartidega, siis ei ole võimalik nende üks-ühene kattumine. Seetõttu ei kattu vektoriseerimise tulemusena üks-ühele ka objektid, mille asukoht looduses tegelikult ei ole muutunud. Kahe ajakihi vahel tekib palju nn. pseudomuutusi, mida on edaspidi keerukas kindlaks teha ning eemaldada. Sellise vektoriseerimise puhul ei ole põhimõtteliselt vahet, kas alustada kaartide vektoriseerimist vanemast uuema poole või vastupidi. Iga kaardi eraldiseisva üksusena vektoriseerimine sobib juhul, kui eesmärgiks on vaadelda konkreetse kaardi situatsiooni, ilma seda teiste kaardimaterjalidega võrdlemata.

2. *Vektoriseerida iga kaart tulenevalt eelmisest kaardist* (joonis 2). Sellisel juhul võetakse etaloniks mingi kaart, mille asukoha- ja atribuuditäpsus on teadaolev ning selle kaardi info loetakse nominaaltõeks. Vektoriseerimist alustatakse kõige uuemast aegrea kaardist, mis on etaloniks valitud, ning liigutakse järjest vanemate kaartide poole. Seejuures võetakse eelmisest ajakihist üle objektid, mille asukoht on jäänud muutumatuks ning joonistatakse juurde muutused, mis on kahe kaardipildi vahepeal toimunud. Sellise meetodi eeliseks on, et juba nähtuste vektoriseerimise ajal välistatakse võltsmuutused. Nähtuste asukoht loetakse muutunuks, kui selle asukoht rastril erineb vektorobjekti asukohast rohkem kui on reaalsusmudeli, kaarditäpsuse poolt ette seatud minimaalne vahemaa. Näiteks kaardimaterjalide puhul, mille täpsus vastab mõõtkavale 1:10 000, loetakse muutumatuks objektid, mille erinevus rasterpildi joonte ja vektorjoonte vahel on vähem kui 10 m.



Joonis 2. Vektoriseerimine järjestikuste kaardipaaride kaupa (Petit, Lambin 2002 järgi)

3. *Vektoriseerida iga kaart tulenevalt etalonkaardist* (joonis 3). Etalonkaardiks võetakse mingi teadaoleva asukoha- ja atribuuditäpsusega kaart. Tööskeem on seejuures sama, mis järjestikuste kaardipaaride kaupa vektoriseerimisel. Etalonkaardilt vektoriseeritud situatsioon kantakse üle järjest kõikidele aegrea kaartidele ning vektoriseeritakse juurde erinevused. Siiski võib lugeda etalonkaardist tuleneva vektoriseerimise võrreldes kaardipaaride kaupa vektoriseerimisega töömahukamaks. Seda põhjusel, et võib kujuneda olukord, kus muutusi tuleb korduvalt üle joonistada – ei saa rakendada järjestikuste kaardipaaride kaupa vektoriseerimisel tekkivat nn. „digimistreppi”.



Joonis 3 . Andmeintegratsioon etalonkaardi alusel.

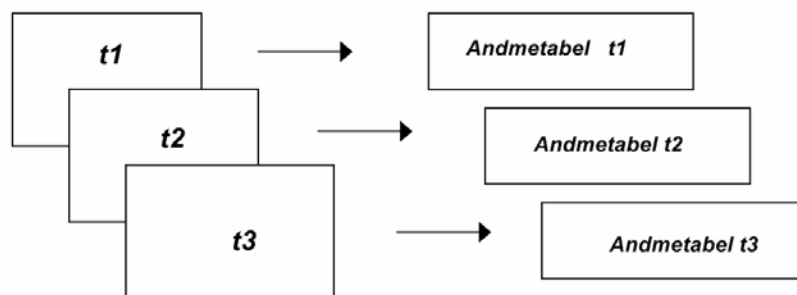
### 1.6.1.3. Vektorkaardi andmetabeliga sidumine

Sisestatud ja toimetatud geomeetiline andmestik tuleb talletada niisugusel kujul, et selle kasutamine edasise töötamise käigus oleks võimalikult mugav ja efektiivne. Lisaks kaardipildi genereerimisele on vaja siduda objektid andmestikuga ja/või luua ka vastav andmebaas. Seejärel on võimalik andmete statistiline analüüs (pindalad, standardhälbed, korrelatsioonid jne.), teha ruumpäringuid ning saada valimeid atribuutide järgi (Tee 2003). GIS andmebaaside ja päringute tulemuste väljundeid saab esitada mitmel erineval moel, näiteks kaartide, diagrammide, tabelitena.

Vektorandmete edasise töötlemise täpsuse ja lihtsuse huvides on vajalik jälgida atribuudidistsipliini, andmestruktuuri loogilisust ja korrektsust.

Vektorkaardi sidumine andmebaasiga leiab aset kas automaatselt mingisuguse etteantud algoritmi või parameetrite alusel ehk siis operaatori poolt interaktiivselt (“käsitsi”). Vastavad võimalused ja töövahendid on erinevates programmides erinevad.

Objektidele atribuutide omistamine toimub lähtuvalt valitud vektoriseerimismeetodist. Levinuim võimalus on tekitada iga vektoriseeritud kaardikihi kohta eraldi atribuutandmete tabel (joonis 4).



Joonis 4. Igale vektoriseeritud kaardikihile (t1,t2,t3) vastab atribuutandmete tabel.

Samuti on võimalik koguda kõikide vektoriseeritud kaardikihtide atribuutandmed ühte tabelisse (joonis 5).



Joonis 5. Vektoriseeritud kaardikihtide atribuutandmed koondatuna ühte andmetabelisse.

#### 1.6.1.4. Andmeanalüüs ja muutuste jälgimine

Erinevate kaardisituatsioonide võrdluse teostamiseks on mitmeid võimalusi. Esmajoones toimub situatsioonide võrdlemine visuaalselt, sel puhul toimub andmetöötlus ainult vaateleja meeltes. Samas ei võimalda selline meetod põhjalikumat kvantitatiivset analüüsi.

Kui appi võetakse lisaks ka tehnoloogilised vahendid, muutuvad võimalused mitmekesisemaks. GIS-vahendid annavad laialdased võimalused erinevate kaardisituatsioonide võrdlemiseks.

#### **Kaardianalüüs**

Kaardianalüüsi käigus töödeldakse GIS-i kasutades andmeid nii, et tulemuseks on uued kaardikihid või uus informatsioon.

Lähtuvalt kasutatud tehnoloogiast valitakse analüüsimeetod. GIS-andmete spetsiifikat arvestades on kõige parem kasutada ühte alljärgnevatest meetoditest:

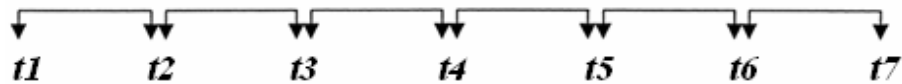
1. *Ruumpäringud*: kattuvuste leidmine erinevate kaardikihtide lõikumise kaudu. Kasutades analüüsi teostamisel vanemaid (korrekse matemaatilise aluseta) kaardimaterjale, tuleb arvestada moonutustega kaardipildis. Need moonutused tingivad erinevusi kahe kaardipildi omavahelisel kokku sobimisel. Kui kaardipildid on vektoriseeritud eraldiseisvate üksustena, ning vähemalt üks neist on geomeetriliselt ebakorrekne, on suur tõenäosus, et ilma täiendava töötluseta ei saa kattuvusanalüüsi andmeid usaldusväärseiks lugeda. Sellisel juhul on puhvrite genereerimine vahendiks, millega saab välistada mitteusaldusväärsed erinevused kahe kaardisituatsiooni vahel. Puhvrite genereerimisega antakse ette vahemik, lõtk, mille võrra võib ühe objekti asukoht teise objekti asukoha suhtes kõikuda. Puhvri laius määratakse arvestades esmajoones aluskaartide mõõtkava ja koordinaatsüsteemiga sidumise täpsust.

2. *Päringud atribuutidest lähtuvalt*. Kui kaardipiltide vektoriseerimine ja nähtustele atribuutide omistamine on toimunud järjestikuste kaardipaaride meetodit kasutades, saab kaardikihtide analüüsi teostada atribuutandmete kaudu. Sellise tehnoloogilise skeemi puhul on iga areaali kohta olemas atribuudiinfo kõikidel vaadeldavatel ajahetkedel (kaardikihtidel).

Päringute kaudu on võimalik hõlpsasti teada saada, „missugune oli maakasutus antud ruumipunktis ajahetkel  $t$ ”.

### **Maakatte muutuste jälgimine**

Tehniliselt ei ole vahet, kas jälgida maastikus toimuvaid muutusi vanemast situatsioonist tänapäevasema poole (mis muutus milleks) või tänapäevasest situatsioonist vanema poole (mis on millest kujunenud). Seejuures on võimalik vaadelda muutusi nii järjestikuste kaardipaaride kaupa (joonis 6) kui ka nn. hüpetena, pikema ajasammuga.



Joonis 6. Maakatte muutuste jälgimine järjestikuste kaardipaaride kaupa.

#### **1.6.2. Probleemid ajaloolise kaardimaterjali digitaalsel töötlemisel**

Katsed uurida maastiku ajalugu ruumiliste andmete abil on seotud mitmete probleemidega. Ajaline perspektiiv on piiratud ruumiliste allikate kättesaadavusega. Ruumiline ja ajaline detailsus on piiratud erinevatest allikatest (kaartidelt, aerofotodelt, välivaatlustelt, põllumajandusstatistikast) saadud andmete heterogeensusega. Nende faktorite varieeruvus takistab andmestike täielikku kokkusobimist ajas ja ruumis, piirab detailset ruumilist ja ajalist maastikumustrite jälgimist (Skånes 1996a; Käyhkö, Skånes 2006). Tekib vastuolu: minna ajas tagasi nii kaugemale kui võimalik vs. teostada muutuste jälgimist nii täpselt kui võimalik (Petit, Lambin 2001). Mida kaugemale minevikku me läheme, seda hägusemaks muutub teave.

#### **Erisused, vead ja täpsus**

Kasutades koos andmeid, mis pärinevad väga erinevatest ajajärkudest, tuleb arvestada mitmete raskustega. Põhilisena saab välja tuua, et kasutatavatel materjalidel võib olla ulatuslikke erinevusi detailsusastme ja kujutusviiside osas. Et teostada nende materjalide põhjal saadava teabe usaldusväärset analüüsi, tuleb kasutatavad materjalid ühtlustada, viia võrreldavale kujule.

Muutuste defineerimine sõltub suuresti vaatluste ja andmete ajalisest sammust. Kui muutus on avastatud, peab selle suurus erinevatel vaatlusmomentidel olema nähtav ja mõõdetav. See sõltub omakorda palju detailsuse astmest ja kasutatavatest andmetest ning samuti nende võrreldavusest (Antrop 2003).

GIS-vahendeid kasutatakse maastikuanalüüsis sageli, kuid eri ajast pärinevate erineva täpsuse ja sisuga andmete kogumisel ühte süsteemi ilmnevad probleemid. Seega peavad andmete klassifitseerimise ja esitamise jaoks olema ranged reeglid, kuid nende rakendamine viib andmete muutmisele (Vuorela, Toivonen 2003).

Erinevatest ajajärkudest pärinevate kaardiandmestike ühtsesse süsteemi integreerimise puhul saab välja tuua neli peamist raskuste põhjust:

- geomeetrilised erisused
- sisulised erisused
- tehnoloogilise protsessi vead
- ajakohasus.

### **1.6.2.1. Geomeetrilised erisused**

#### **Kaartide geomeetrilised erisused:**

- mõõtkavast tulenevad (detailsuse) erinevused
- kaardistamise vead
- alusmaterjali deformatsioonid.

*Mõõtkava (detailsuse) erinevused.* Erineva kartograafilise generaliseerimisastmega kaartide võrdlemisel tekivad näilised erisused. Näilised muutused kahe kaardipildi vahel avalduvad erisustena objektide asukohas, nende asetuse ja kuju „muutustena”.

*Kaardistamise vead.* Cousins (2001) toob vanade katastrikaartide puhul välja peamiselt kaks geomeetriliste (kaardistamise) vigade põhjust. Esiteks kaardistamise eesmärgist tulenevad erisused. Kui mõõdistaja vaatepunktist oli peamine eesmärk kaardistada põllumaa ja rohumaa levik, olek ja produktiivsus, siis on need kõlvikud detailselt ja geomeetriselt küllaltki korrektselt kaardistatud. Teised nähtused, nt jõed või jõekaldad, võivad olla üsna ebatäpselt kaardistatud, kuna need olid kaardi eesmärgi kohaselt vähem tähtsad. Teiseks

mõõdistamise tehnoloogiast tulenevad vead. Väljas kasutas mõõdistaja mensulit, mõõdistuslauda, millele ta kandis teda huvitavaid objekte. Edasi ta liigutas lauda ja tegi mõõdistused teise nurga alt. Sel moel saadud informatsiooni sektorid ühendati ja kaeti kogu mõõdistatav ala<sup>2</sup>. Seega võib vanu kaarte vaadelda kui mosaiiki, milles on geomeetriselt korrektsed tükid omavahel kokku sobitatud – saavutatud tulemus ei pruugi olla suuremate alade kujutamisel sama täpne kui üksikute tükide puhul.

Oluliseks erisuste allikaks on ka reljeefimoonutuste arvestamata jätmine. Kaardistajad mõõtsid distantse maastikul ning kaardistasid maastikusituatsiooni, jättes pikkuste ja pindalade puhul arvestamata reljeefimoonutused.

Lisaks detailsuse erisustele ja kaardistamise erisustele mõjutab kaardimaterjalide geomeetrisel täpsust *deformatsioon*. Osa muutusi on tingitud alusmaterjali erinevast kokkutõmbumisest teatud suunas, sellele lisanduvad lokaalsed kõmmeldumised – kaart ei osutu rangelt tasapinnaliseks nähtuseks. Sellised vead on üldjuhul siiski nii väikesed, et praktiliselt neid arvestama ei pea. Seisukorrast tingituna (pleekumine, kulumine ja rebendid) väheneb vanade kaartide loetavus ja suurenevad eksimisvõimalused.

### **1.6.2.2. Sisulised erisused**

Maastiku dünaamika uurimisel on sisuliste erisuste puhul kõige teravamad kaks omavahel tihedalt seotud probleemi:

- erinevatest ajajärkudest pärineva ning erineva detailsusega kaardiinfo, kaardikujutiste võrreldavus ning
- sobiva ühtse klassifitseerimisskeemi leidmine kõikide käsitletavate kaardimaterjalide tarbeks.

Maastikuelementide identifitseerimisel muutub oluliseks küsimus, *kuidas nähti kaardil kujutatut kaardi koostamise ajal ning kuidas tõlgendatakse vastavaid nähtusi nüüdisajal*. Vastavalt maakasutuse tehnoloogias aset leidnud muutustele on aja jooksul sisuliselt muutunud ka kõlvikute definitsioonid. Tekib küsimus, kui võrd on võrreldavad erinevatel

---

<sup>2</sup> Ajalooliste katastrikaartide koostamise tehnoloogilist poolt käesolevas töös detailsemalt ei vaadelda. Seda temaatikat on põhjalikult käsitleanud Kalev Koppel oma magistritöös „Maakasutuse uurimise meetodika Kasaritsa uurimisala (Rõuge kihelkond) 17.-19. sajandi külamaastike kujunemise näitel” (Koppel 2005).

ajajärkudel ühenimelistena esitatud nähtused. Läbi aja on muutunud mõõdistajate ettekujutus ümbritsevast ehk reaalsusmudel. Niisamuti on muutunud ka esitusmudel: nähtuste kujutusviisid on kaardilt-kaardile muutunud. Näiteks mis on soo: kas tänapäeva mõistes „märg luhahainamaa” loeti kaardistamise hetkel sooks või rohumaaks.

Kaarditähiste kasutamisel ja tõlgendamisel aset leidvaid eksimusi võib käsitleda kahest aspektist lähtuvalt. Esiteks võivad vead objektide tähistamisel tuleneda kaardi koostanud maamõõtja eksimusest ning teiseks tekkida vanade kaardimaterjalide info identifitseerimisel tänapäeval.

Maamõõtja eksimus on ebatõenäoline, kuna näiteks kruntimisplaan oli maa maksustamise aluseks ning seega oli maamõõtja täpsus mõõdistamisel ja kaardistamisel väga oluline. Kindlasti jälgisid nii kaardi koostaja kui maaomanik (oma arusaamise piires), et kõlvikud oleksid kaardil õige suuruse, tähistuse ja koosseisuga. Samas ei ole kaartide koostaja näpuvead sugugi välistatud. Näiteks lähtudes maaomanikult saadud informatsioonist kõlvikute kohta võis kaardiinfo keelebarjääri, arusaamade erinevuse, vms. tegurite tõttu puudulikuks jääda. Selliseid kaardi koostamise käigus tehtud vigu on keeruline kindlaks teha, nende esinemine on paratamatu ja raskesti leitav. Abiks oleks mõne teise samast ajajärgust sama ala kohta käiva kaardi kasutamine täiendava infoallikana. Kahjuks ei ole ajaloolise kaardimaterjali puhul enamasti võimalik sellist varianti kasutada, kuna raske on leida võrreldavaid kaardimaterjale samast ajajärgust sama ala kohta.

Olulisem küsimus on seega, kui korrektselt on võimalik ajalooliste kaardimaterjalide infot identifitseerida tänapäeval. Esimese asjana muutub siin tähtsaks aluskaardi *rasteriseerimise kvaliteet*. Mida parem on kaartide pildistamise/skaneerimise kvaliteet, seda kindlam on, et rastrilt identifitseeritakse õige info. Teine raskus seisneb kaardilt *identifitseeritud nähtustele õige sisu* andmises. Kuidas saada võimalikult täpselt aru, milline oli toleaege maamõõtja ja kaardijoonestaja reaalsusmudel? Teadmata kaardi valmistamise eesmärgi ning omamata kasvõi pealiskaudsetki ülevaadet kaardi valmistamise aegsest maakasutussüsteemist, võib vanade kaartide kõlvikutähiste identifitseerimisel kergesti eksida.

Nagu märgib Skånes (1996b), on kaardiinfo interpreteerimisest tulenev kvalitatiivset laadi viga tõenäoliselt suurem kui tehnilisest protsessist tulenevate vigade summa.

Teine probleem on sobiva ühtse *klassifitseerimiskeemi* leidmine kõikide käsitletavate kaardimaterjalide tarbeks. Heterogeensete andmete kombineerimine maakatte muutuste uurimiseks nõuab eelneva generaliseerimise kaudu erinevate temaatiliste kihtide koosseisu ja

ruumiliste detailide hindamist, et muuta kaartide vastuoludest tulenevate vigade hulk võimalikult väikeseks (Petit, Lambin 2002). Et suurendada erinevatest allikatest pärinevate maakattekaartide võrreldavust muutuste leidmiseks, tuleks võrdsustada nende temaatilise sisuga kihid ja ruumilised detailid. Kuna nähtuste arv erinevatel kaartidel on erinev, tuleb nähtused ühtse skeemi järgi klassidesse jagada ning seeläbi võrreldavaks muuta. Kaardiobjektide alamklasside tasemel ei ole erinevatest ajajärkudest pärinevate ja erineva detailsusastmega kaardiandmestike võrdlust võimalik teostada. Näiteks kõlvikute puhul tuleb kõlvikutüüpide alusel luua kõlvikuklassid, mis suudavad võimalikult hästi katta kogu uuritava aegrea kõlvikutüübid.

Koppel (2005) toob erinevast ajast pärinevate kaardisituatsioonide klasside tasemel võrdlemise puhul välja kolm tüüpvastuolu:

- klassi nimetus on sama, kuid tähendus on erinev;
- klassi tähendus on sama, kuid nimetus on erinev
- klasside määramisel tehakse loogilisi vigasid – nt. järve asemel karjamaa.

Täielikku sobivust klasside vahel on võimatu saavutada. Võimalik on optimaalne ühendatavus, kuid see toimub alamklasside arvelt (Skånes, Bunce 1997). Raskus seisneb selles, kuidas leida klassifitseerimisskeemi, mille alusel saaks võimalikult väikese infokaoga ühendada kõik kaardinähtused sobivatesse klassidesse.

### **1.6.2.3. Töötlamise käigus tekkida võivad vead**

Töötamisel kaardimaterjalidega võivad tehnoloogilise protsessi iseloomust tulenevalt ilmnedä mitmesugused vead. Nende põhjuseks võivad olla inimese tähelepanematus ja eksimused, konkreetse tarkvara kasutamise spetsiifika, riistvarast tulenevad piirangud ning valitud meetoodika puudused.

Tehnoloogilise protsessi käigus tekkida võivad vead saab liigitada:

- Rasterpildi geomeetriselised vead
- Vektoriseerimisvead
- Topoloogiavead
- Süstemaatilised vead

- Kaardiinfo identifitseerimise ja tõlgendamise vead.

*Geomeetrilised vead* võivad ilmned: rasterpildi saamisel, kaardimaterjali koordinaatsüsteemi viimisel, vektoriseerimisel ning topoloogia korrastamisel edasistel konverteerimistel (Tee 2003).

Kaartide koordinaatsüsteemiga sidumise vead ilmnevad mitmel põhjusel. Nendeks on:

- sidumispunktide ebaühtlane jaotus kaardil – see võib põhjustada koolutamisel deformatsioone;
- sidumispunktide hulk – liiga väike sidumispunktide arv võib koolutamise täpsust vähendada;
- teisendusalgoritmi sobimatus;
- konstantide ebatäpsusest tulenev määramatus.

*Vektoriseerimisvead* tulenevad peamiselt kaartide halvast loetavusest. Tuhmunud ja vähese kontrastsusega kaartidelt on situatsiooni keeruline identifitseerida. Sellistel puhkudel tuleb kahtluste korral objektide identifitseerimiseks täiendava abina kasutada lisamaterjale – nt. uuritavale kaardile ajaliselt lähedasemaid korrektseid kaarte ja pilte.

Vektoriseeritud joontest pindade loomisel ja *topoloogia korrastamisel* võivad tekkida ka vead. Joonte katkestamisel ja punktide arvu vähendamisel joonelõikudel leiavad paratamatult aset objektide teatud muutused, kuid need on väga väikesed ega mõjuta oluliselt andmestiku kvaliteeti ning jäävad seetõttu vaatluse alt välja.

Andmete *konverteerimise* käigus võivad konverteerimisalgoritmi ebatäpsusest tuleneda süstemaatilised vead. Vigade allikaks on arvutusvalemite algoritmimisel tehtavad lihtsustused ja arvutustehnika poolt seatavad piirangud (kasutatavate arvude lõplikkus) (Tee 2003). Need süstemaatilised vead võivad teatud tingimustel summeeruda, seepärast tuleb vältida andmete liigset edasi-tagasi konverteerimist.

*Kaardiinfo identifitseerimise ja tõlgendamise vead.* Vanadel kaardimaterjalidel kujutatud info identifitseerimisel ja tõlgendamisel võib tekkida mitmeid vigu:

- objektide vale dešifreerimine kaardi halva loetavuse tõttu;
- teadmiste puudumisel kaarditähiste valesti tõlgendamine;

- objektidele atribuutide omistamise käigus vale tähise andmine sisestusvea või tähelepanematuse tõttu.

Need vead on vähem või rohkem välditavad. Kaartide halba loetavust saab eeltötluse käigus mõnevõrra parandada (näiteks rasteroriginaali puhastamine, vahepildistused eri valgusrežiimides, digikoopiate montaaž jne.).

Teadmatusest ja hooletusest tulenevad tõlgitsusvead on motivatsiooni, harituse ja kontrolli küsimus. Selliste vigade avastamiseks on üheks abinõuks nn. „teise käe” kasutamine. Sel juhul tuleks kaardiinfo vähemalt 10-20 % ulatuses erinevate isikute poolt vektoriseerida ja atribuutidega seostada ning saadud tulemusi võrrelda.

#### **1.6.2.4. Ajakohasus**

Ajakohasuse probleem tekib siis, kui kaardil kujutatud nähtuste dateering ei vasta kaardi dateeringule – mõõdistustööde ja kaardi joonestamise vahel on ajaline nihe, mis võib ulatuda isegi kümnetesse aastatesse. Seda vastavust/mittevastavust on raske, kui mitte võimatu, kindlaks teha. Eelkõige tuleb ajakohasuse probleeme ette vanemate kui XX sajandist pärinevate kaartide puhul. Nagu märgib Koppel (2005), tähistab mõisakaartidele märgitud aastaarv kaardi joonestamise, mitte mõõdistustööde läbiviimise aega. Mõõdistustööd ise võisid kesta aastaid.

Samuti väljendub ajakohasuse probleem ajalooliste katastrikaartide puhul, kus üksikuid talumaid kujutavad kaardipildid olid sageli väljavõte suuremast ja varasemal ajal valmistatud kogu mõisa käsitlevast kaardist. On väga suur võimalus, et katastrikaardil kujutatud nähtused ei vasta reaalsetl kaardi valmistamise dateeringule. Seega ei saa ajaloolisi maakasutuskaarte pidada maastiku hetkvõtteiks – kaardimaterjalidel kujutatud situatsiooni ja nähtusi tuleb käsitleda ka *ajalise puhvriga*. Puhvri ajalisi laiust on sageli keeruline kindlaks määrata kuna metaandmed vanemate kaardimaterjalide kohta on sageli mittetäielikud. Ajaline puhver kaardi dateeringust lähtudes ulatuda mitmete aastate võrra minevikku ning mõnedel juhtudel ka tulevikku. Tulevikku ulatub ajaline puhver juhul, kui peale kaardi valmimist märkivat dateeringut on kaardipilti täiendatud ja lisatud märkusi (see on suhteliselt sage mitte ainult vanade kaartide puhul, vaid ka näiteks majandite maakasutusplaanidel).

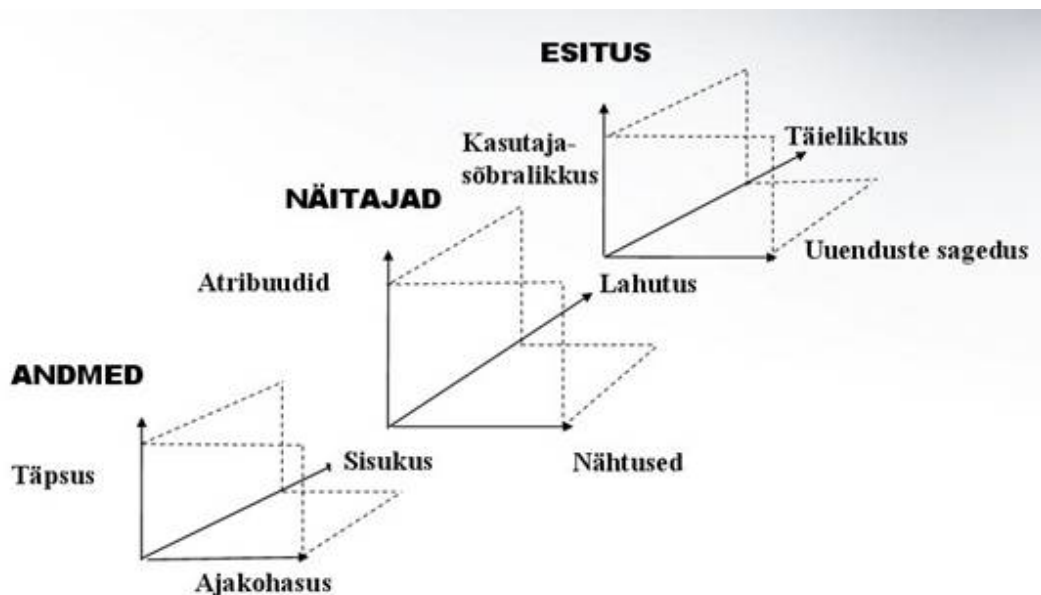
Ajakohasuse probleem ei puuduta siiski üksnes ajaloolist kaardimaterjali. Vähem või rohkem tuleb seda ette kõigi kaartide puhul. Majandite maakasutusplaanide dateering erineb päris

mitme aasta võrra kaardipildi aluseks olevate mõõdistuste toimumise ajast. Näiteks „Vambola” kolhoosi maakasutusplaani kirjanurk ütleb, et plaani valmistamise aluseks on 1963. a. dešifreeritud fotoplaanid, plaan on joonestatud 1965.a., andmeid on korrigeeritud 1969. a. ning plaan on monteeritud 1970.a. On üsna raske otsustada, millist aastaarvu lugeda antud plaanimaterjali dateeringuks.

Ajakohasuse probleemi ei saa kuidagi parandada. Tuleb sellega lihtsalt arvestada ning sisuliste analüüside juures meeles pidada, et kaartide dateeringuid ei saa alati võtta üksüheselt ka nendel kujutatud kaardiinfo dateeringutena.

### 1.6.3. Kvaliteedi hindamine

Kvaliteeti mõistetakse üsna tihti intuiitiivselt. Kvaliteet ei ole absoluutne, laiemas mõttes ei tähenda see midagi muud kui vastavust ootustele ja vajadustele. Andmekvaliteet on mitmemõõteline suurus. Lähtuvalt andmetest, näitajatest ja esitusest on joonisel 7 toodud andmekvaliteedi mõõdikute skeem.



Joonis 7. Ruumiandmete kvaliteedi mõõdikud (Loodla 2005).

*Andmetega* tutvumisel kontrollitakse täpsust, ajakohasust ja sisukust. Kehtestatud kontseptsioonile vastavalt väljendatakse need konkreetsetes parameetrites. Järgnevalt selgitatakse välja *näitajate* kvaliteet. Tehakse kindlaks kuidas, kui palju ja millises ulatuses

on nähtusi kirjeldatud. Vaadatakse üle selleks kasutatud atribuudid, nende hulk ja esitusviis. Tuvastatakse näitajate lahusus ja eraldus, omandatakse ülevaade suuruste skaalaulatusest ja sammust, graafilisest detailsusest (Tee 2006). *Esituse* headuse määrana hinnatakse kasutajasõbralikkust, täielikkust ja esitatud andmete uuendamise sagedust. Kasutaja vaatenurgast on esmatähtsad andmeesituse loetavus ja mõistetavus.

Andmete kvaliteeti hinnatakse tavaliselt järgmiste parameetrite alusel (Jagomägi 1999):

- mõõtetäpsus,
- atribuuditäpsus,
- loogiline õigsus,
- täielikkus,
- ajakohasus,
- asjakohasus,
- töötluslugu,
- kvaliteediinfo usaldusväärsus.

Kaardi puhul on *täpsushinnangu* teostamiseks peamiselt kaks võimalust.

1. Arvutada veahinnang iga üksiku koordinaadi kohta eraldi iga tööetapi käigus (Tee 2003). See on keeruline ja tülikas.

2. Kaardi võrdlemine mingi etalonsuurusega ning saadud tulemuste statistiline analüüs.

Esiteks võib etalonsuuruseks olla kõrgtäpne mõõtmine ehk siis näiteks välitöödel kogutud andmed. Sel juhul peavad olema andmed kogutud võimalikult hea geomeetrilise kvaliteediga ning hästidefineeritud ja korrektsete atribuutidega (LUMA-GIS 2004). Selliste andmete saamiseks võib kasutada GPS-i, kuid siis valmistab probleeme töömahukus – välitöid on aeganõudev teostada, eriti veel kui uurimisala on suur.

Teiseks võib etaloniks olla mingi piisava täpsusega kaart. Kahe kaardi võrdlemisel võivad võrdluse aluseks olla mitmed objektid. Eelduseks on nende suhteliselt hea püsivus ajas. Sellisteks objektideks võivad eelkõige olla katastripiiride nurgad, teedevõrk ning hooned. Seda meetodit kasutatakse sageli, kui on vaja hinnata muutusi ajas ja ruumis (LUMA-GIS 2004).

Kvaliteedikontrollil on esimeseks sammuks teada, kuidas ja kus kartograafilise protsessi jooksul vead ilmnevad (Langran 1993).

Rasteraluselt vektoriseeritud andmete täpsust mõjutavad eelkõige:

1. rasteraluse täpsus ja
2. andmete vektoriseerimise täpsus.

*Rasteraluse täpsust* mõjutavad mitmed näitajad, millest peamised on rasterkujutise aluseks oleva paberkaardi täpsus, paberkaardi skaneerimise täpsus ning rasteraluse koordinaatidega sidumise ja koolutamise täpsus.

Paberkaardi täpsust mõjutavad kaardi mõõdistamise täpsus, kaardi joonestamise/trükkimise täpsus ning aja jooksul toimuda võiv paberi deformatsioon.

Paberkaardi skaneerimise juures on oluline resolutsioonis tulenev piksli suurus – liiga väikese lahutusega skaneeritud rasterpildil võib esineda olulist infokadu.

Rasteraluse koordinaatidega sidumise ja koolutamise kvaliteet on edasise töötuse seisukohast väga oluline, kuna see määrab kõige otsesemalt hilisemate vektoriseeritud objektide asukohatäpsuse.

*Vektoriseerimise täpsus* sõltub eelkõige rasteraluse kvaliteedist – mida selgem ja paremini jälgitav on rasteralus, seda kindlamalt saab sealne info korrektselt üle joonistatud. Kaardiinfot vektoriseeritakse rasterkujutiste järgi. Seejuures ei tohi joonistatav vektorjoon hälbida rasterjoonelt. Rasterjoone mõõtkavaline laius määrab n. koridori, mille piiresse peab vektorjoon mahtuma.

Hinnates üksipulgi iga konkreetse vea või erisuse osakaalu, võib olla kvaliteedi üldhinnangut üsna raske anda. See võib osutuda väga aega- ja vaevanõudvaks. Teine võimalus on kasutada eksperthinnangut, ning teades materjali eripärasid ja tööprotsessi käiku, hinnata tekkinud vigade osakaalu.

## 2. Testala ning kasutatud kaardimaterjal

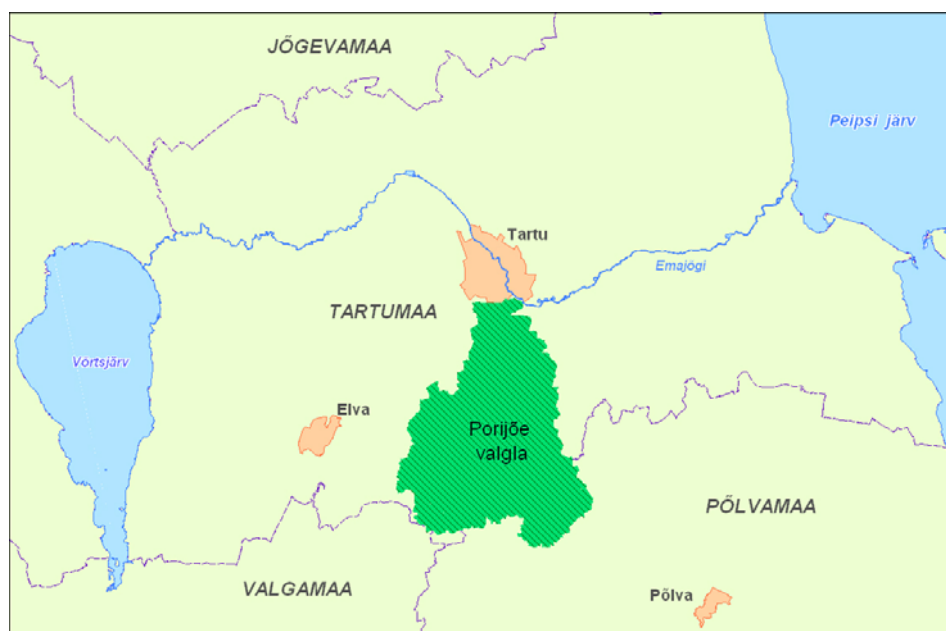
### 2.1. Testala

#### 2.1.1. Porijõe valgla

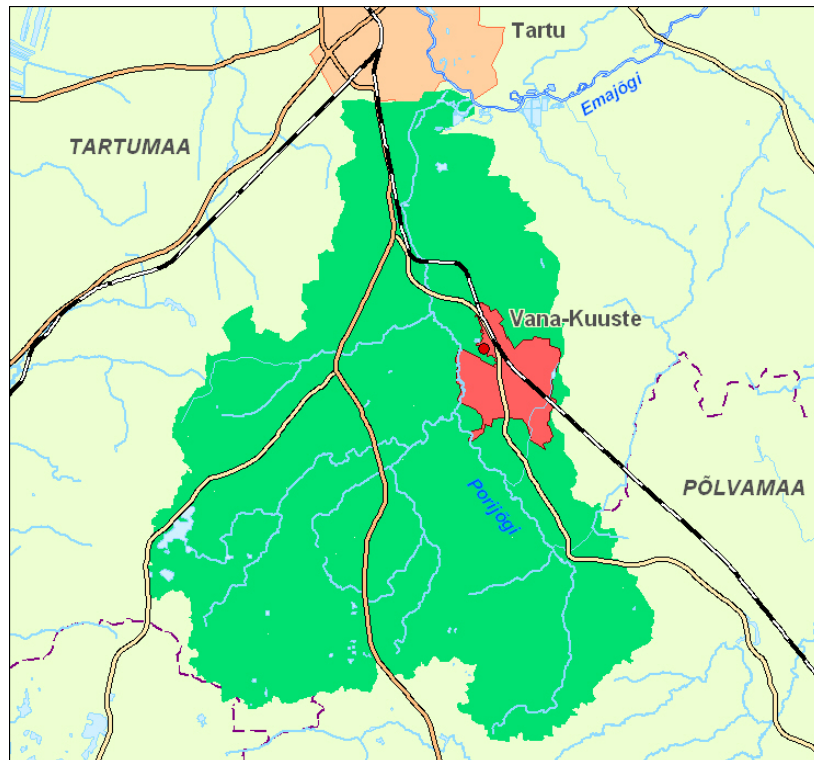
Porijõe valgla (joonis 8) asub Lõuna-Eestis, paiknedes Kesk-Eesti madaliku ja Otepää kõrgustiku vahel. Valgla põhja- ja keskosa asetsevad lainjal põhiliselt moreenist koosneval Kagu-Eesti lavamaal. Valgla lõunaosa asetseb Otepää kõrgustikul. Umbes 50% lavamaast on põllumajandusmaa, madalamatel aladel on ülekaalus märgalad. Ligi pool valglast on kaetud metsaga, valdavad on okas- ja segametsad (Mander *et al.* 2000).

Porijõe valgla on Tartu Ülikooli geograafide uurimisobjektiks olnud mitme aastakümne vältel. Oma asukoha, suuruse ja kompaktsuse tõttu on see valgla sobilik mitmesuguste uuringute teostamiseks. Porijõe vaatlusalal on peamiselt käsitletud nelja valdkonda:

- maakatteuuringud,
- aineringed maastikus,
- maaparanduse mõju,
- intensiivse maakasutuse mõju.



Joonis 8. Porijõe valgla paiknemine.



Joonis 9. Testala paiknemine Porijõe valglas, Vana-Kuustes.

### 2.1.2. Vana-Kuuste

Eelnevate uurimistööde käigus kujunes autoril valglal kitsamaks uurimispiirkonnaks Kambja ja Vana-Kuuste piirkond. Sellise piirkonna valiku tingis kasutatav ajalooline kaardimaterjal – Kambja ja Vana-Kuuste mõisate kohta leidis kõige enam XIX sajandi lõpust pärinevaid mõisa- ja talukaarte. Käesoleva uurimistöö käigus kitsenes uurimisala veelgi (joonis 9), piirdudes ainult Vana-Kuuste mõisa alaga. Selle põhjuseks on ala tihedam kaetus mitmesuguste erinevatest ajajärkudest pärinevate kaartidega, võrreldes teiste Porijõe valglal asuvate mõisatega. Testala ei hõlma kõiki endisaegse Vana-Kuuste mõisa valdusi, kuna kogu mõisa territoorium ei olnud ajavahemikus 1800-1995 a. kaartidega kaetud. Käesoleva töö jaoks sai kaardimaterjalidega kaetud ~12,2 km<sup>2</sup> suurune ala endise Vana-Kuuste mõisa territooriumist. Eelkõige kitsendab uurimisala suurust XX sajandi eelsete kaartide olemasolu või puudumine.

Vana-Kuuste mõis asus ajaloolise administratiivjaotuse järgi Tartumaal Kambja kihelkonna keskosas.

Lisaks peamõisale kuulusid mõisa koosseisu Ignatsi, Küti, Kõrkküla, Tõõraste, Rebaste ja Lange karjamõisad (Rumma *et al* 1925). Koos karjamõisatega hõlmas Vana-Kuuste mõis umbes 7000 ha (Kirt 1971).

Vana-Kuuste mõisa on esmakordselt mainitud 1521. aastal *Kusstamoysa* nime all (Nemvalts 2005, Praust 2005). Ungern-Sternbergide ajal (1789 a) eraldati ja panditi osa Kuuste mõisast Vastse-Kuuste nime all (Rumma *et al* 1925).

Talude ostmine algas mõisas 1849. a, mil osteti Vana-Kuuste mõisalt Villemi talu. Suurem ostmiste laine jääb 1870-ndatesse aastatesse (nt 1872. a 9 talu), aga ka 20. saj algusaastatesse (1907. a 15 talu) (Rumma *et al* 1925).

Aastail 1834-1839 töötas Vana-Kuuste mõisas Tartu ülikooli professori J. F. Schmalzi poolt asutatud Põllumajanduse Instituut – esimene kõrgem põllumajanduslik õppeasutus Venemaal. Seetõttu oli nimetatud õppeasutusel omal ajal põllumajandusliku erihariduse levitamisel küllaltki tähtis osa (Eilart *et al* 1965). Instituudil olid hästi korrastatud aiad, kultuurrohumaad, katsepõllud. Rumma (Rumma *et al* 1925) märgib, et endise Kambja kihelkonna põllumajanduslikult kõige paremad maad asusid Vana-Kuuste piirkonnas.

XIX saj. algul rajati mõisahoonel juurde park, mis alates 1963. aastast kuulub looduskaitse alla (Kirt 1971, Nemvalts 2005).

1951.a toodi Sipe algkool üle Vana-Kuuste mõisahoonesse ja nimetati Kuuste 7-klassiliseks kooliks. Enne seda asusid hoones Kuuste külanõukogu, sidejaoskond ja raamatukogu (Nemvalts 2005). Tänapäeval asub mõisahoonel Kuuste põhikool.

20.sajandi alguspoolel hakkas Vana-Kuuste maastikupilti ilmestama raudtee. Esialgne Tartu-Petseri raudteetrassi siht rajati 1920.aastal, lõplik siht märgiti maha 1928.aastal. 1931. a. anti Vana-Kuustet läbiv Tartu-Petseri raudteeliin eksploatatsioonile (Loog 1997).

Nõukogude-perioodil paiknesid endise mõisa maa-alal ühismajandid. Suurim oli „Vambola”, suuruselt järgnesid „Villemi”, „Kuuste”, „Rahu” (Põlva raj.) ja „Tee Kommunismile” (liideti „Ülenurme” sovhoosi juurde) kolhoosid.

## **2.2. Kasutatud kaardimaterjal**

Tehnoloogiliste võtete proovimiseks ning testalal toimunud maakattemuutuste jälgimiseks kasutati kuuest erinevast ajajärgust pärinevat kaardimaterjali. Materjalide valikul olid peamisteks kriteeriumiteks mõõtkava (keskmiselt M 1:10 000) ning ajaline ja ruumiline representatiivsus (kaardimaterjal võiks käsitletaval ajahetkel katta testala võimalikult ulatuslikult ning viia aegrea võimalikult kaugemale minevikku). Samuti oli eesmärk vaadelda maakatte uuringutes seni vähest tähelepanu pälvinud kaardimaterjalide kasutatavust. Näited kasutatud kaardimaterjalist on toodud käesoleva töö lisa 1. Lias 2 on kirjeldatud kaardimaterjali metaandmeid.

### **2.2.1. Eesti Põhikaart**

Põhikaardi nimetus tuleneb Soome eeskujust. Põhikaart on nn. üldtopograafiline kaart ja maastiku kohta käiva üldinfo allikas (Niemelä 2000).

Eesti Põhikaart on riigi tellimusel ja riigi poolt volitatud organisatsiooni (Riigi Maa-amet) poolt heaks kiidetud normide järgi valmistatav kogu Eesti maismaad hõlmav kaart (Remm 1997). Võib öelda, et tegemist on üleriikliku kartograafilise standardiga. Eesti Põhikaardi mõõtkava digitaalkujul on 1:10 000 ja trükiväljaandes 1:20 000.

Põhikaardistuse projekt töötati välja ja kinnitati 1991. a. Kaardistamise lähteandmeteks on aerofotod, välitööde materjalid, olemasolevad kartograafilised ning statistilised andmed. Projekti algusaastatel 1991 - 1995 toodeti kaardid käsitsi ehk arvutit kasutamata. 1996. aastal alustati Põhikaardi digitaalset tootmist. Alates 1997. aastast on kogu Põhikaardi tootmise protsess digitaalne (Maa-amet 2003a).

Antud töös kasutatakse digitaalset Põhikaarti (EPK lehed... 2002).

### **2.2.2. Majandite maakasutusplaanid**

Käesolevas töös kasutatud majandite maakasutusplaanide lehed pärinevad aastast 1963. Need M 1:10 000 kaardilehed koostati dešifreeritud ortofotoplaanide põhjal (Mardiste 2004). Need maakasutusplaanid on praktiliselt ainus nii suuremõõtkavaline kaardimaterjal 1960-70-ndate aastatest, mis on sobilik maastikusituatsiooni jälgimiseks. Maakasutusplaanid sisaldavad põllumajanduskõlvikute, metsa- ja soomaade kontuure ning pindalasid 0,1 ha täpsusega

(Maa-amet 2006a). Kahjuks ei kujutata maakasutusplaanidel tollasesse riigimetsafondi kuulunud metsi – nende metsade kohad on plaanidel tühjad. See nõuab lisamaterjali kaasamist tolleaegsete vastavas mõõtkavas metsakaartide näol. Samuti puudub info võõрмаakasutuses olnud alade kohta – antud töös kasutatud kaartidel nt. Kuuste kooli maad ning raudteel kasutuses olnud maad. Mõnevõrra raskendab kasutamist ka see, et puudub igasugune nimeinfo – näidatud ei ole ei asulate, veekogude ega muid situatsiooni äratundmiseks vajalikke nimesid. Käesolevas töös kasutatud majandite maakasutusplaanide lehed pärinevad AS Regio kaardikogust.

### *2.2.3. NSVL Relvajõudude Kindralstaabi topograafilised kaardid*

Antud uurimuses kasutatakse 1947 aastast pärinevaid M 1:25 000 nn. nõukogude topokaardi lehti, mis koostati 1940-ndate aastate teise poole kaardistustööde käigus sõjaväetopograafide poolt. Selle kaardimaterjali väärtus seisneb selles, et seal näidatakse ulatuslike maaparandustööde eelset situatsiooni (Mardiste 2004). Samuti on oluline, et nimetatud topograafiline kaart katab kogu Eesti ala. Dünaamika uurimiseks on see oma korrektsuse tõttu parim suuremõõtkavaline kättesaadav kaardimaterjal selle ajaperioodi (1940-50-ndad aastad) kohta. Lisaks tavapärasele maakatte, vete- ja teedeinfole on nõukogude topodel näidatud ka reljeefi puudutav info. Käesolevas töös kasutatud topokaardid pärinevad AS Regio kaardikogust.

### *2.2.4. Mõisa maakasutuskaardid*

Mõisa maakasutuskaardid, mida käesolevas töös on kasutatud, esindavad ajajärke 1914. a ja 1873. a. ning pärinevad Eesti Ajalooarhiivist.

**1914. a.** Tegemist on M 1:4200 materjaliga. Näidatud on Vana-Kuuste mõisa kõlvikuline situatsioon, teede-ja vetevõrk, asustus (talud), piirid. Kaartidel kujutatut seletab lahti suhteliselt üksikasjalik legend. Olemas on juba ka mõned kaardi matemaatilised elemendid – mõõtkava (nii joon- kui arv mõõtkava), põhjasuund, tasandiliste ristkoordinaatide võrk.

**1873. a.** Kasutatud on ühte kaarti mõõtkavas 1:5200. Näidatud on Vana-Kuuste mõisa kõlvikuline situatsioon, teede-ja vetevõrk, asustus (talud), piirid. Kaardinähtused on seletatud legendis.

Nende plaanide valmistamise aeg langeb kokku suurema krundiplaanide valmistamise kampaaniaga (1860.-70. aastad).

### *2.2.5. Katastriplaanid*

**1800. a.** Seda ajajärku esindavad 6 plaani, mille valmistamisaeg on 1799. a. (2 plaani) ja 1801. a. (4 plaani). Mõõtkava on ühe plaani puhul 1:10 400 ning viie plaani puhul 1:5 200. Plaanid pärinevad Eesti Ajalooarhiivist.

Nimetatud plaanid võivad olla koostatud kas aastatel 1765-1861 Vene Impeeriumis 36 kubermangus ette võetud eramaade kaardistamise (Varep 1960) käigus või XIX saj alguse kaardistuskampaania käigus. Nimetatud plaanide valmistamise laiemaks eesmärgiks oli ilmselt mõisa- ja talumajanduse otstarbekam korraldamine ning mõisa piiride täpsem dokumenteerimine.

Antud töös kasutatud plaanidel olid kaardinähtuste info esitatud kaardikirjelduse (*Beschreibung*) kujul. Kaardikirjelduses anti suhteliselt detailne ülevaade kõlvikutüüpidest, samas olid kirjeldusest välja jäetud teede- ning vetevõrgustiku objektid. Plaanidel on näidatud kõlvikuline koosseis, teede- ja vetevõrk, asustusvõrk, piirid. Kujutusviiside osas on näha selge nn. rootsiaegsete katastrikaartide mõju.

Plaanide kasutamist raskendab see, et isegi sama maamõõtja/joonestaja poolt koostatud erinevatel plaanidel ei ole kasutatud ühtset kõlvikutähiste süsteemi.

### *2.2.6. Abimaterjalid*

**Katastriüksuste piiride M 1:10 000 kaart** (Katastriüksuste ... 2002). Digitaalsele katastriüksuste piiride kaardile on kantud katastriüksuste piirid, piiripunktid ning katastriüksuste tunnused. Andmeid katastriüksuste piiride kohta on saadud kolmel viisil: välimõõdistustelt, vanade plaanide alusel ning harvadel juhtudel ka piirikirjelduse järgi (Tiits 1999).

Käesolevas töös kasutati katastripiiride kaarti abikaardina, et siduda ilma korrektse matemaatilise aluseta mõisakaardid ja katastriplaanid Eesti põhikaardi koordinaatsüsteemiga.

**M 1:10 000 mullakaart** (Mullakaart ... 2002). Digitaalne mullakaart koostati 1997-2001 a. 1:10 000 mõõtkavas, Eesti Põhikaardi koordinaatsüsteemis (Lambert-EST). Kaardi koostamisel olid aluseks omaaegsete suurmajandite ja metskondade mullastiku kaardid. Varem 1: 5000 mõõtkavas koostatud kaardid vähendati ja generaliseeriti 1:10 000 mõõtkavale vastavalt (Maa-amet 2006).

Antud töös kasutati mullakaarti andmeanalüüsi osana.

**M 1:42 000 topograafiline kaart** (1891-1912 a.) (1-verstane ... 2001). Niinimetatud vene 1-verstase kaardi lehed katavad kogu Eesti ala. Verstasel kaardil kajastuvad asustus (linnad, põliskülad, mõisad jm), maakasutus (põllud, rohumaad, metsad, märgalad jm), teede- ja vetevõrgustik.

Rasterkujul 1-verstast kaarti kasutati käesolevas töös täiendava abimaterjalina 1914. a. mõisakaardi situatsiooni selgitamisel.

## 3. Kaardimaterjalide töötlemine ja andmeanalüüs

### 3.1. Digitaliseerimine

#### Rasteraluste tekitamine

Majandite maakasutusplaanide ja nõukogude topokaartide tardkujult rasterkujule viimine toimus *skaneerimise* teel. Selleks kasutati A3 skännerit *UMAX Powerlook 2100XL* ning tarkvara *Magicscan*. Majandite maakasutusplaanide lehtede suurte mõõtmete (59x79 cm) tõttu ei olnud neid võimalik ühes tükis skaneerida. Seetõttu skaneeriti lehed osade kaupa ja monteeriti hiljem koordinaatidega sidumise käigus kokku. Nõukogude topokaardi lehtede suhteliselt väikesed mõõtmed (35 cm x 46,5 cm) võimaldasid nende skaneerimist terve kaardilehe kaupa.

Kuna digitaalkaameraga fotografeerida ei olnud võimalik ja ka kaartide otse skaneerimine ei sobinud nende mõõtmete ja seisundi tõttu, valiti mõisakaartide ja katastriplaanide rasterkujule viimise meetodiks analoogkaameraga *fotografeerimine* ja saadud *slaidide skaneerimine*. Ajalooarhiivi fotolaboris tehti vanadest kaartidest 6x9 cm formaadis värvislaidid, selleks kasutati kaamerat *Mamiya RB 67* ning filmi *Kodak E 100 VS Ektachrome*. Edasi toimus saadud slaidide skaneerimine A3 skänneriga *UMAX Powerlook 2100XL*, kasutades tarkvara *Magicscan*.

Saadud rasterfailide kontrastsust ja värvilahutust suurendati originaalkaartide väikese kontrastsuse tõttu programmi *Adobe Photoshop* kasutades.

Võimalikke kaameräläätsete ja skänneri poolt põhjustatud moonutusi, arvestades nende väiksust koolutamisel tekkivate moonutuste suhtes, edasises töös ignoreeriti. Samal põhjusel jäeti tähelepanuta originaalkaartide võimalikud deformatsioonid.

Käesolevas töös kasutati rasterpiltide koordinaatidega sidumiseks ja koolutamiseks tarkvara *MicroStation* rastertötluse moodulit *IRASC*. Koordinaatsüsteemiks oli seejuures L-Est '97.

#### *Mõisakaartide koolutamine ja sidumine*

Mõisakaartide koordinaatidega sidumisel jäid abikaardina kõikidest võimalikest valikutest sõelale II maailmasõja eelne Eesti Vabariigi M 1:50 000 topograafiline kaart, Vene 1-verstane M 1:42 000 topograafiline kaart, 1930-ndate aastate vallapiiridega M 1:10 000

katastrikaart, nüüdisaegne M 1:10 000 Eesti Põhikaart ning tänapäevane Eesti Maa-ameti katastripiiride kaart mõõtkavas 1:10 000.

1-verstasel kaardil on olemas küll matemaatiline alus, kuid selle kaardi kasutamine sidumisel ei sobinud liiga suurte mõõtkavaerinevuste tõttu – ligikaudu 1:5 000 mõõtkavas mõisakaartide ja 1:42 000 mõõtkavas verstase kaardi detailsusaste on liiga erinev. Samal põhjusel jäi kasutamata Eesti Vabariigi M 1:50 000 topograafiline kaart.

Geomeetriliste vigade tõttu ei sobinud sidumisel kasutamiseks ka 1- verstasel kaardil põhinev 1930-ndate aastate vallapiiridega skemaatiline M 1:10 000 katastrikaart.

Raskendatud oli ka maatükkide sidumine tänapäevasel Eesti Põhikaardil kujutatud situatsiooni järgi, kuna vahepealsed muutused on olnud liiga ulatuslikud. Maaparanduskampaaniate, metsastumise, inimasustuse ümberpaiknemise ja ühiskondlik-poliitiliste protsesside tagajärjel on situatsioon palju muutunud. Põhikaarti kasutati taustamaterjalina kaardisituatsiooni jälgimiseks rasterkaartide esmasel orienteerimisel.

Eesti ajaloost tulenevalt on veel üks abikaartide liik, mis on kirjeldatud rasterkaartidest palju mugavam kasutada ning on tunduvalt täpsem.

Kaasaegne *katastripiiride vektorkaart* (Katastripiiride ... 2002) mõõtkavas 1:10 000 on mõõdistamiste tulemus ja vaatamata piiripunktide püsivuse ning täpse tuvastamise küsitavustele annab ajalooliste kaartide sidumisel parema tulemuse kui rasterkujul topokaardid.

Viimase kümnendi jooksul on toimunud maade tagastamine õigusliku järjepidevuse alusel II maailmasõja eelsete piiride järgi. Tolleaegsed krundipiirid, oma suuremas osas, pärinesid talude päriseksostmise ajast ja näitavad seega üsna hästi mõisa- ja talukaartidel kujutatud maatükkide asetsemist. Eelneva põhjal oletati, et maatükkide piirid ja kuju on 120-140 aasta kestel säilinud suhteliselt muutumatuna. Piirid võisid küll muutuda seoses maaomandi ümberkorraldustega, näiteks talude müügi või ümberjagamisega, kuid tõenäoliselt säilis piiridemuster antud piirkonnas tervikuna siiski üsna samasugusena.

Mõisakaartide koolutamisel ja sidumisel valiti sidumispunktid vastavalt tänapäevastele krundipiiridele ja väiksemal määral lähtudes Põhikaardil kujutatud situatsioonist. Sidumispunktideks valiti peamiselt kruntide piirinurgad. Kuna katastripiiride puhul on piiripunkti asukoha lubatud viga geodeetilise võrgu suhtes ca 50 cm (Katastrimõõdistamise kord 1999), võib väita, et ka vanade kaartide sidumispunktide täpsus on küllaltki suur. Sama meetodikat kasutas Kasaritsa mõisa 1876. aasta plaanide sidumisel oma magistritöös Kalev

Koppel – selgus, et talude kruntimisjärgsed piirid olid vähemalt 80% ulatuses kattuvad tänapäevaste katastripiiridega (Koppel 2005).

Koolutamise- ja sidumisprotsessi hõlbustamiseks lõigati digitaalsetest kaardikujutistest tarkvaramooduli *IRASC* abil välja mõisa krunti kujutav osa ja salvestati RGB- formaadis failidena.

Kuna mõisavaldusi kujutavad rastertükid hõlmasid suhteliselt suuri maa-alasid, olid keeruka kujuga ning oli võimalik leida suuremal hulgal tuvastuspunkte, kasutati maatükkide sidumiseks 2.- või 3.- järku teisendusi.

Tuvastuspunktide valikul jälgiti programmi poolt kuvatavaid statistilisi näitajaid, mis iseloomustavad valitud tuvastuspunktide komplekti kvaliteeti. Kui valitud punkti hälve süsteemis ületas ruutkeskmise vea väärtuse kolmekordselt, loeti see eksimuseks ja kõrvaldati süsteemist. Selleks peab tuvastuspunktide kompleksis olema rohkem kui kolm punkti.

#### ***N. Liidu topokaartide koolutamine ja sidumine***

Nõukogude topokaartide Eesti Põhikaardi koordinaatsüsteemiga sidumise protsess oli tunduvalt lihtsam ja kiirem kui mõisakaartide puhul. Kuna topograafilistel kaartidel on olemas nii koordinaatvõrk kui kaardiraam, oli võimalik topokaardid koordinaatvõrgu punktide kaudu Eesti Põhikaardi koordinaatsüsteemiga siduda.

#### ***Majandite maakasutusplaanide koolutamine ja sidumine***

Majandite maakasutusplaanide Eesti Põhikaardi koordinaatsüsteemiga sidumine oli keerukas, kuna nendel plaanidel puudub igasugune koordinaatvõrgustiku info. Seetõttu tuli antud juhul valida situatsiooni järgi koordinaatsüsteemiga sidumise tee. Selleks oli vajalik leida sobiv abikaart. Maakasutusplaanide sidumisel tulid abikaartidena kõne alla Eesti Põhikaart ja M 1:20 000 Eesti katastri aluskaart. Eesti katastri aluskaart oleks sidumisel abikaardina olnud igati õigustatud valik, mille kasuks rääkis mitu asjaolu. Esiteks koostamise aeg – katastri aluskaart koostati 1970-80-ndatel aastatel (käesolevas töös kasutatud katastri aluskaardi lehed koostati 1981. aastal). Teiseks – ja veelgi olulisemaks – aspektiks oli see, et katastri aluskaart on koostatud majandite maakasutusplaanide baasil. Seega on katastri aluskaart nii ajaliselt kui sisu poolest maakasutusplaanidega kõige paremini vastavuses olev kättesaadav abikaardi materjal. Kahjuks jätab soovida katastri aluskaardi täpsus ja usaldusväärsus, mis ei ole piisav, et neid kaarte kasutada koordinaatidega sidumisel abikaardina.

Katastri aluskaardi puudujääkide tõttu kasutati abikaardina Eesti Põhikaarti.

Kuna maakasutusplaanid skaneeriti must-valgena, toimus nende sidumine ja koolutamine tarkvara *MicroStation* rastertöötamise mooduli *IRASB* abil. Digitaalsest kaardikujutisest lõigati välja maakasutust kujutav osa ja salvestati RGB-formaadis failidena.

Maakasutusplaanide Eesti Põhikaardi koordinaatsüsteemiga sidumisel kasutati tuvastuspunktidenäidena eelkõige teede riste ning kraavide ristumiskohti. Kuna maakasutusplaanide rastertükid hõlmasid suhteliselt suuri maa-alasid ning olid keeruka kujuga, kasutati koolutamisel lisaks esimest järku teisendustele ka teist järku teisendusi.

Tuvastuspunktide valikul jälgiti programmi poolt kuvatavaid statistilisi näitajaid, mis iseloomustavad valitud tuvastuspunktide komplekti kvaliteeti. Kui valitud punkti hälve süsteemis ületas ruutkeskmise vea väärtuse kolmekordselt, loeti see eksimuseks ja kõrvaldati süsteemist. Selleks peab tuvastuspunktide kompleksis olema rohkem kui kolm punkti.

### **Vektoriseerimine**

Antud töös kasutatud kaardimaterjal on automaatvektoriseerimise kasutamiseks liiga ebahõlpsalt ja keeruka sisuga, seetõttu kasutati rasterandmete vektorkujule viimiseks "käsitsi" vektoriseerimist. Vektoriseerimisalusena kasutati eelneva töö käigus saadud rasterkaarte.

Käesoleva töö puhul vektoriseeriti kaardimaterjalid *järjestikuste kaardipaaride kaupa*. Arvestades rastrite koordinaatidega sidumise täpsust, alusmaterjali detailsust ning rasterjoone paksusega määratud loetavust, käsitleti muutumatutena nähtusi, mille puhul erinevus rasterpildi ja vektorjoone vahel oli väiksem kui 10-15 m (vt. ptk. 3.5).

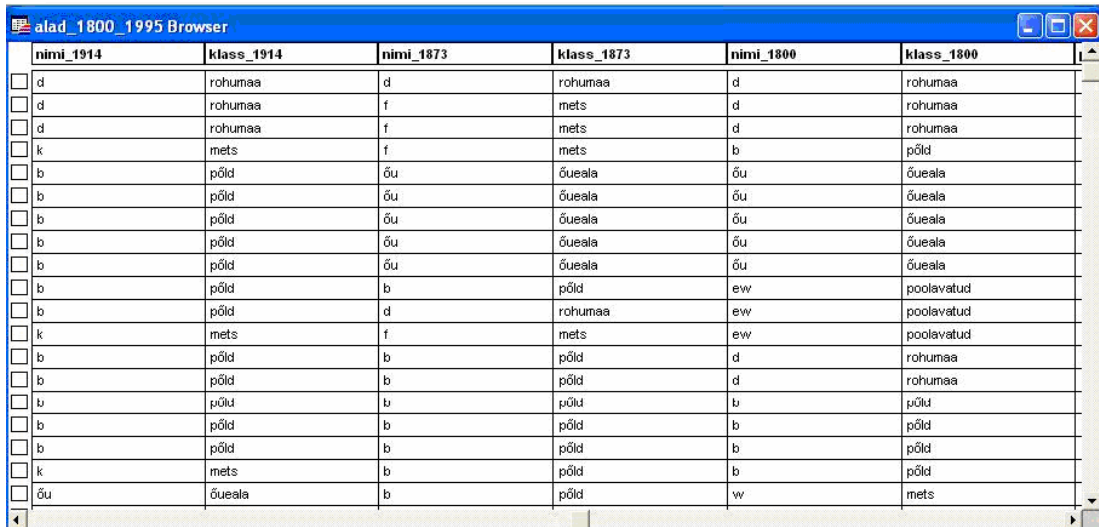
Niimoodi vektoriseerides välistati rastrimoonutustest, erinevatest kaardistamise meetodikatest ning muudest kaardimaterjalide eripäradest tulenevad pseudomuutused. Kogu vektoriseerimise protsess toimus tarkvara *MapInfo v.8.0* kasutades. Vektoriseerimise käigus jälgiti ja võrreldi pidevalt rasterkujutise ja vektorandmete situatsioone. Alad, mis tuvastati muutununa (muutuse künnise ületanud alad) lõigati lahti ja neile omistati vastava kaardikihi vastava maakasutustüübi atribuut.

Vektoriseerimismeetodi valikul lähtuti autori varasemates uurimustes (Koppa 2003; Koppa *et al* 2005) toodud analüüsitulemustest, mis kinnitasid valitud muutuste puhvri suuruse sobivust.

### 3.2. Atribuutinfo sisestamine

Käesoleva töö puhul seoti vektoriseeritud kaardiinfo andmetabelitega *MapInfo v.8.0* abil interaktiivselt.

Atribuutinfo seoti andmetabelitega vektoriseerimise käigus. Iga lisanduva kaardikihi jaoks loodi andmetabelisse veerg juurde ning sisestati sinna vastava kaardikihi vastava maakasutustüübi atribuut (joonis 10).



|                          | nimi_1914 | klass_1914 | nimi_1873 | klass_1873 | nimi_1800 | klass_1800 |
|--------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| <input type="checkbox"/> | d         | rohumaa    | d         | rohumaa    | d         | rohumaa    |
| <input type="checkbox"/> | d         | rohumaa    | f         | mets       | d         | rohumaa    |
| <input type="checkbox"/> | d         | rohumaa    | f         | mets       | d         | rohumaa    |
| <input type="checkbox"/> | k         | mets       | f         | mets       | b         | põld       |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | õu        | õueala     | õu        | õueala     |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | õu        | õueala     | õu        | õueala     |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | õu        | õueala     | õu        | õueala     |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | õu        | õueala     | õu        | õueala     |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | õu        | õueala     | õu        | õueala     |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | b         | põld       | ew        | poolavatud |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | d         | rohumaa    | ew        | poolavatud |
| <input type="checkbox"/> | k         | mets       | f         | mets       | ew        | poolavatud |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | b         | põld       | d         | rohumaa    |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | b         | põld       | d         | rohumaa    |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | b         | põld       | b         | põld       |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | b         | põld       | b         | põld       |
| <input type="checkbox"/> | b         | põld       | b         | põld       | b         | põld       |
| <input type="checkbox"/> | k         | mets       | b         | põld       | b         | põld       |
| <input type="checkbox"/> | õu        | õueala     | b         | põld       | w         | mets       |

Joonis 10. Näide testala maakasutusüksuste atribuuttabelist.

Kaardiinfo identifitseerimiseks kasutati erinevaid allikaid. 1800. a. katastriplaanidel oli nähtuste info kaardikirjelduse (*Beschreibung*) kujul. Kaardikirjelduses anti suhteliselt detailne ülevaade kõlvikutüüpidest, samas olid kirjeldusest välja jäetud teede- ning vetevõrgustiku objektid.

1873. a. ja 1914. a. mõisa maakasutuskaartide puhul andsid kaardinähtuste kohta infot legendid (*Farbenerklärung*), kus olid kujutatud peamised kõlvikud ning teede-ja vetevõrgustik. 1947. a. topokaardi nähtuste kohta koguti info topokaartide leppemärkide juhiste raamatutest (Условные ... 1940; Условные ... 1951). 1963.a. majandite maakasutusplaanide puhul oli kaardiinfo antud kahel moel: kirjanurgas oli näidatud põllumajanduskõlvikute tähis ja eestikeelne nimetus, lisaks oli kaardipildis kohati näidatud venekeelsete nimetustega mitte põllumajanduslikud nähtused (nt. tiik). Eesti põhikaardi puhul oli kaardinähtuste infot võimalik leida põhikaardistuse juhendist (Eesti põhikaardi ... 2002).

### 3.3. Nähtuste klassifitseerimine

Eri ajajärkudest pärineva erineva detailsusega kaardiinfo võrdlemise eelduseks on selle ühtsele, võrreldavale kujule viimine. Maakasutuse puhul tähendab see läbiva klassifikatsiooni loomist. Kõikide aegrea kaartide puhul määratleti atribuutandmete omistamise kaudu kaardinähtuste sisu. Peale kõikide kaardikihtide vektoriseerimist ning kaardinähtustele atribuutide omistamist loodi ühtne kogu kaardijada läbiv klasside süsteem.

Kaardinähtuste arv kasutatud kaardimaterjalides on suhteliselt suure varieeruvusega. See varieeruvus tuleneb nii kaartide valmistamise erinevatest eesmärkidest kui ka mõõtkavast.

Erinevaid kõlvikutüüpe ja nähtusi vektoriseeriti 1800. a. kaartidelt 28, 1873. a. kaardilt 21, 1914. a. kaardilt 22, 1947 a. kaardilt 16, 1963 a. kaardilt 20 ning 1995. a. kaardilt 25 (tabel 1).

Tabel 1. Kaardinähtuste ja kõlvikutüüpide ning maakatteklasside arv kaartidel.

| Aasta | Kaardinähtuste, kõlvikutüüpide arv | Maakatteklasside arv |
|-------|------------------------------------|----------------------|
| 1800  | 28                                 | 10                   |
| 1873  | 21                                 | 10                   |
| 1914  | 22                                 | 9                    |
| 1947  | 16                                 | 9                    |
| 1963  | 20                                 | 9                    |
| 1995  | 25                                 | 10                   |

1963. a. maakasutusplaanidel võõрмаakasutuses olnud alad said atribuudiks „andmed puuduvad”, nende jaoks eraldi klassi looma ei hakatud, kuna need hõlmavad ainult 2,1 % 1963. a. andmekihi kogupindalast.

Klassifikatsioon sisaldab 10 maakatteklassi: õueala, põld, rohumaa, poolavatud ja üleminekulised alad, mets, soo, seisuveekogu, vooluveekogu, teed ning muud alad. Testala kaardimaterjali maakasutusnähtuste jaoks koostatud täpsem klassifikatsioon on toodud lisas 3.

Järgnevalt käsitletakse maakatteklasside moodustamise käiku.

1. **Õueala.** Nimetatud klassi koondati hoonestusala ja selle lähiümbrusega seotud nähtused. Klassi moodustavateks nähtusteks olid „õu”, „aed” ning „hoone”. Samuti

lisati siia klassi Vana-Kuuste mõisahoonde juures asuv haljasala-park 1800. a. ajakihis, eeldades et tollane park oli lähedasem iluaiale (kaardil tähisega „a” – s.k. „Garten”) kui park-metsale (mõisapark rajati XIX saj. algul).

2. **Põld.** Sellesse klassi kuuluvad haritavad maad, künnimaad.
3. **Rohumaa.** Antud klassi arvati rohumaad, mis definitsioonist või legendist lähtuvalt olid avatud rohumaad. Siia klassi kuuluvad järgmised kõlvikutüübid: heinamaa, karjamaa, rohumaa, looduslik rohumaa, märg rohumaa.
4. **Poolavatud ja üleminekulised alad.** Kuna paljude kõlvikutüüpide puhul ei olnud võimalik selgelt määratleda, millisesse klassi vaadeldav kõlvik peaks kuuluma, loodi klass „poolavatud ja üleminekulised alad”. Sellesse klassi koondati kõlvikud, mida sai defineerida kui „rohumaa puudega”, „rohumaa põõsastega”, „võsamaa”, „põõsastik” ning „raiesmik”.

Siinkohal ilmselt vajab lähemat lahtiseletamist mõiste „võsamaa”. Kõlvikulise tähenduse defineerimine on võsamaa puhul keerukas, selle kõlvikutüübi sisuline hägusus on ajaloolasi viinud sageli ekslikele seisukohtadele põlumaade ulatuse määramisel (Koppel 2005). Võsamaaks nimetatakse põldusid, mida ei kasutatud igal aastal, vaid ajutiselt, ale või söödisüsteemi alusel (Ligi 1963; Must 2000). Võsamaa mõiste alla mahub nii sööti jäetud põllumaa kui harvikuga rohumaa, võsamaad loeti haritava maa reserviks.

5. **Mets.** Sellesse klassi koondati okasmetsa, lehtmetsa, noore metsa ning täpsemalt määratlemata tüübiga metsa kõlvikud. Metsa klassi kuuluvaks arvati ka kõlvikutüüp park-haljasala, kuid seda ainult 1873-1995. a. ajakihtide puhul (1800 a. ajakihis arvati see õuealade klassi).
6. **Soo.** Antud klassi arvati kõlvikud, mida sai defineerida sooks ja madalsooks.
7. **Seisuveekogu.** Sellesse klassi liigitati järv, paisjärv ning tiigid.

8. **Vooluveekogu.** Nimetatud klassi määratleti jõgi ja kraavid.
9. **Teed.** Siia klassi koondati teed ja raudtee. Teed liigitati kaardipildi alusel visuaalselt ning nimetustest lähtudes suurteks, keskmisteks ja väikesteks teedeks ning radadeks.
10. **Muu.** Sellesse klassi arvati nähtused, mis teistesse klassidesse ei sobinud. Eelkõige kuuluvad siia harimistakistused (s.k. *Impedimente*), jäätmaad ning alad, mis on kaardistatud muu lagedana. Vähemal määral on esindatud savi- jm loodusvarade kaevandamiseks mõeldud kaevekohad.

Maakatteklasside arvu erinevused eri kaartide puhul väga suured ei ole (tabel 1).

### **3.4. Andmeanalüüs ja maakatte muutuste jälgimine**

Päringute tegemiseks viidi atribuutide omistamise järel tekkinud andmetabel andmebaasihaldurisse *Access* ning koostati seal statistilised tabelid.

*Access*'is tehtud päringute tulemused salvestati vastavatesse tabelitesse. Nende põhjal teostati maakatte muutuste kvantitatiivne ja kvalitatiivne analüüs. Maakatte muutuste jälgimist viidi läbi järjestikuste kaardipaaride kaupa, alustades kõige vanemast ajakihist – aastast 1800 – ning tulles sammhaaval tänapäeva poole. Analüüsitulemuste põhjal on võimalik anda detailsem ülevaade maakasutuse muutustest testalal ajavahemikul 1800.-1995. a.

Analüüsi käigus vaadeldi maakatteklasside osakaalude muutuseid (tabel 3, joonis 11) ning maakatte üleminekuid ühest klassist teise (joonised 12-16).

Põhiliste maakatteklasside ruumilise ja ajalise püsivuse (joonised 17-22) hindamiseks arvutati, kui suur osa maakatteklassist on läbi aegrea püsinud muutumatuna: 100%, 83%, 66%, 33%, 16% või 0%. Sellest lähtuvalt loodi ajalise ja ruumilise püsivuse klassid „püsiv”, „valdavalt püsiv”, „50% püsiv”, „vähepüsiv” ning „0”.

Vaadeldava kaardiga samast ajajärgust pärineva võrdluskaardi kasutamine võimaldab paremini mõista kaardil kujutatud maastikusituatsiooni. Et anda hinnangut 1914. a. kaardisituatsioonile, kasutati 1-verstast kaarti (1-verstane... 2001) täiendava võrdluskaardina, seda eelkõige asustuse tihedusega seostuvate küsimuste selgitamise osas. Küsimuseks oli, kas

1914. a. kaardil kujutatud õuealade vähesus on realistlik või oli lähtuvalt kaardistuseesmärkidest jäetud osad õuealad kaardil kujutamata.

Teede- ja vetevõrgu puhul hinnati nende (vastavalt tabel 6, joonis 24 ning tabel 7, joonis 25) pikkust ning tihedust. Teedevõrgu puhul jäeti analüüsist välja rajad, kuna neid esineb ainult kahes ajakihis (1800. ja 1995. a.) ja tegemist on suhteliselt ebapüsiva nähtusega.

Maakatte muutuste vaatlemise juures kasutati täiendava allikana digitaalset mullakaarti. Kuna mullastik määrab suuresti maakasutuse ning on üldiselt ajas suhteliselt püsiv maastiku osa, on mullakaart väärtuslikuks lisainfo allikaks muutuste uurimise juures. Mullakaardi mullatüübid testalal klassifitseeriti analüüsi lihtsustamiseks mullaklassidesse (aluseks Aroldi (2005) klassifikatsioon). Selle tulemusena tekkis 9 mullaklassi: parasniisked ja põuakartlikud mullad, ärauhemullad, gleistunud mullad, gleimullad, lammimullad, turvasmullad, turvastunud mullad, maetud mullad ning paljandpinnas (vt. lisa 5). 1800. a. soode ja rohumaade levikut vaadeldi tänapäevase mullakaardi taustal (joonis 23) ning leiti nende maakatteklasside ja mullaklasside kattuvused (tabel 4, tabel 5).

Kuna testalal pole erilisi reljeefiekstreemsusi, siis reljeefi mõju maakatteklasside kujunemisele käesolevas töös ei vaadeldud.

Analüüsi tulemused vormistati tabelite, jooniste ning kaartidena.

### **3.5. Täpsushinnang**

Lähtuvalt aegreas kasutatud kaartide iseärasustest, on iga kaardikihi puhul veatüüpide proportsioon erinev. Näiteks kaartidel, mida on vaja tuvastuspunktide abil koordinaatsüsteemi koolutada, on kohale tõstmise viga suurem kui kaartidel, mida saab koordinaatvõrgu punkte kasutades koordinaatidega siduda.

Lähtudes rasteraluse täpsusest ning vektoriseerimise täpsusest leiti aegrea andmestiku asukohatäpsus kaardikihtide kaupa (tabel 2) (vt. ka ptk. 1.6.3). Väärtused on arvatud lähtudes teadmistest algmaterjali täpsuse kohta, töötlusprotsessi iseloomust ja töötlemise käigus määratud suurustest. Arvutusskeemi puhul juhinduti kaudmõõtmiste veaarvutuse reeglitest (Tammet 1971), täpsushinnangud on suurusjärgulised, nende arvestamine väldib kergekäeliste järelduste tegemise muutuste kohta maastikes.

Vanema kaardimaterjali täpsus leiti lähtudes kaardi mõõtkavast. Põhikaardi puhul on mõõdistustäpsus võetud põhikaardi digitaalkaardistuse juhendist (Eesti põhikaardi ... 2002). Joone laius leiti rasteraluselt mõõtmise teel – mõõdeti tuvastuspunktide valikul oluliste või

vektoriseerimisel oluliste objektide joone laius. Graafiline rasterkaardi täpsus määrab ka vektoriseerimise täpsuse, andes ette ulatuse, millest ei tohi joonistatav joon vektoriseerimise käigus hälvida. Koordinaatidega sidumise ja koolutamise täpsus saadi koolutamiseks kasutatud programmi (*IRASC*) poolt antud statistiliste näitajate alusel. Andmestiku töötlustäpsus leiti graafilise rasterkaardi täpsuse ning rasteraluse koordinaatidega sidumise ja koolutamise täpsuse summana. Arvestades teatud määramatuse momenti vanade kaartide kvaliteedi kindlakstegemisel, leiti summaarne asukohatäpsus halvima olukorra meetodil kõikide täpsuste summana. Väikseima usaldusväärse pinna suurus leiti lähtuvalt summaarsest asukohatäpsusest.

Järgnevas tabelis on saadud täpsushinnangud.

Tabel 2. Vektorandmestiku täpsus.

| Aasta | Möötkava nimetaja | Kaardistamise täpsus (m)                   | Joone laius e. graafiline rasterkaardi täpsus* (m) | Koordinaatidega sidumise ja koolutamise täpsus (m) | Andmestiku töötlustäpsus (m) | Summaarne asukohatäpsus (m) | Väikseim usaldusväärne pind (m <sup>2</sup> ) |
|-------|-------------------|--|--|--|------------------------------|-----------------------------|---|
| 1995  | 10000             | 2,5 (tehisobjekt)<br>10 (looduslik objekt) | –  | –  | –                            | 10                          | 1000  |
| 1963  | 10000             | 10   | 4  | 3  | 7                            | 17                          | 2500  |
| 1947  | 25000             | 25   | 10   | 6  | 16                           | 41                          | 15000   |
| 1914  | 4200              | 10   | 5  | 11   | 16                           | 26                          | 6000  |
| 1873  | 5200              | 10   | 4  | 12   | 16                           | 26                          | 6000  |
| 1800  | 5200              | 10   | 3  | 18   | 21                           | 31                          | 8500  |

\*Möötkavaline joone laius

## 4. Tulemused ja arutelu

Magistritöö tulemusena täpsustati Eesti ala kohta leiduva ajaloolise kaardimaterjali olemasolu ja kättesaadavust. Kontrolliti üle vanade kaartide säilitamiskohad. Selgus, et GIS vahendite jaoks korrektset, maastikumuutuste kvantitatiivseks analüüsiks sobivat ajaloolist kaardimaterjali leidub üsna palju. Selliste materjalide põhjal on võimalik luua aegridasid, mis ulatuvad ligikaudu 300 aastat tänapäevast minevikku.

Lähtudes eri ajajärkudest pärinevate kaardimaterjalide iseloomust ja kasutada olevaist tehnilistest vahenditest, on valminud tehnoloogiline skeem erineva vanuse ja detailsusastmega kaardimaterjalide lõimimiseks, digitaliseerimiseks ning andmebaasiga sidumiseks. Tavapäraste GIS-operatsioonide raamidesse jääva protseduuri muudab keeruliseks ajalooliste materjalide spetsiifika. Kõige enam tuleb ajaloolise kaardimaterjali kasutamisel kokku puutuda kaartide geomeetristest erisustest (mõõtkava erisused, kaardistamise vead, alusmaterjali deformatsioon), sisulistest erisustest (kaardiinfo võrreldavus) ning ajakohasusest tingitud raskustega. Samuti on andmete kvaliteedi seisukohast suure tähtsusega töötlusprotsessi käigus tekkida võivad vead (rasterpildi geomeetristised vead, vektoriseerimisvead, topoloogiavead, süstemaatilised vead, kaardiinfo identifitseerimise ja tõlgendamise vead). Anti hinnang sel moel loodud andmekogu kvaliteedile ja kontrolliti seda praktikas.

Töö käigus valmis ühtses süsteemis ja Maa koordinaatidega seotud rasterandmete kogu testala kohta, mis sisaldab 11 rasterkujul kaarti aastatest 1800-1963.

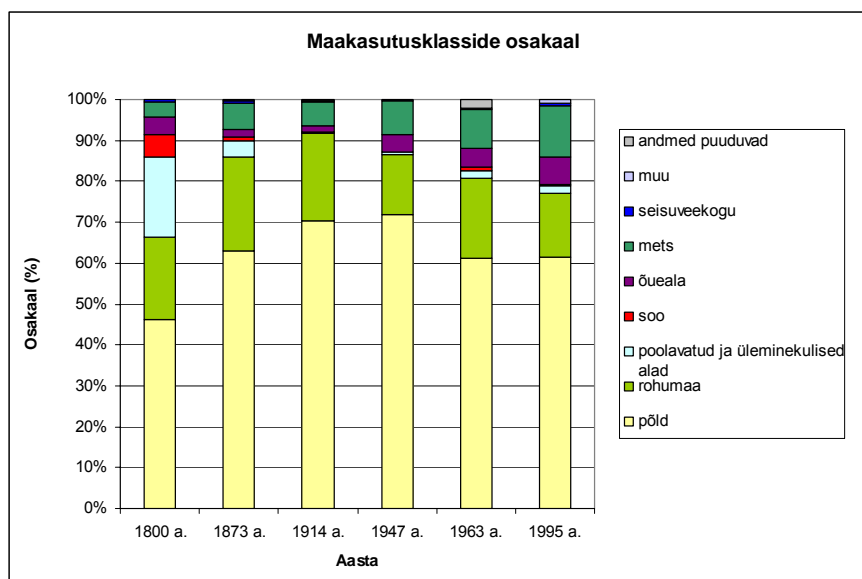
Loodi objekt-orienteeritud geoandmebaas testala maakasutusnähtuste ja maakatteklasside kohta. Andmebaasis on talletatud kõikide geomeetriste objektide kõlvikuline ajalugu aastast 1800 kuni aastani 1995.

Et paremini jälgida maastikudünaamikat testalal kogu aegrea vältel, teisendati maakasutusnähtused maakasutuse klassideks. Kaardinähtused koondati 10 maakatteklassi: õueala, põld, rohumaa, poolavatud ja üleminekulised alad, mets, soo, seisuveekogu, vooluveekogu, teed ning muud alad. Kaardinähtuste ja kõlvikutüüpide osas võib aegrea kaartidel näha üsna suuri erinevusi (tabel 1): kaardinähtuste arv on kõige väiksem 1947. a Nõukogude topokaardil (16 nähtust) ning kõige suurem 1800. a. katastriplaanidel (28 nähtust). Maakatteklasside arv erinevate kaartide puhul oluliselt ei kõigu (tabel 1).

Analüüsi tulemusena saadi ülevaade peamistest testalal aset leidnud maakattemuutustest 1800.-1995. a. Valdav osa testala maakattest on püsinud vaadeldava perioodi vältel suhteliselt muutumatuna (tabel 3; joonis 11). Suurim osakaal on igal vaadeldaval aastal olnud põldudel – vahemikus 46,1% (1800. a) kuni 71,6% (1947. a.), ja rohumaadel – vahemikus 14,8% (1947. a.) kuni 23% (1873. a.). Metsa osakaal on testalal ajavahemikul 1800.-1995. a. olnud suhteliselt madal (keskmiselt 7,6% pindalast). Siiski on vaadeldava perioodi jooksul täheldatav peaaegu 3-kordne metsa osakaalu tõus (3,6% 1800.a. ning 12,5% 1995. a.).

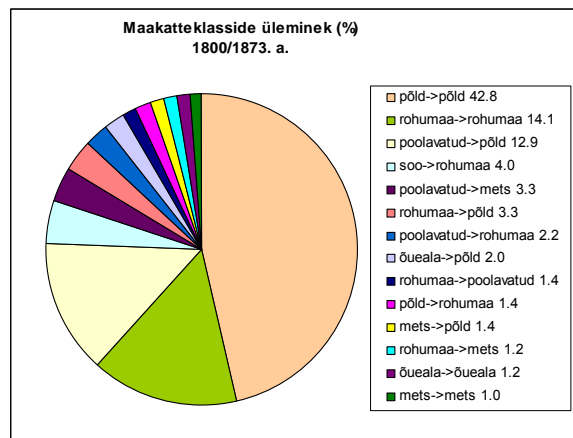
Tabel 3. Maakasutusklasside osakaal.

|  | AEG | 1800 a. | 1873 a. | 1914 a. | 1947 a. | 1963 a. | 1995 a. |
|--|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>KLASS</b>                             |     | %       | %       | %       | %       | %       | %       |
| <b>põld</b>                              |     | 46.1    | 62.9    | 70.4    | 71.6    | 61.1    | 61.2    |
| <b>rohuma</b>                            |     | 20.3    | 23.0    | 21.2    | 14.8    | 19.5    | 15.6    |
| <b>poolavatud ja üleminekulised alad</b> |     | 19.6    | 4.0     | –       | 0.6     | 2.0     | 1.7     |
| <b>soo</b>                               |     | 5.3     | 0.9     | 0.4     |         | 0.8     | 0.4     |
| <b>õueala</b>                            |     | 4.3     | 1.9     | 1.6     | 4.2     | 4.6     | 6.8     |
| <b>mets</b>                              |     | 3.6     | 6.6     | 5.7     | 8.2     | 9.4     | 12.5    |
| <b>seisuveekogu</b>                      |     | 0.7     | 0.4     | 0.4     | 0.4     | 0.4     | 0.5     |
| <b>muu</b>                               |     | 0.1     | 0.2     | 0.1     | –       | –       | 0.8     |
| <b>andmed puuduvad</b>                   |     | –       | –       | –       | –       | 2.1     | –       |

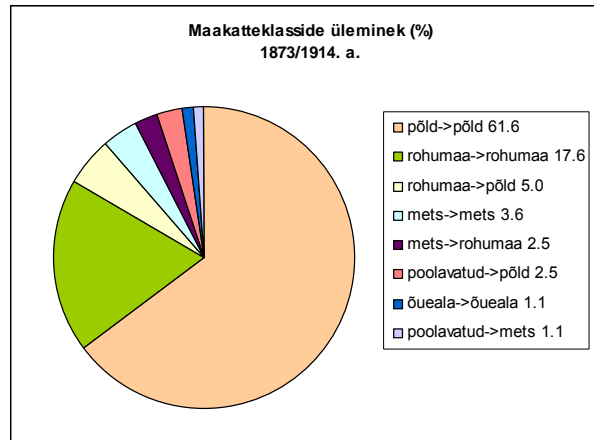


Joonis 11. Maakasutusklasside osakaal aastate lõikes.

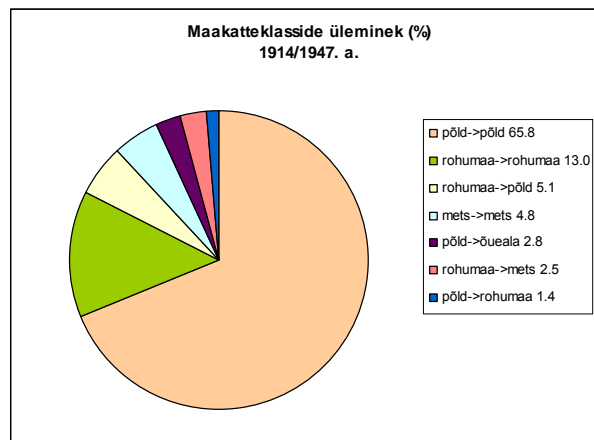
Täheldatav on maastiku mosaiiksuse vähenemine. Seda võib näha nii kaardipiltidelt (vt. lisa 4), kui ka maakatteklasside üleminekudiagramme jälgides (vt. joonised 12-16). Üleminekudiagrammidelt on näha, et peale 1800/1873. a. väheneb tunduvalt muutuse läbi teinud maakasutusklasside arv. Proportsionaalselt on vaadeldaval ajavahemikul kõige märkimisväärselt vähenenud soode ning poolavatud ja üleminekuliste alade osakaal. Seda vähenemist on võimalik (vähemalt soode puhul) seostada samal ajaperioodil toimunud kraavide koguhulga ja tiheduse järsu suurenemisega (vt. joonis 11, joonis 18). Testala maastikupilt on üldiselt muutunud aja jooksul lagedamaks, täheldatav on intensiivselt kasutatavate alade osa suurenemine ning transpordivõrgu intensiivistumine. Eriliselt lagedana paistab aegreas silma 1914. a. maastikupilt (vt. lisa 4) – õuealad on eriliselt vähe ning teedevõrk on hõre, samuti domineerivad suured põllumassiivid. Võrdluses 1-verstase kaardiga selgus, et niisamuti kui 1914. a. kaardipildis, puudusid nii varasematel kui hilisematel kaartidel olemasolevad õuealad ka 1-verstasel kaardil. Seega saab vähese õuealade hulga 1914. a. kaardil pidada realistlikuks, mitte kaardistuse eesmärkidest johtuvalt kujutamata jäetuks.



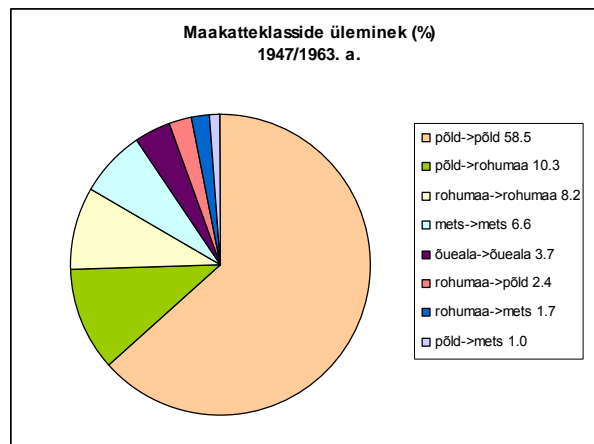
Joonis 12. Maakatteklasside üleminekud 1800/1873. a.



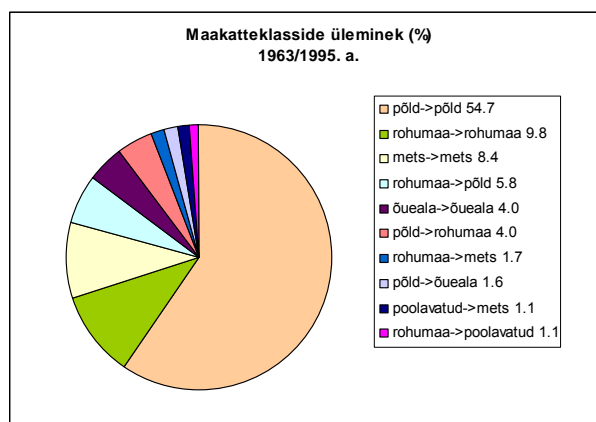
Joonis 13. Maakatteklasside üleminekud 1873/1914. a.



Joonis 14. Maakatteklasside üleminekud 1914/1947. a.



Joonis 15. Maakatteklasside üleminekud 1947/1963. a.

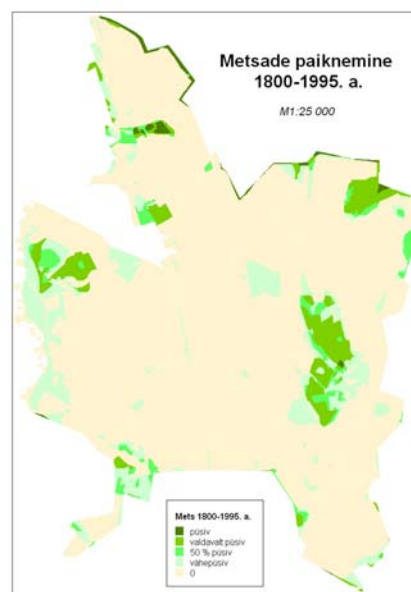


Joonis 16. Maakatteklasside üleminekud 1963/1995. a.

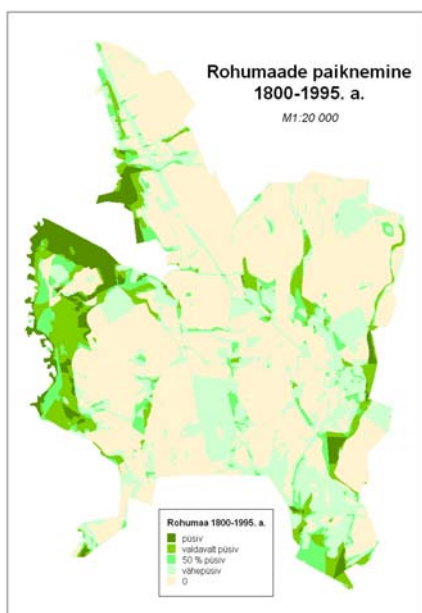
Maakatteklasside ruumilise ja ajalise püsivuse (joonised 17-22) jälgimisel leiti, et enamus rohumaadest on olnud püsivad või valdavalt püsivad. Samuti on olnud enamus põldudest püsivad või valdavalt püsivad. Suurem osa metsaaladest on olnud valdavalt püsivad. Õuealade puhul saab välja tuua, et enamus õuealadest on olnud 50% püsivad või vähepüsivad. Soolade ning poolavatud ja üleminekuliste alade puhul puuduvad sellised alad, mis oleks olnud püsivad või valdavalt püsivad – enamus on olnud vähepüsivad.



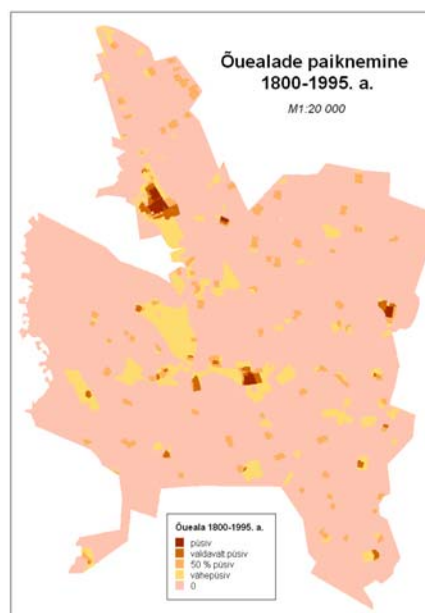
Joonis 17. Põldude ruumiline ja ajaline püsivus



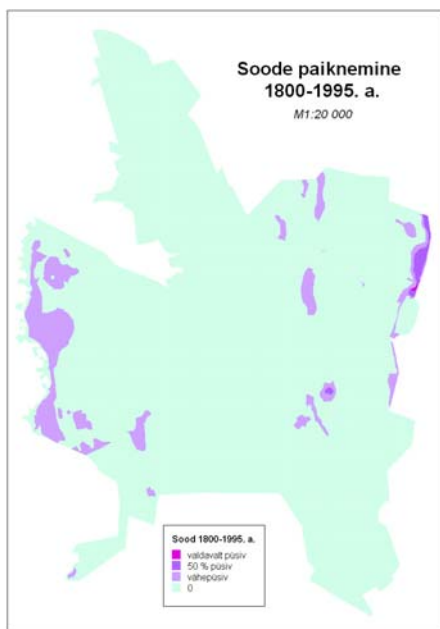
Joonis 18. Metsade ruumiline ja ajaline püsivus



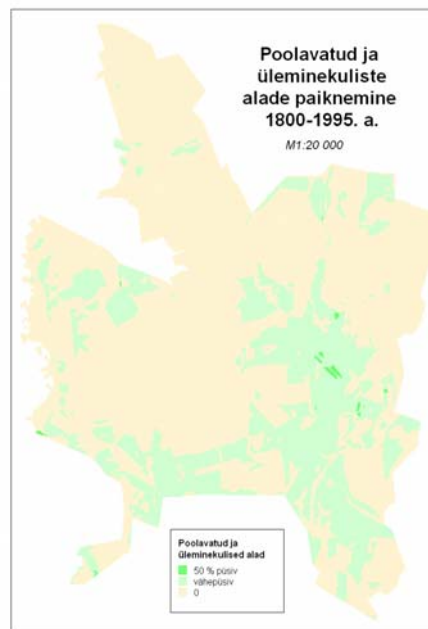
Joonis 19. Rohumaaade ruumiline ja ajaline püsivus



Joonis 20. Öuealade ruumiline ja ajaline püsivus



Joonis 21. Soode ruumiline ja ajaline püsivus



Joonis 22. Poolavatud ja üleminekuliste alade ruumiline ja ajaline püsivus

Võrreldes 1800. a. soo- ja rohumaa-alasid tänapäevase mullakaardi klassidega, leiti, et enamuse toleaegetest soodest asus gleimuldadel (35%), gleistunud muldadel (34,3%) ning lammimuldadel (23,3%) (vt. tabel 4, joonis 23). Rohumaaadest asus enim rohumaa-alasid

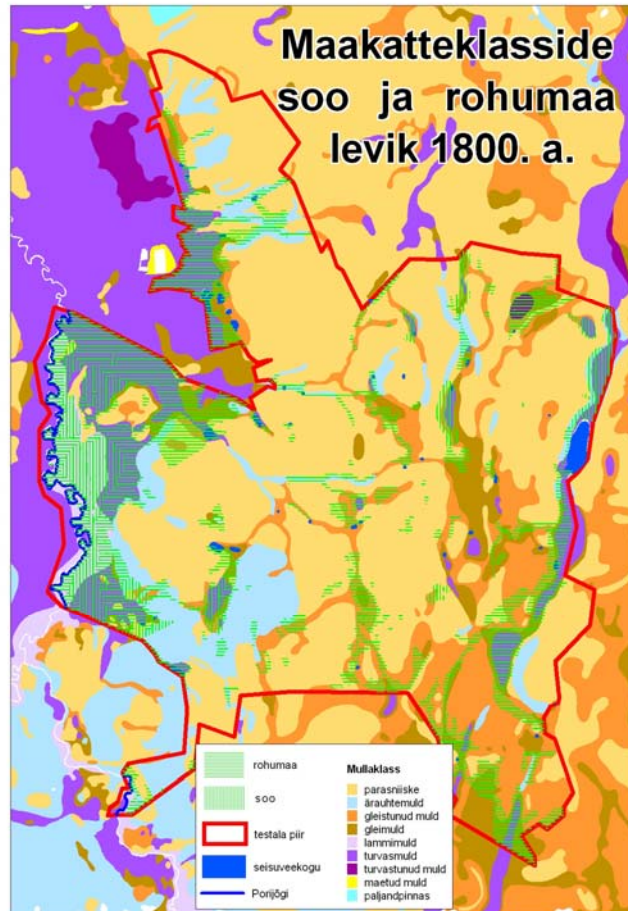
lammimuldadel (49%) ja turvastunud muldadel (44,8%) (vt. tabel 5; joonis 23). Sood valiti võrdluse teostamise objektiks, kuna soo mõiste on aja jooksul ilmselt kõige enam muutunud. Rohumaad kaasati võrdlusesse, kuna piir soo ja rohumaade vahel võib olla üsna hägune. 1800. a. ei olnud kraavide võrgustik väga ulatuslik (vt. tabel 4; vt. lisa 4 joonis 1), seega dikteeris mulla niiskusrežiim maakasutuse. Aja jooksul on muutunud selliste ebamäärasemate piiridega maakatteklasside mõiste sisu. Võib arvata, et näiteks ajal, kui selliseid „märgalaid“ kasutati loomade karjatamiseks, loeti need rohumaadeks ning kui karjatamisest loobuti, loeti sooladeks. Mullakaardi kasutamine täiendava allikana aitab selliste maakatteklasside sisu avada ja kontrollida.

Tabel 4. 1800. a. soode paiknemise ja mullaklassi seos (%).

| Mullaklass                      | %    |
|---------------------------------|------|
| Gleimuld                        | 35   |
| Gleistunud muld                 | 34.3 |
| Lammimuld                       | 23.3 |
| Turvasmuld                      | 5    |
| Ärauhemuld                      | 2.1  |
| Parasniiske ja põuakartlik muld | 0.2  |

Tabel 5. 1800. a. rohumaade paiknemise ja mullaklassi seos (%).

| Mullaklass                      | %    |
|---------------------------------|------|
| Lammimuld                       | 49   |
| Turvastunud muld                | 44.8 |
| Gleistunud muld                 | 3.3  |
| Turvasmuld                      | 2.1  |
| Gleimuld                        | 0.4  |
| Parasniiske ja põuakartlik muld | 0.4  |

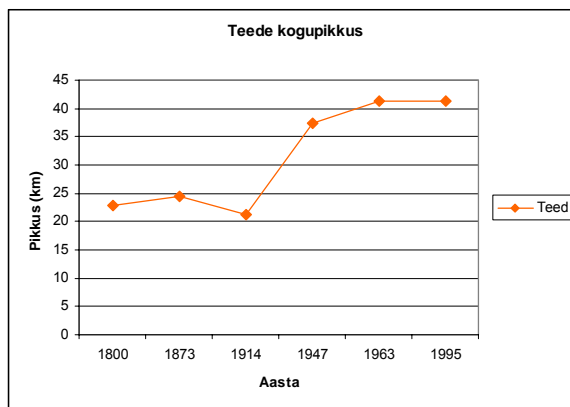


Joonis 23. 1800. a. rohumaa ja soode levik tänapäevase mullakaardi taustal.

Teedevõrgu tihedus on vaadeldaval perioodil peaaegu kaks korda suurenenud: 1800. a. oli teedevõrgu tiheduseks  $1,9 \text{ km/km}^2$  ning 1995. a.  $3,4 \text{ km/km}^2$  (tabel 6; joonis 24). Leiti, et kraavidevõrgustiku tiheduses on toimunud vaadeldaval perioodil mitu silmapaistvat muutust (tabel 7; joonis 25). Aastal 1800 oli kraavidevõrgu tihedus  $2 \text{ km/km}^2$ , seejärel kasvas 1873. aastaks  $4,5 \text{ km-ni/ km}^2$ . Peale 1873. a. toimus pidev vähenemine ning 1995. a. oli kraavidevõrgustiku tiheduseks  $2,9 \text{ km/km}^2$ .

Tabel 6. Teedevõrgu kogupikkus ja tihedus aastate lõikes.

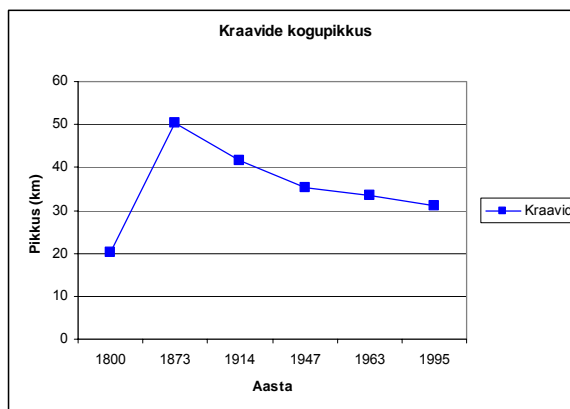
| Aasta                                     | 1800 | 1873 | 1914 | 1947 | 1963 | 1995 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| <b>Teed ja raudtee (km)</b>               | –    | –    | –    | 42.8 | 46.5 | 46.5 |
| <b>Teed (km)</b>                          | 22.9 | 24.4 | 21.2 | 37.5 | 41.3 | 41.2 |
| <b>Teed (<math>\text{km/km}^2</math>)</b> | 1.9  | 2.0  | 1.7  | 3.1  | 3.4  | 3.4  |



Joonis 24. Teede kogupikkus aastate lõikes.

Tabel 7. Vetevõrgu kogupikkus ja tihedus aastate lõikes.

| Aasta                              | 1800 | 1873 | 1914 | 1947 | 1963 | 1995 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Jõgi ja kraavid (km)</b>        | 24.9 | 55   | 46.5 | 39.7 | 38.2 | 35.9 |
| <b>Kraavid (km)</b>                | 20.1 | 50.3 | 41.5 | 35.2 | 33.6 | 31.1 |
| <b>Kraavid (km/km<sup>2</sup>)</b> | 2.0  | 4.5  | 3.8  | 3.3  | 3.1  | 2.9  |



Joonis 25. Kraavide kogupikkus aastate lõikes.

Testala andmestiku kohta koostatud täpsushinnangud (tabel 2) lähtuvalt rasterkaardi graafilisest täpsusest ja koordinaatidega sidumise ja koolutamise täpsusest näitavad, et töötlustäpsus 1800. a andmestiku puhul on 21 m, 1873. a. andmestikul 16 m, 1914. a. andmestikul 16 m, 1947. a. andmestikul 16 m ning 1963. a. andmestikul 7 m. Summaarseks

asukohatäpsuseks saadi 1800. a andmestiku puhul 31 m, 1873. a. andmestiku puhul 26 m, 1914. a. andmestiku puhul 26 m, 1947. a. andmestiku puhul 40 m, 1963. a. andmestiku puhul 17 m ning 1995. a. andmestiku puhul 10 m. Keskmise andmestiku töötlustäpsus on 12 m. Kõikide täpsuste summana on andmestiku keskmine asukohatäpsus 25 m.

Absoluutselt kokkusobivaid ja veatuid materjale pole olemas. Siiski on võimalik ka selliseid materjale ühtsesse süsteemi integreerida ja kokku sobitada. Erinevatest ajajärkudest pärinevate, erisuguse eesmärgi ja mõõtkavaga kaartide andmestike kooskasutamise eelduseks on nende võrreldavale kujule viimine. Nagu juba eelpool nimetatud, on maastikumuutuste jälgimist maakasutustüüpide tasemel keeruline teostada, seega tuleks need maakatteklassidesse koondada. Klassifikatsiooni koostamise käigus tekkis palju küsimusi, millest kõigile ei ole sugugi lihtne vastust leida.

Käesolevas töös loodi kaardinähtustest 10 maakatteklassi. Käsitletud testala ja kaardimaterjali jaoks on see optimaalne hulk – kõik muutuste seisukohast huvipakkuvad nähtused on klassifikatsioonis esindatud. Esitatud klassifikatsioon (maakasutuse nähtuste maakatteklassideks teisendus) sobib kasutamiseks testalaga samalaadse maastikupildi puhul. Klassifikatsiooni üle-Eestiliseks kasutamiseks tuleks seda täiendada. Loodud klassifikatsioon ei ole kindlasti täielik, see ei arvesta mitmete spetsiifiliste maakattetüüpidega, näiteks tekib küsimus, kuhu klassi paigutada antud klassifikatsiooni puhul Põhja-Eesti alvarid ja rannakarjamaad.

Lisaks ruumilisele laiendamise küsimustele on klassifikatsiooni puhul olulised ka ajalise laiendamise küsimused. Kaartide aegrea kaugemale minevikku viimisega lisanduvad maakasutusnähtused tuleb mahutada olemasolevatesse klassidesse. Kui see on raskendatud, tuleb klassifikatsiooni lisada täiendavaid klasse.

Tekib küsimus, kas maakatteklassifikatsioon peab olema aegrea pikkust ja kasutatavaid materjale arvestades võimalikult detailne? Võib-olla annab hoopis selgemaid tulemusi neljale maakasutusklassile *mets-põld-rohumaa-muu* taandatud klassifikatsioon? Olenevalt uurimuse eesmärkidest võib muutusi vaadelda ka ainult *lage ala – mittelage ala* suhtena. Oluline on klassifikatsiooni koostamise juures meeles pidada uurimuse eesmärki – milleks saadud andmeid kasutada tahetakse, mille kohta infot on vaja saada. Selline meelespidamine aitab vältida pseudoinfo tekitamist.

Samuti on oluline küsimus, kas klassifikatsioon peab olema aegrida läbiv? Kas klassifikatsioon tuleb koostada nii, et kõik klassid oleksid kõikidel kaartidel esindatud? Kas kaardiinfot on keerukam võrrelda, kui kõik maakasutusklassid ei ole kõikidel aegrea kaartidel esindatud?

Vanade kaartide maakasutusnähtuste klassifitseerimisele on võimalik läheneda funktsionaalselt (lähtuda kõlvikute kasutamise tehnoloogiast) ja lineaarselt (lähtuda üksnes maakattelisest seisukohast). Olenevalt uurimistöo eesmärkidest tuleb valida, kumb lähenemine on sobivam. Kindlasti saadakse ka lineaarse klassifitseerimise kasutamisel paremad ja esinduslikumad tulemused, kui arvestame klassifitseerimisel maakasutusnähtuste sisu, nende kasutamiseks/harimiseks kasutatud tehnoloogiaid.

Need on mõned klassifitseerimist puudutavad küsimused, mis vajavad veel edasimõtlemist ja täpsemat uurimist.

Lisaks maakasutusnähtuste maakatteklassideks teisendamise küsimustele on maastikudünaamika aegridade uurimuste puhul veel väga oluline täpsushinnangute teostamine. Käesolevas töös teostati täpsushinnangut eelkõige rasterkaardi täpsusest ja vektoriseerimise täpsusest lähtuvalt. Lisaks arvestati summaarse asukohatäpsuse juures ka mõõdistamise täpsust.

Jääb küsimuseks, kuidas viia ajalooliste kaartide andmestike täpsushinnangut veelgi usaldusväärsemaks. Eelkõige puudutab see mõõdistamisvea hinnangu täpsustamist. Selle jaoks tuleks täpsemalt uurida kaartide valmistamise aegseid vastavaid mõõdistamise juhendeid. Samuti tuleks saada võimalikult hea ülevaade toleaegetest maamõõtmistehnoloogiatest. Selline teave võimaldaks hinnata ajalooliste kaardimaterjalide mõõdistamistäpsust ja annaks selgema pildi nendelt saadava info usaldusväärsuse kohta.

## 5. Järeldused

Lähtudes eespooltoodust on magistritöö peamised järeldused sõnastatud järgmiselt.

- Eesti ala kohta koostatud erinevatest ajajärkudest pärinevaid erineva mõõtkavalise, sisulise ja geomeetrilise täpsusega kaardimaterjale on võimalik ühtsesse süsteemi integreerida maakatteuuringuteks sobiva täpsusega, kusjuures aegriks saab pikendada 200-300 aasta võrra minevikku.
- Vanade kaartide rasterkujule viimiseks pole analoogkaameraga fotografeerimine ja saadud slaidide skaneerimine parim meetod, võimalusel tuleks eelistada tardkaartide skaneerimist või digitaalkaameraga fotografeerimist.
- Tardkaartide skaneerimisel saadava rasterkaardi loetavus on hilisema andmekvaliteedi seisukohast väga oluline, kuna valdav osa vigu vanade kaartidega töötamisel tuleneb just objektide valest tõlgendamisest. Kaardiinfo interpreteerimisest tulenev kvalitatiivset laadi viga on tõenäoliselt suurem kui tehnilisest protsessist tulenevate vigade summa.
- Krundipiiride nurgapunktidel rajanev rastrite koordinaatidega sidumise viis sobib hästi nii sidumisprotsessi lihtsuse kui ka tulemuste täpsuse tõttu. Asukohatäpsus jääb sellise meetodi kasutamisel ajalooliste kaartide puhul vahemikku 11-18 m.
- Kasutatud vektoriseerimise meetod – järjestikuste kaardipaaride kaupa – osutus tõhusaks. Niimoodi vektoriseerides säästeti oluliselt aega hilisema andmekorrastuse arvelt. Kuna vektoriseerimise käigus sisestati iga kaardikihi iga maakasutusnähtuse atribuutandmed ühtsesse andmetabelisse, oli lihtne teostada hilisemat andmeanalüüsi.
- Maastikudünaamika pikaajalisel jälgimisel on mõistlik maakasutustüübid teisendada maakatteklassidesse. Eri ajastust pärinevate kaartide võrdlemisel ei saa maakatte muutuste hindamiseks kasutada väga detailseid klassifikatsioone. 10 maakatteklassi on optimaalne.
- Digitaalne mullakaart on oluline täiendava info allikas maastikumuutuste uurimisel.
- Ajaloolistelt kaartidelt saadaval infol on oluline osa keskkonnateadmiste täiendamisel. Vanadelt kaartidelt saadav info on piisava detailsusega, et seda kasutada täiendava allikana näiteks maastikuplaneeringutes ja teistes maastiku ajaloolist osa käsitlevate valdkondade uurimustes.

## Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö „Ajaloolised kaardid maakasutuse dünaamika uurimisallikana Vana-Kuuste mõisa näitel” eesmärkideks olid: (1) erinevast ajajärgust ja erineva detailsusega kaardimaterjalide ühtsesse süsteemi lõimimise võimaluste uurimine; (2) leida testalale kaartidega kaetud ajavahemikku (1800.-1995. a.) läbiv ühtne maakatte klassifitseerimisskeem; (3) selgitada, millise täpsuse ja kui suure ajalise ulatusega on testalal võimalik maakatte kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid muutusi jälgida; (4) iseloomustada testalal vahemikus 1800-1995 asetleidnud maakattemuutusi.

Magistritöö tulemusena antakse ülevaade erinevast ajajärgust pärinevate ja erisuguse mõõtkavaga kaartide lõimitud kasutamise meetodikast maastikumuutuste uurimisel. Lähtudes antud töös toodud GISi-põhisest tehnoloogilisest skeemist on võimalik luua kaardimaterjalidel põhinevaid aegridasid, mis ulatuvad kuni ligikaudu 300 aastat tänapäevast minevikku.

Töös antakse ülevaade kaardimaterjalide digitaalse töötlemise protsessist maakattemuutuste uurimiseks, esitatakse tehnoloogilise skeemi erinevad etapid, peatudes põhjalikumalt ajaloolise kaardimaterjali andmeallikana kasutamise probleemidel. Kõige enam tuleb ajaloolise kaardimaterjali kasutamisel kokku puutuda geomeetristest erisustest, sisulistest erisustest ning ajakohasusest tingitud raskustega. Andmete kvaliteedi seisukohast on suure tähtsusega töötlusprotsessi käigus tekkida võivate vigade selgitamine ning andmetöötluse kvaliteedi hinnang, millest samuti antakse ülevaade.

Tehnoloogiliste võtete proovimiseks valiti testalaks osa endisest Vana-Kuuste mõisa territooriumist (ca 12 km<sup>2</sup>). Testalal toimunud maakattemuutuste jälgimiseks kasutati kuuest erinevast ajajärgust pärinevat kaardimaterjali: 1995. a. digitaalne Eesti põhikaart, 1963. a. majandite maakasutusplaanid, 1947. a. nõukogude topokaardi lehed, 1914. ja 1873. a. Vana-Kuuste mõisa maakasutuskaardid ning 1800. a. katastriplaanid. Kasutatud kaardimaterjalide mõõtkava jäi vahemikku 1:4200...1:25 000.

Mõisakaardid ja vanad katastrikaardid viidi rasterkujule pildistamise ja saadud slaidide skaneerimise teel, nõukogude topokaartide ja majandite maakasutusplaanide lehed skaneeriti. Seejärel toimus rasterfailide eeltöötlus ning Eesti põhikaardi koordinaatsüsteemiga sidumine. 1800. a. vanade katastriplaanide ning 1873. ja 1914. a. mõisa maakasutuskaartide koordinaatsüsteemiga sidumisel kasutati tuvastuspunktidena tänapäevaseid krundipiiride

nurgapunkte. Seejuures leiti, et krundi nurgapunktidel rajanev rastrite koordinaatidega sidumise meetodika sobib hästi nii tulemuste täpsuse kui ka sidumisprotsessi lihtsuse tõttu. Koolutamisel saavutatud asukohatäpsus jäi 11-18 m piiresse. Nõukogude topokaardid seoti koordinaatsüsteemiga kaardivõrgu nurgapunktide kaudu. Majandite maakasutusplaanide sidumine toimus situatsiooni järgi, aluskaardiks oli seejuures Eesti põhikaart.

Kaardid vektoriseeriti järjestikuste kaardipaaride meetodit kasutades, mille puhul võeti järgmisele rasteralusele üle eelmise ajakihivi vektorandmestik, ning joonistati juurde toimunud muutused. Niimoodi vektoriseerides säästeti oluliselt aega hilisema andmekorrastuse arvelt. Kuna vektoriseerimise käigus sisestati iga kaardikihi iga maakasutusnähtuse atribuutandmed ühtsesse andmetabelisse, oli lihtne teostada hilisemat andmeanalüüsi.

Kaardimaterjalide raster- ja vektortöötlemise tulemusena valmis andmebaas maakasutuse ja maakatte nähtustest. See on objekt-orienteeritud geoandmebaas, kus kogu maakatteinfo on viidud terviklikule alusele.

Aegrea kaartide maakasutusnähtuste võrreldavale kujule viimiseks teisendati need maakatteklassidesse: õueala, põld, rohumaa, poolavatud ja üleminekulised alad, mets, soo, seisuveekogu, vooluveekogu, teed ning muud alad. Selleks koostati vastav teisendustabel. Teisendamise käigus leiti, et 10 maakasutusklassi on sellise ajalise ulatusega kaardimaterjalide maakasutusnähtuste puhul optimaalne.

Klassifitseeritud maakatteandmestiku põhjal teostati mitmeid analüüse. Leiti maakatteklasside osakaal igal vaadeldaval aegrea aastal. Samuti toodi välja peamised üleminekud maakatteklasside vahel testalal. Valdav osa testala maakattest on püsinud vaadeldava perioodi vältel suhteliselt muutumatuna. Suurim osakaal on igal vaadeldaval aastal olnud põldudel, jäädes vahemikku 46,1% (1800. a) kuni 71,6% (1947. a.) ning rohmaadel, jäädes vahemikku 14,8% (1947. a.) kuni 23% (1873. a.). Proportsionaalselt on vaadeldaval ajavahemikul kõige märkimisväärselt vähenenud soode ning poolavatud ja üleminekuliste alade osakaal. Metsa osakaal on testalal ajavahemikul 1800.-1995. a. olnud suhteliselt madal (keskmiselt 7,6% pindalast). Siiski on vaadeldava perioodi jooksul täheldatav peaaegu kolmekordne metsa osakaalu tõus (3,6% 1800.a. ning 12,5% 1995. a.).

Maakatteklasside ruumilise ja ajalise püsivuse jälgimisel leiti, et enamus rohmaadest ja põldudest on olnud püsivad või valdavalt püsivad. Suurem osa metsaaladest on olnud valdavalt püsivad. Õuealade puhul saab välja tuua, et enamus õuealadest on olnud 50% püsivad

või vähepüsivad. Sooalade ning poolavatud ja üleminekuliste alade puhul puuduvad sellised alad, mis oleks olnud püsivad või valdavalt püsivad – enamus neist on olnud vähepüsivad.

Võrreldes 1800. a. soo- ja rohumaa-alasid tänapäevase mullakaardi klassidega, leiti, et enamus tolleaegsetest soodest asus gleimuldadel (35%), gleistunud muldadel (34,3%) ning lammimuldadel (23,3%). Rohumaadest asus enim rohumaa-alasid lammimuldadel (49%) ja turvastunud muldadel (44,8%).

Teedevõrgu tihedus on vaadeldaval perioodil peaaegu kaks korda suurenenud: 1800. a. oli teedevõrgu tiheduseks 1,9 km/km<sup>2</sup> ning 1995. a. 3,4 km/km<sup>2</sup>. Leiti, et kraavidevõrgustiku tiheduses on toimunud vaadeldaval perioodil mitu silmapaistvat kõikumist. Aastal 1800 oli kraavidevõrgu tihedus 2 km/km<sup>2</sup>, seejärel kasvas 1873. aastaks 4,5 km-ni/ km<sup>2</sup>. Peale 1873. a. toimus pidev vähenemine ning 1995. a. oli kraavidevõrgustiku tiheduseks 2,9 km/km<sup>2</sup>.

Teostati täpsushinnangud testala andmestiku kohta. Leiti, et keskmine andmestiku töötlustäpsus on 12 m. Tulenevalt töötlustäpsusest ja mõõdistustäpsusest leiti, et andmestiku keskmine summaarne asukohatäpsus on 25 m.

Analüüsi tulemusena valmisid kaardid, mis võimaldavad kvalitatiivseid eksperthinnanguid, samuti kaardid maastikudünaamika visualiseerimiseks.

Ajaloolistelt kaartidelt saadav info jõuab ka praktilistesse rakendustesse. Rekonstrueeritud mineviku maastikupildid on saamas osaks maastikuplaneeringutest ning väärtuslike maastike hindamisest.

## Summary

### **Land cover changes as indicated by historical maps: the case study from Vana-Kuuste manor, Estonia**

Landscapes are dynamic, continuously changing systems. For a better understanding of functions, structures and changes in landscape, it is important to add a historical dimension into landscape research. While landscapes of the present and recent past can be observed using remotely sensed data, historical landscape patterns can only be explored from old maps. Historical maps allow unique insight of past landscapes, for such purpose they are most correct sources. There are a lot of historical maps about Estonia, which are suitable for landscape changes researches. The largest collection of historical maps is in Estonian Historical Archives.

The objectives of this study are 1) the quality assessment of the materials used and the analysis of their suitability for landscape changes study; 2) create a unified classification system for a land use units through map sequence (1800-1995); 3) to find out by which spatial and temporal coverage it is possible to observe qualitative and quantitative changes of land cover; 4) to analyse landscape changes as indicated by land cover over time.

The major focus of this research is the set of spatio-temporal information of the landscape, which is collected and interpreted from a sequence of maps extending from 1800 to the present day. In this study, 6 time layers describing the area of Vana-Kuuste, Tartu County, Estonia (~12 km<sup>2</sup>), were used. The study site is located in the Porijõgi catchment, which has served as a pilot study area for various landscape processes.

The newest time layer is based on the digital Estonian Basic Map (scale 1:10,000), which represents the present landscape (1995). The next time layer consists of the land-use plans of former collective farms (kolkhozes; 1:10,000), which represents the period of the extensive land reclamation campaign (1970). The third map layer consists of Soviet topographic maps (1:25,000), which show the condition of the landscape before the widespread land reclamation (melioration) campaign (1947). The next three layers are based on old cadastral maps from 1914, 1873 and 1800 (1:4200, 1:5200 and 1: 5200, respectively).

Methods of processing old maps were worked out. Hardcopy maps were photographed in Estonian History Archive and film exposures were scanned. Rasterized map images were transformed and rectified to Estonian Basic Map projection according to contemporary

cadastral boundaries. The working hypothesis claims that cadastral borders have been remained quite exactly alike over 130 years. In the process of land restitution in 1990s old cadastral borders were reconstructed. Using computer software *MapInfo v.8.0* raster maps was vectorized. In the process of vectorizing we identified land use units on the raster map. In the process of vectorizing we used a method by which the vector data of the one time layer is transferred to older raster layer and then vectorized the changes. The vector data was organized in attribute tables, in which each share of vector data has the attribute of a land use type of every year of time layer. An object-oriented database was created of land use and land cover data.

Land use information from different maps is comparable at level of classes but not at level of types. To perform the comparison of landscape situations, we divided land use types into land cover classes. There is 10 land cover class in classification: housing and garden, arable land, grassland, semi-open and transitional areas, woodland, bog, lakes and ponds, rivers and ditches, roads, other.

Data analysis was performed with the help of *Microsoft Office Access 2003*. Qualitative and quantitative analysis of land cover changes were performed: proportions of each land cover class of each time layer were observed, transitions between land cover classes were calculated, spatial and temporal constancy of land cover classes was estimated. Generally has the land cover of the test area remained stable in observable time period. Arable land (max 71,6%, in year 1947) and grasslands (max 23% in year 1873) were dominant through entire time period in test area. Percentage of woodland has been low (7,6% on the average), still there has been quite big growth of the proportions of woodlands – from 3,6% in year 1800 to 12,5% in year 1995. Proportions of bogs and semi-open lands has decreased notably, it is related with increase of ditch density. Density of ditch network has changed remarkably through time period. Between 1800-1873 increased ditch density from 2 km/km<sup>2</sup> to 4,5 km/km<sup>2</sup>, afterwards has ditch density decreased to 2,9 km/km<sup>2</sup> in year 1995. Density of road network has increased from 1,9 km/km<sup>2</sup> in year 1800 to 3,4 km/km<sup>2</sup> in year 1995. Digital soil map was used as a additional data for investigation on changes. Distribution of bogs and grasslands was observed in conjunction with soil classes, relations between these land cover classes and soil classes were found out.

Estimation of positional accuracy according to quality of raster data and quality of rectification process showed out, that position accuracy of land cover data is 12 meters on the average.

As a result we found out, that work methods which were used, were appropriate for processing data derived from such different sources like are maps of different times.

Inclusion of historical maps to the land use dynamics researches allows extend map sequence over long times. Information which is derived from historical maps is practically valuable. Reconstructed landscape situations are becoming more and more as a part of processes of landscape planning and evaluation of valuable landscapes. The better we know the past, the better opportunities we have for predicting the future.

## Kasutatud allikad

### Kirjandus

- Ambur, O.** 1993. Mõõdistamise ja kaardistamise arengust Eestis. *Geodeet* 4/1993. lk. 14-22.
- Antrop, M.** 2003. Continuity and change in landscapes. In: Multifunctional landscapes. Volume III. Continuity and change. Editors: Ü. Mander and M. Antrop. WIT Press. Pp. 1-14.
- Arold, I.** 2005. Eesti maastikud. Tartu Ülikooli Kirjastus. 453 lk.
- Bender, O., Boehmer, H.J., Jens, D., Schumacher, K.P.** 2005a. Analysis of land-use change in a sector of Upper Franconia (Bavaria, Germany) since 1850 using land register records. *Landscape Ecology* 20:149–163.
- Bender, O., Boehmer, H.J., Jens, D., Schumacher, K.P.** 2005b. Using GIS to analyse long-term cultural landscape change in Southern Germany. *Landscape and Urban Planning* 70: 111–125.
- Benitez, J.A., Fischer, T.R.** 2004. Historical land-cover conversion (1665-1820) in the Chopatank watershed, eastern United States. *Ecosystems* 7: 219-232.
- Cousins, S.A.O., Eriksson, O.** 2002. The influence of management history and habitat on plant species richness in a rural hemiboreal landscape, Sweden. *Landscape Ecology* 17: 517-529.
- Cousins, S.A.O.** 2001. Analysis of land-cover transitions based on 17th and 18th century cadastral maps and aerial photographs. *Landscape Ecology* 16: 41-54.
- Dutoit, T.E., Roche, P. Alard, D.** 2003. Land use history and botanical changes in the calcareous hillsides of Upper-Normandy (north-western France): new implications for their conservation management. *Biological Conservation* 115: 1–19.
- Eilart, J., Kuusk, J., Laugaste, E., jt.** 1965. Kas tunned maad. Teatmik Eesti NSV matkajaile ning kodu-uurijaile. Tallinn: Eesti Raamat. 750 lk.
- Foster, D. R., Motzkin, G.** 2003. Interpreting and conserving the openland habitats of coastal New England: insights from landscape history. *Forest Ecology and Management* 185: 127–150.
- Haase, D., Walz, U., Neubert, M., Rosenberg, M.** 2005. Changes to Central European landscapes — Analysing historical maps to approach current environmental issues, examples from Saxony, Central Germany. *Land Use Policy*, article in press.
- Hellström, K.** 2002. Agricultural Reforms and Policies Reflected in the Farming Landscapes of Hiiumaa from 1850 to 2000. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Agraria 325. Alnarp: Swedish University of Agricultural Sciences.
- Jagomägi, J.** 1998. Matemaatiline kartograafia. Loengumaterjalid. Käsikiri AS Regios.
- Jagomägi, T.** 1999. Geoinfosüsteemid praktikule. Regio. 191 lk.
- Kindler, A., Banzhaf, E.** 2001. Databases, data organization and data processing. In: Landscape Balance and Landscape Assessment. Editors: R. Krönert, U. Steinhardt, M. Volk. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Pp. 47-85.

- Kirt, K.** 1971. Siin ja sealpool maanteed. Tartu rajoon. Tallinn: Eesti Raamat. 174 lk.
- Kokovkin, T., Loodla, K.** 1998. Changes in cultural landscapes on Kassari Island since the early 18th century. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology. Ecology, vol. 47, no. 2. Pp. 114-125.
- Koppa, H.** 2003. Ajaloolise kaardimaterjali nüüdisaegsesse ruumiandmete kogusse integreerimine XIX sajandi teisest poolest pärinevate mõisa- ja talumaade kaartide näitel. Bakalareusetöö. Käsikiri Tartu ülikooli geograafia instituudi raamatukogus.
- Koppa, H., Jagomägi, J., Mander, Ü.** 2005. Changes in landscapes as indicated by historical maps. Conference *Multifunctional land use – meeting future demands for landscape goods and services*, Tartu May 26 - 28, 2005, Abstract.
- Koppel, K.** 2005. Maakasutuse uurimise meetodika Kasaritsa uurimisala (Rõuge kihelkond) 17.-19. sajandi külamaastike kujunemise näitel. Magistritöö. Käsikiri Tartu Ülikooli raamatukogus.
- Koppel, K.,** 2002. Ajalooliste katastrikaartide töötlemise meetodika ja agraarajalooliste allikate ühendamine geograafilises infosüsteemis. Peaseminaritöö. Käsikiri Tartu Ülikooli ajaloo osakonna raamatukogus.
- Käyhkö, N., Skånes, H.** 2006. Change trajectories and key biotopes—Assessing landscape dynamics and sustainability. *Landscape and Urban Planning* 75: 300–321.
- Langran, G.** 1993. Time in geographic information systems. Taylor & Francis, London. 189 p.
- Lankots, J.** 1997. Tähtsamad Eesti kaardid. *Geodeet* 14/1997, lk.13-14.
- Lankots, J.** 2001. Eesti põhikaardi otstarve. *Geodeet* 24/2001, lk. 6-9.
- Ligi, H.** 1963. Põllumajanduslik maakasutus Eestis XVI-XVII sajandil. Tallinn. 139 lk.
- Loodla, K.** 2005. Maa-aluste kommunikatsioonide andmehaldus. Magistritöö geoinformaatikas ja kartograafias. Käsikiri Tartu Ülikooli raamatukogus.
- Loog, J.** (koostaja) 1997. 125 aastat raudteid Eestis. Tallinn, Eesti Raudtee. 140 lk.
- LUMA-GIS.** 2004. Map accuracy assessment. GIS402: Advanced course in geographical information systems. Lund University GIS Centre. Loengumaterjal.
- Mander, Ü., Kull, A., Kuusemets, V.** 2000. Nutrient flows and land use change in a rural catchment: a modelling approach. *Landscape Ecology*, 45: 187-199.
- Marcucci D.J.** 2000. Landscape history as a planning tool. *Landscape and Urban Planning* 49: 67–81.
- Mardiste, H.** 2004. Kartograafia ajalugu. Loengumaterjal. Käsikiri Tartu Ülikooli geograafia instituudi raamatukogus.
- Mottet, A., Ladet, S., Coque, N., Gibon, A.** 2006. Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: A case study in the Pyrenees. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 296–310.
- Must, A.** 2000. Eestlaste perekonnaloo allikad. Ajalookirjanduse sihtasutus Kleio. 344 lk.
- Niemelä, O.** 2000. Pool sajandit Soome põhikaarti. *Geodeet* nr 21 (45), lk. 24-28.
- Palang, H., Mander, Ü., Luud, A.** 1998. Landscape diversity changes in Estonia. *Landscape and Urban Planning* 41, 3-4: 163-170.

- Paquette, S., Domon, G.** 1997. The transformation of the agroforestry landscape in the nineteenth century: a case study in southern Quebec ( Canada). *Landscape and Urban Planning* 37: 197-209.
- Petit, C.C., Lambin, E.F.** 2002. Impact of data integration technique on historical land-use/land-cover change: Comparing historical maps with remote sensing data in the Belgian Ardennes. *Landscape Ecology* 17: 117-132.
- Potter, H.** 1995a. Kaardistamistödest Eesti NSV-s. *Geodeet* 7/1995, lk. 25-34.
- Potter, H.** 1995b. Kaardistamistödest Eesti NSV-s. *Geodeet* 8/1995, lk 23-27.
- Potter, H., Treikelder, I.** 2001a. Eesti omariikluse algusaastate geodeesia ja kartograafia. *Geodeet* 24/2001, lk. 20-21.
- Potter, H., Treikelder, I.** 2001b. Ülevaade geodeesia ja kartograafia alasest tegevusest Eesti alal XVIII ja XIX sajandil. *Geodeet* 23/2001, lk. 6-7.
- Raid, T.,** 2003. Üks korralik mõõtmine... . *Geodeet* 27/2003, lk. 30-33.
- Raid, T.** 2005. Eesti teedevõrgu kujunemine. Punnpaap, Tallinn. 255 lk.
- Ratas, U., Puurmann, E., Kokovkin, T.** 1996. Long-term changes in insular landscapes on the example of Vohilaid, West-Estonia. In: Estonia. Geographical Studies. Editor: J.-M. Punning. Tallinn: Estonian Academy Publishers. Pp. 90-106.
- Remm, K.** 1997. Eesti põhikaardi digitaalvariandi normeerimine. *Geodeet* 14/1997, lk. 17-25.
- Rumma, J., Granö, J. G., Veski, J. V.** 1925. Eesti. Maateadusline, majandusline ja ajalooline kirjeldus: I – Tartumaa. Eesti Kirjanduse Seltsi kirjastus, Tartu. 740 lk.
- Sepp, E.** 2004. Ajaloolise maakasutuse rekonstrueerimine Rõuge Tõugjärve uurimisalal. Bakalaureusetöö. Käsikiri Tartu Ülikooli geograafia instituudi raamatukogus.
- Skånes, H.M., Bunce, R.G.H.** 1997. Directions of landscape change (1741-1993) in Virestad, Sweden – characterised by multivariate analysis. *Landscape and Urban Planning* 38: 61-75.
- Skånes, H.** 1996a. Grassland dynamics and landscape change (1741-1993) in Virestad, south Sweden. . In: Landscape changes and grassland dynamics. Retrospective studies based on aerial photographs and old cadastral maps during 200 years in south Sweden. Stockholm University, Department of Physical Geography. *Dissertation series*, no. 8. Paper III, pp.1-51.
- Skånes, H.** 1996b. Land cover changes and their implications for grassland flora. A case study from Halland, south Sweden. In: Landscape changes and grassland dynamics. Retrospective studies based on aerial photographs and old cadastral maps during 200 years in south Sweden. Stockholm University, Department of Physical Geography. *Dissertation series*, no. 8. Paper II, pp. 1-26.
- Skånes, H.** 1996c. Towards an integrated ecological-geographical landscape perspective. A review of principal concepts and methods. . In: Landscape changes and grassland dynamics. Retrospective studies based on aerial photographs and old cadastral maps during 200 years in south Sweden. Stockholm University, Department of Physical Geography. *Dissertation series*, no. 8. Paper I, pp. 1-26.
- Tee, M., Koppa, H.** 2004. Ajalooline kaardimaterjal keskkonna seireinfo allikana. Toim. T. Oja ja T. Nilson. Kaugseire alased uuringud Eestis. *Publicationes Instituti Geographici* 95, lk. 213 – 223.

- Tee, M.** 2006. Keskkonnainfo lõimimine. Magistritöö keskkonnafüüsikas. Käsikiri Tartu Ülikooli füüsika-keemiateaduskonna raamatukogus.
- Tammet, H.** 1971. Füüsika praktikum. Metroloogia. Tallinn: Valgus. 240 lk.
- Tiits, K.** 1999. Ruumiandmed Eesti riiklikes andmekogudes. Keskastme uurimistöö. Käsikiri Tartu Ülikooli geograafia instituudi raamatukogus.
- Treikelder, I.**, 2001. Eesti topograafilised kaardid aastatel 1919...1940. *Geodeet* 24/2001, lk. 15-19.
- Troska, G.**, 1994. Eesti maa-asulate arenguhooni 19. sajandi teisel poolel. Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised, 43, 2, lk. 146-168.
- Varep, E.**, 1960. Jooni Eesti kartograafia ajaloost. Eesti Geograafia seltsi publikatsioonid. ENSV Teaduste Akadeemia, Tallinn, 46 lk.
- Veski, S., Koppel, K., Poska, A.** 2005. Integrated palaeoecological and historical data in the service of fine resolution land use and ecological assessment during the last 1000 years in Rõuge, S Estonia. *Journal of Biogeography* 32: 1473-1488.
- Vuorela, N., Alho, P., Kalliola, R.** 2000. Systematic assessment of maps as source information in landscape change research. In: Combined use of spatial data implications for landscape dynamics in oak woodland site in southwest Finland. *Annales Universitatis Turkuensis*, Ser. AII, Tom. 150. pp. 1-25.
- Vuorela, N., Toivonen, T.** 2003. Using the past to characterise the present-day biotopes detecting and classifying the transitions in the landscape. In: Multifunctional landscapes. Volume III. Continuity and change. Editors: Ü. Mander and M. Antrop. WIT Press. Pp. 135-166.
- Wu J., Hobbs R.** 2002. Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology* 17: 355-365.
- Zerbe, S.** 2003. The role of land use in the differentiation of cultural landscapes – a historical perspective. In: Multifunctional Landscapes. Volume III. Continuity and Change. Editors: Ü. Mander ja M. Antrop. WIT Press. Pp. 95-113.
- Условные знаки для топографических планов масштаба 1:10 000. 1951. Издательство геодезической и картографической литературы. Москва.
- Условные знаки, шрифты и условные сокращения для топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000 (1:75 000). 1940. Москва.

## **Kaardid**

**1-verstane kaart (1891-1912 a.).** AS Regio. 2001.

**Eesti Põhikaardi (EPK) lehed 54\_55, 54\_56, 54\_65, 54\_66** Tartu Ülikooli geograafia instituut. 2002.

**Katastriüksuste piiride 1:10 000 kaart.** Eesti Vabariigi Maa-amet. 2002.

**Mullakaart ja mullaandmebaas.** Tartu Ülikooli geograafia instituut 2002.

## Eesti Ajalooarhiivi (EAA) fondid

Fond 2072 Kaardikogu

### Internet

**Briassoulis, H.** 2000. Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches. *The web book of regional science*. Regional Research Institute, West Virginia University. <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm> 2.05.2006.

**Eesti Ajalooarhiiv.** 2003. <http://www.eha.ee/kaardidreg/kaardid/eessona.html> 20.09.2003

**Eesti põhikaardi 1:10 000 digitaalkaardistuse juhend.** 2002. <http://www.maaamet.ee/docs/kaardid/PKjuhend2002viimane.pdf> 27.04.2006

**Maa-amet.** 2003a. Eesti Põhikaart. <http://www.maaamet.ee> 28. 04. 2003

**Maa-amet 2003b.** Kaartide loetelu. [http://www.maaamet.ee/index.php?lang\\_id=1&page\\_id=6&menu\\_id=7](http://www.maaamet.ee/index.php?lang_id=1&page_id=6&menu_id=7) 20.09.2003

**Maa-amet.** 2006a. Endiste majandite (kolhoosid, sovhoosid) maakasutusplaanid. [http://www.maaamet.ee/index.php?lang\\_id=1&page\\_id=154&menu\\_id=29](http://www.maaamet.ee/index.php?lang_id=1&page_id=154&menu_id=29) 12.03. 2006

**Maa-amet.** 2006b. Mullakaart ja mullaandmebaas. [http://www.maaamet.ee/index.php?lang\\_id=1&page\\_id=69&menu\\_id=7](http://www.maaamet.ee/index.php?lang_id=1&page_id=69&menu_id=7) 24. 04. 2006

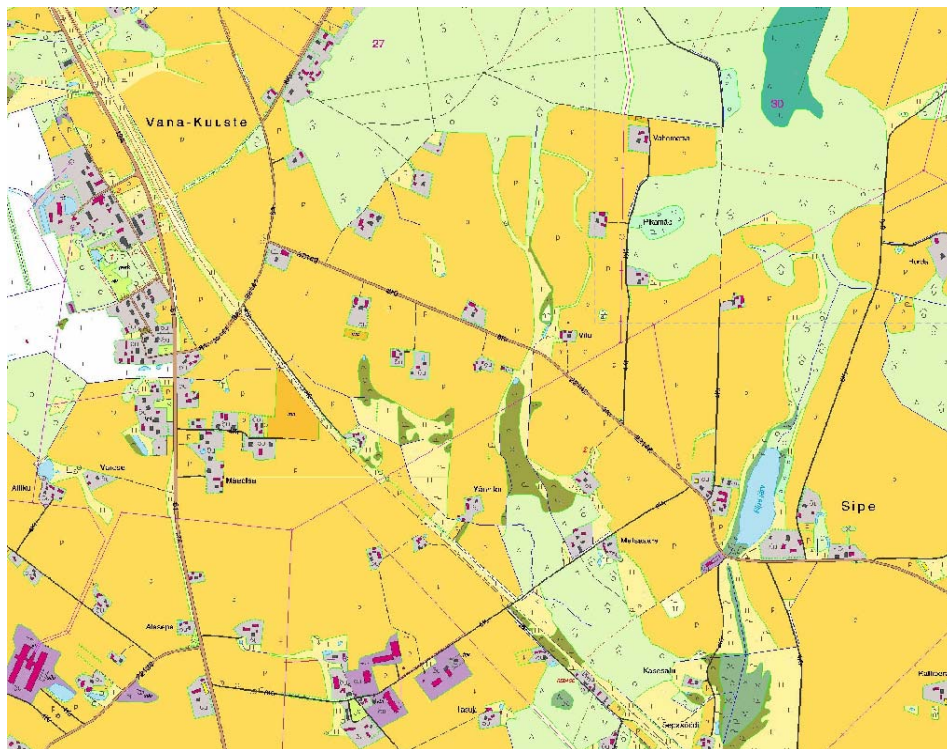
**Nemvalts, H.** 2005. Kuuste Põhikooli ajalugu. <http://www.kuuste.ee/ajalugu.htm> 27. 03. 2005

**Praust, V.** 2005. Eesti mõisad. Vana-Kuuste mõis. <http://www.mois.ee/tartu/vanakuuste.shtml> 27.03.2005

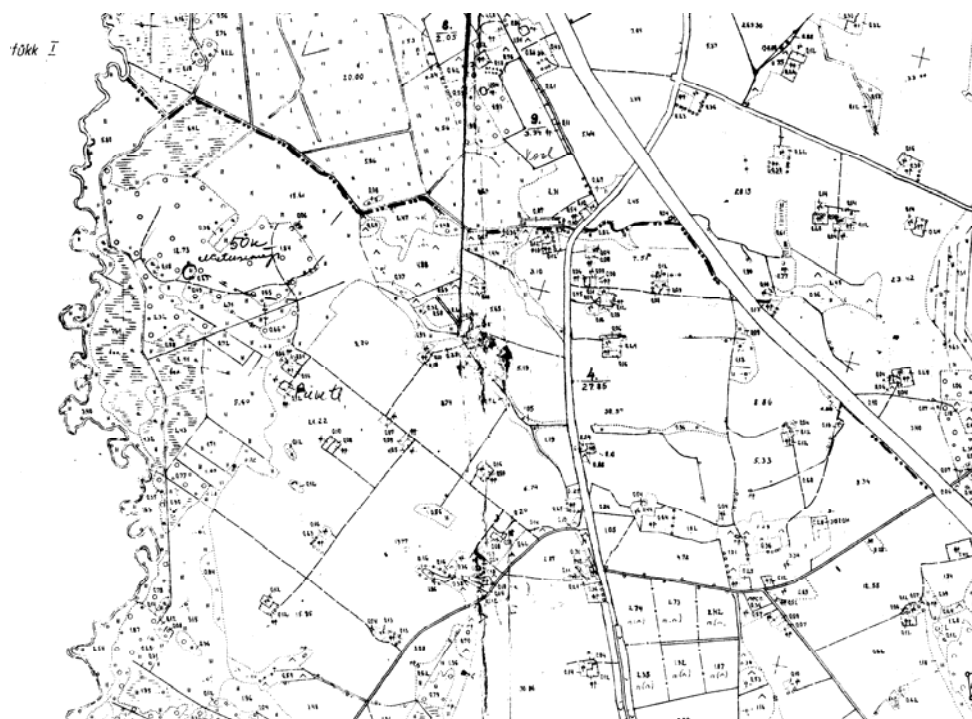
**Lisad**

Lisa 1.

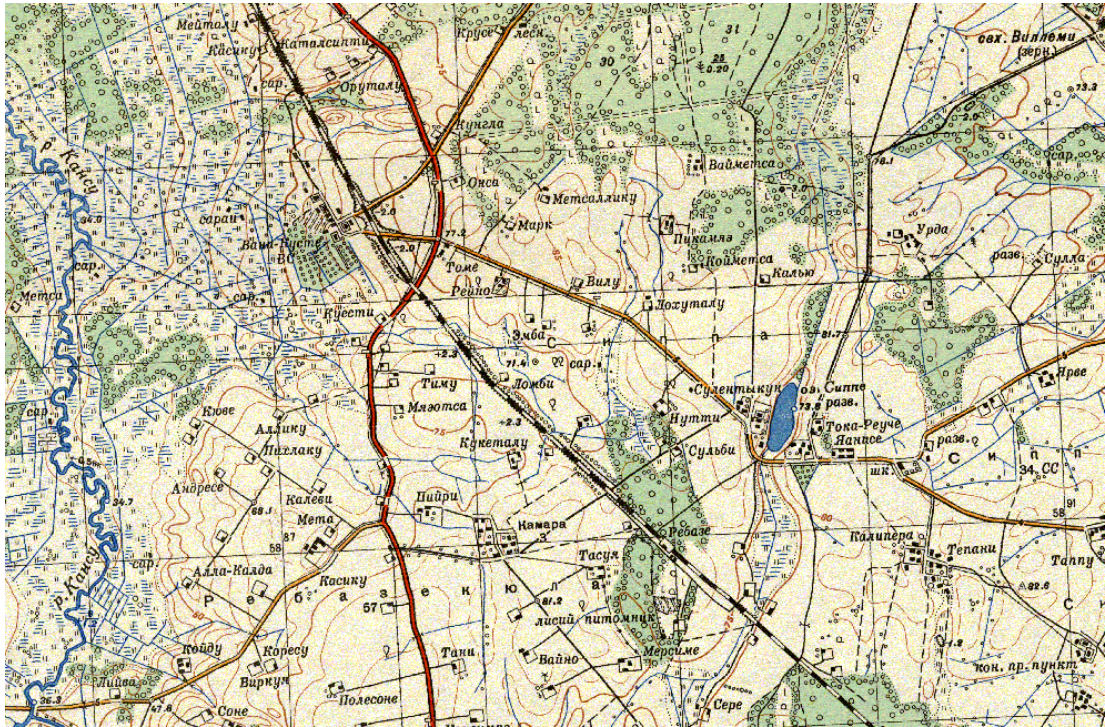
Näited kasutatud kaardimaterjalist



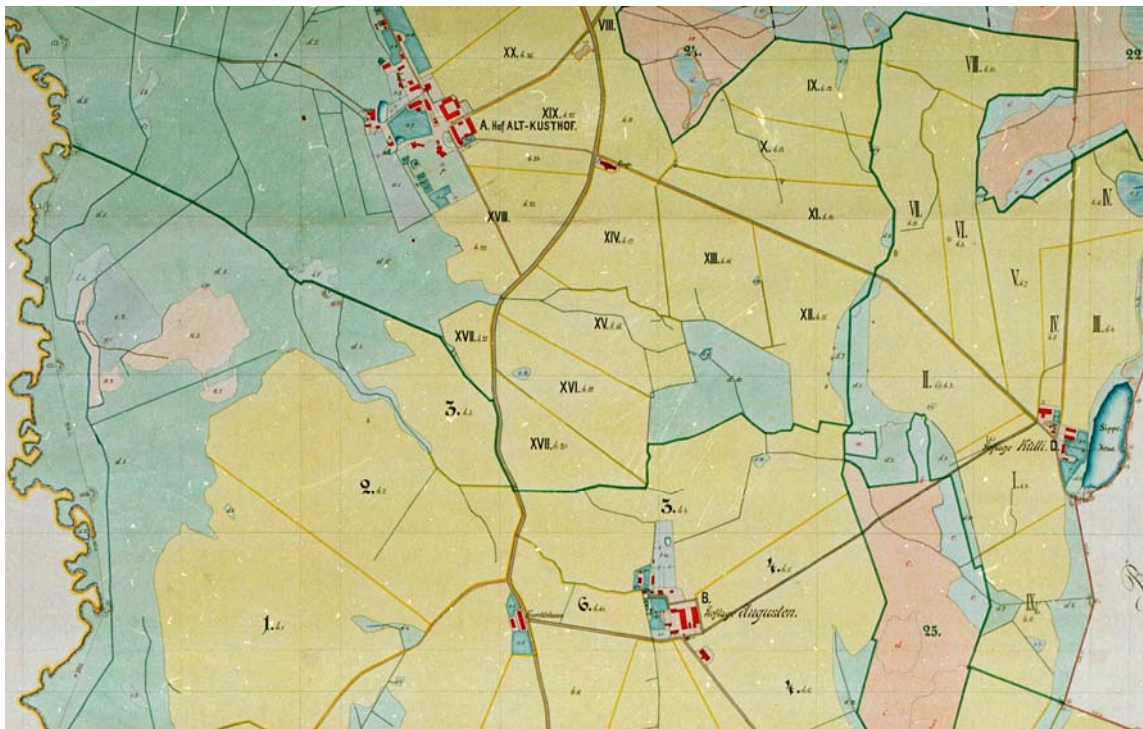
Joonis 1. Eesti põhikaart. 1995. a.



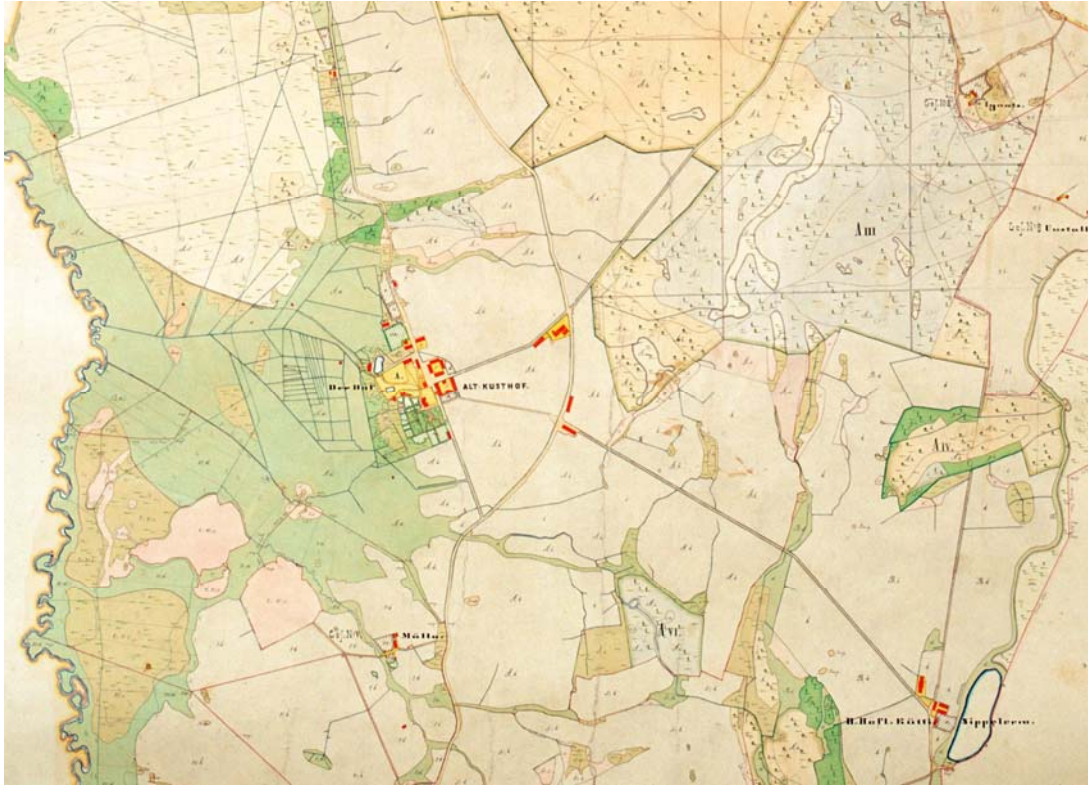
Joonis 2. Kolhoos „Vambola”. 1963. a.



Joonis 3. Nõukogude Liidu topograafilise kaardi lehed o-35-66-•-a ja o-35-66-•-b, 1947. a.



Joonis 4. Karte von den Hofsländereien des im Livländischen Gouvernment, Jurjewschen Kreise und Cambyschen Kirchspiele belegenen Privatgutes Alt-Kusthof. 1914. a.



Joonis 5. Charte von dem Hofe und d. Hofsländereien des im Livl. Gouvernment Dörptschen Kreise und Kambischen Kirchspiele belegenen Privatgutes Alt-Kusthof. 1873. a.



Joonis 6. Geometrische Charte von Alt-Kusthoff und dessen Feldern. 1799. a.

Lisa 2.

Aegreas kasutatud kaardimaterjali metaandmed

| Nr. | Kaardi nimetus  | Valmistamise aeg | Valmistaja                            | Mõõtkava nimetaja | Mõõtmed (cm) | Alusmaterjal   | Asukoht                  |
|-----|---|------------------|---------------------------------------|-------------------|--------------|----------------|--------------------------|
| 1   | Geometrische Charte von Alt-Kusthoff und dessen Feldern   | 1799             | Dreyer, Otto Gustav                   | 10400             | 78 X 71      | paber          | EAA: F 2072<br>N 5 S 399 |
| 2   | Charte von ein Theil des Alt-Kusthofschen Waldes und einige Heuschlaege gemessen 1801   | 1801             | Dreyer, Otto Gustav                   | 5200              | 94 X 71      | paber          | EAA: F 2072<br>N 5 S 400 |
| 3   | Charte von der Hoflage Kütty und Roddi-Gesinde zu Alt-Kusthoff  | 1801             | Dreyer, Otto Gustav                   | 5200              | 71 X 50      | paber          | EAA: F 2072<br>N 5 S 425 |
| 4   | Geom. Charte vom Kustschen Dorffe zu Alt-Kusthoff   | 1801             | Dreyer, Otto Gustav                   | 5200              | 82 X 97      | paber          | EAA: F 2072<br>N 5 S 427 |
| 5   | Charte von denen Gesindern Labby, Poekka, lissi, Lally, und die Mühle, wie auch Timso und Waska, zu Alt-Kusthof gehörig                         | 1801             | Dreyer, Otto Gustav                   | 5200              | 50 X 84      | paber          | EAA: F 2072<br>N 5 S 429 |
| 6   | Charte vom Hofs Walde und Gesinde Metza Margus  | 1799             | Dreyer, Otto Gustav                   | 5200              | 71 X 50      | paber          | EAA: F 2072<br>N 5 S 430 |
| 7   | Charte von einem Theile der Hofsländereien des Privatgutes Alt-Kusthoff.Fol.II  | 1873             | Intelmann, Leopold                    | 5200              | 160 X 118    | Tekstiil+Paber | EAA: F 2072<br>N 5 S 405 |
| 8   | Karte von den Hofsländereien des im Livländischen Gouvernement, Jurjewschen Kreise und Cambyschen Kirchspiele belegenen Privatgutes Alt-Kusthof | 1914             | Grünberg, Otto                        | 4200              | 220 X 144    | Tekstiil+Paber | EAA: F 2072<br>N 5 S 408 |
| 9   | NSVL Relvajõudude Kindralstaabi topograafilise kaardi leht o-35-66-6-a  | 1947             | Kartograafia ja Geodeesia Peavalitsus | 25000             | 35 X 46,5    | paber          | Regio kaardikogu         |
| 10  | NSVL Relvajõudude Kindralstaabi topograafilise kaardi leht o-35-66-6-b  | 1947             | Kartograafia ja Geodeesia Peavalitsus | 25000             | 35 X 46,5    | paber          | Regio kaardikogu         |
| 11  | Kolhoos "Vambola"   | 1963             |                                       | 10000             | 59 X 79      | paber          | Regio kaardikogu         |
| 12  | Eesti põhikaart   | 1995             | Eesti Maa-amet                        | 10000             | –            | –              | TÜGI                     |

Lisa 3.

Maakatte klassifikatsiooniskeem

Tabel 1. Maakatteklassid (1-10) ning neid moodustavad nähtused aastate (1800-1995 a.) kaupa. x – klass puudub kaardil

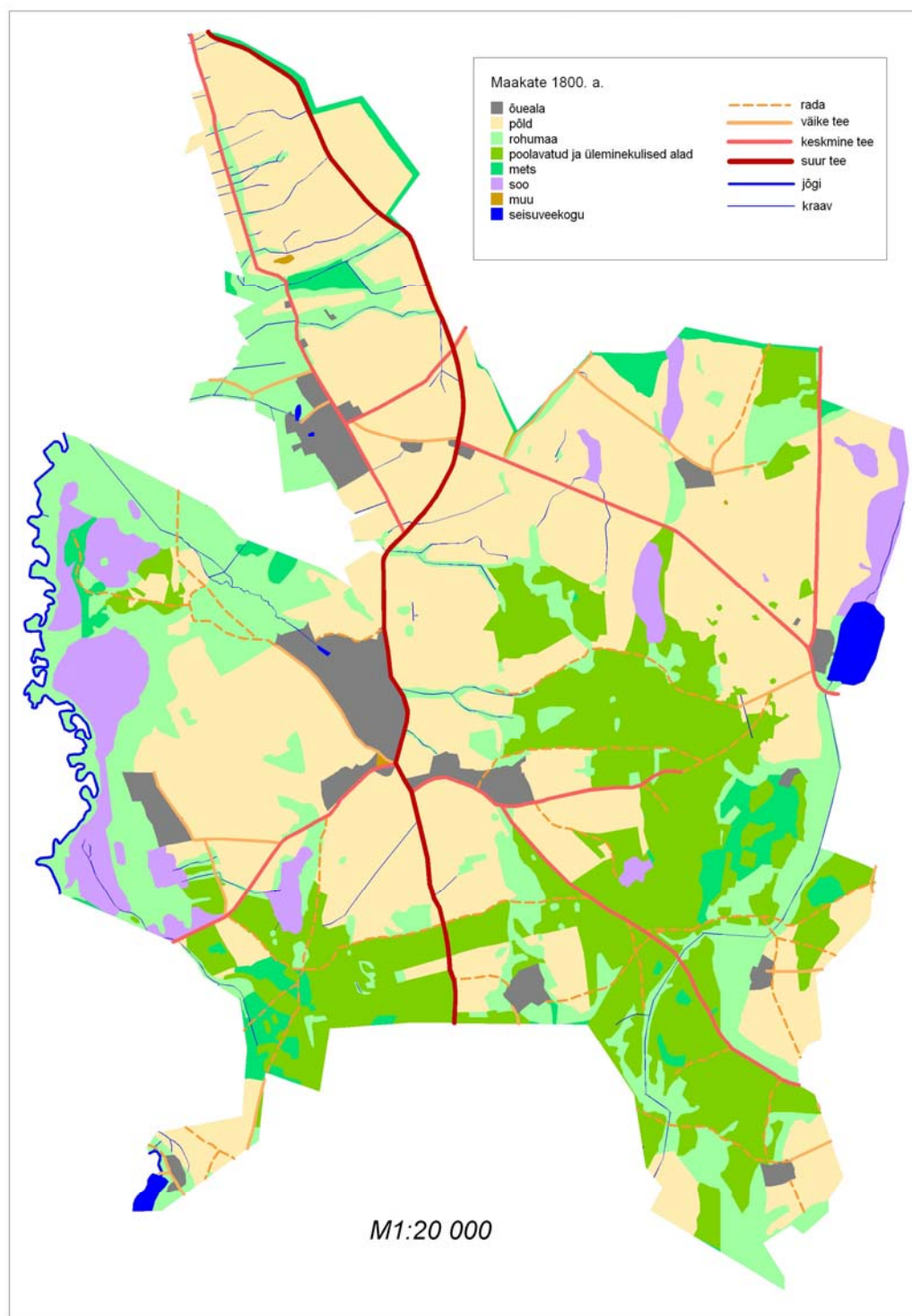
| Aasta |                                   | 1800   |                            | 1873                               |                            | 1914                                 |                            | 1947                             |                            | 1963                                |                            | 1995                                 |
|-------|-----------------------------------|--|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Nr.   | Klass                             | Nähtus kirjeldatud   | Nähtus ainult kaardipildis | Nähtus kirjeldatud                 | Nähtus ainult kaardipildis | Nähtus kirjeldatud                   | Nähtus ainult kaardipildis | Nähtus kirjeldatud               | Nähtus ainult kaardipildis | Nähtus kirjeldatud                  | Nähtus ainult kaardipildis | Nähtus kirjeldatud                   |
| 1     | õueala                            | Gehoft<br>Garten<br>Obstgarten   | haljasala, park            | Hofraum<br>Gärten                  |                            | Gehöft und Gebäude<br>Gärten         |                            | дворы                            |                            | viljapuu- ja marjaaiad              | õu                         | õu<br>aed<br>hoone                   |
| 2     | põld                              | Acker<br>Felder  |                            | Brustacker                         |                            | Ackerland                            |                            | поле                             |                            |                                     | põld                       | põld                                 |
| 3     | rohumaa                           | Heuschlag<br>Weide   |                            | Heuschlag<br>Weide                 |                            | Heuschlag<br>Weide                   |                            | луга<br>мокрые луга              |                            | heinamaa<br>karjamaa<br>karjakoppel |                            | rohumaa<br>looduslik rohumaa         |
| 4     | poolavatud ja üleminekulised alad | Buschland<br>Wald und Weyde mit Dannen, Bircken betragen<br>Streu Heuschlag<br>Weide mit Strauch bewachsen |                            | Buschland                          |                            | x                                    |                            | луг с кустами<br>вырубленный лес |                            |                                     | põõsastik                  | põõsastik                            |
| 5     | mets                              | Wald<br>Dannen und Grähnen<br>Bircken  |                            | Tannenwald, Grenenwald<br>Laubwald | haljasala, park            | Kiefernwald, Fichtenwald<br>Laubwald | haljasala, park            | лес                              | haljasala, park            |                                     | mets<br>haljasala, park    | mets<br>noor mets<br>haljasala, park |

Tabel 1 (järg).

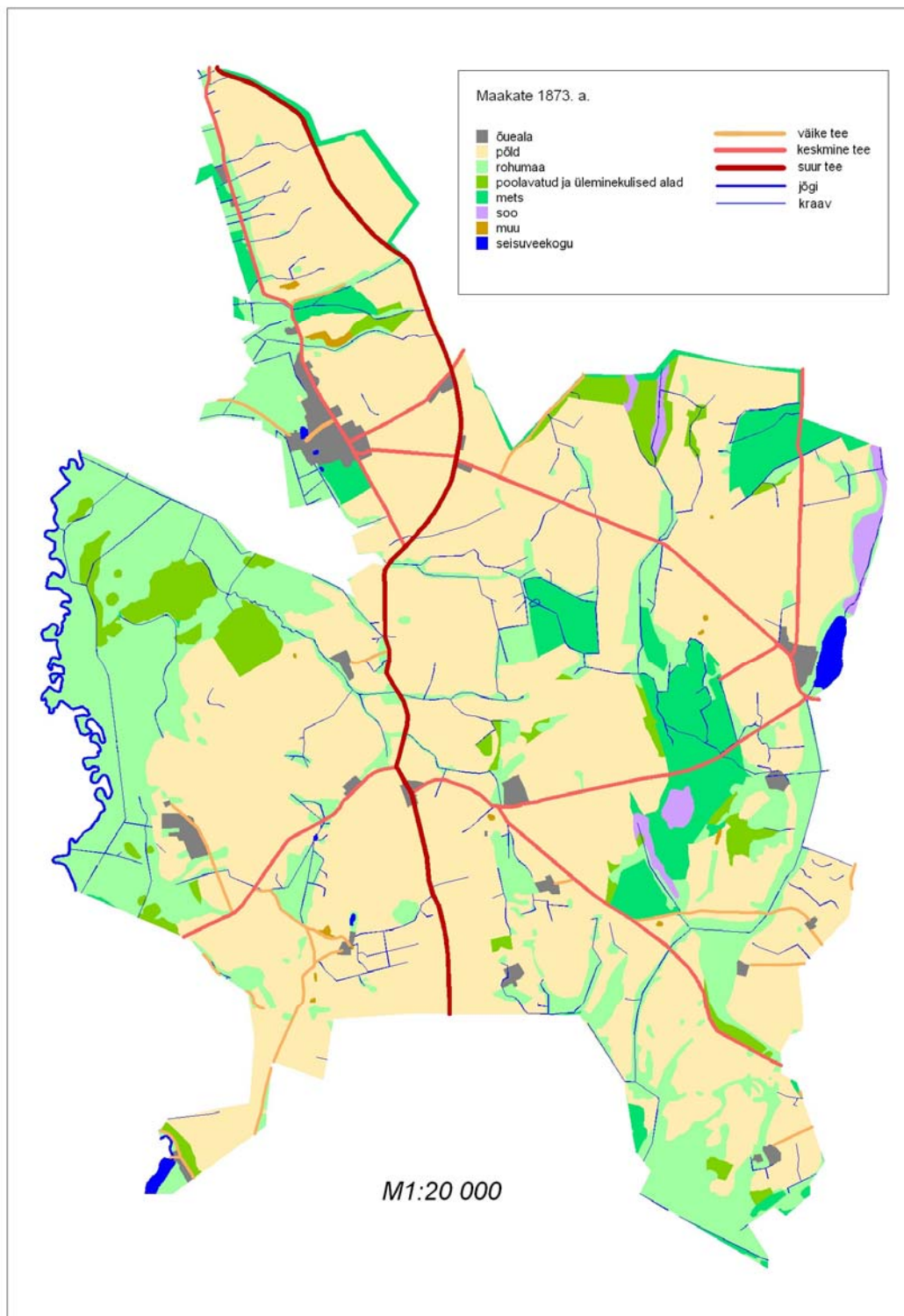
| Nr. | Aasta        | 1800                 |   | 1873                        |                                       | 1914                               |                            | 1947  |                            | 1963               |  | 1995  |
|-----|--------------|----------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|---|----------------------------|--------------------|--|---|
|     | Klass        | Nähtus kirjeldatud   | Nähtus ainult kaardipildis                    | Nähtus kirjeldatud          | Nähtus ainult kaardipildis            | Nähtus kirjeldatud                 | Nähtus ainult kaardipildis | Nähtus kirjeldatud  | Nähtus ainult kaardipildis | Nähtus kirjeldatud | Nähtus ainult kaardipildis                       | Nähtus kirjeldatud  |
| 6   | soo          | Morast<br>Moosmorast |   | Moosmorast<br>Strauchmorast |                                       | Moosmoor<br>Grünlandmoor           |                            | x   |                            |                    | soo  | madalsoo  |
| 7   | seisuveekogu |                      | järv<br>paisjärv<br>tiik                      | Gewässer                    | järv<br>paisjärv<br>tiik              | Gewässer                           | järv<br>paisjärv<br>tiik   | озера   | paisjärv                   |                    | järv<br>paisjärv<br>tiik                         | järv<br>muu veekogu   |
| 8   | vooluveekogu |                      | jõgi<br>oja<br>kraav                          | Gewässer                    | jõgi<br>oja<br>kraav                  | Gewässer                           | jõgi<br>oja<br>kraav       | реки<br>каналы > 3<br>м<br>каналы < 3<br>м  |                            |                    | jõgi<br>oja<br>kraav                             | jõgi<br>oja<br>kraav  |
| 9   | teed         |                      | suur tee<br>keskmise tee<br>väike tee<br>rada | Wege                        | suur tee<br>keskmise tee<br>väike tee | Strasse<br>Weg                     | väike tee                  | шоссе<br>гравийные и<br>грунтовые<br>дороги<br>грунтовые<br>дороги<br>полевые и<br>лесные<br>дороги<br>железные<br>дороги |                            |                    | suur tee<br>keskmise tee<br>väike tee<br>raudtee | kõrvalmaantee<br>tugimaantee<br>kohalik tee<br>pinnasetee<br>tänav<br>rada<br>raudtee |
| 10  | muu          | Impedimente          |   | Impedimente                 |                                       | Impedimente<br>Lehme<br>Grandgrube |                            | x   |                            | x                  |  | jäädmaa<br>muu lage   |

Lisa 4.

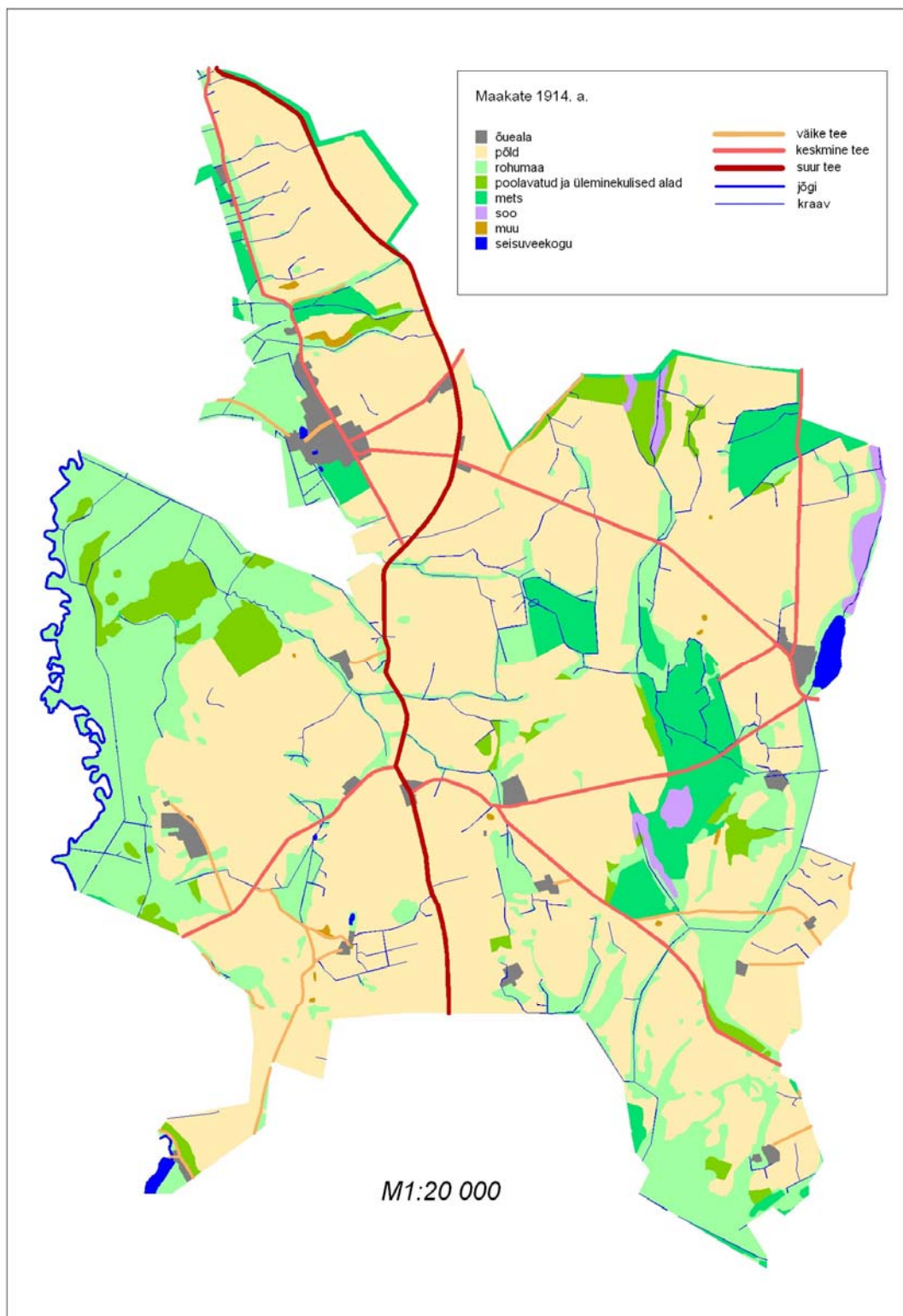
Maakate testalal 1800-1995. a.



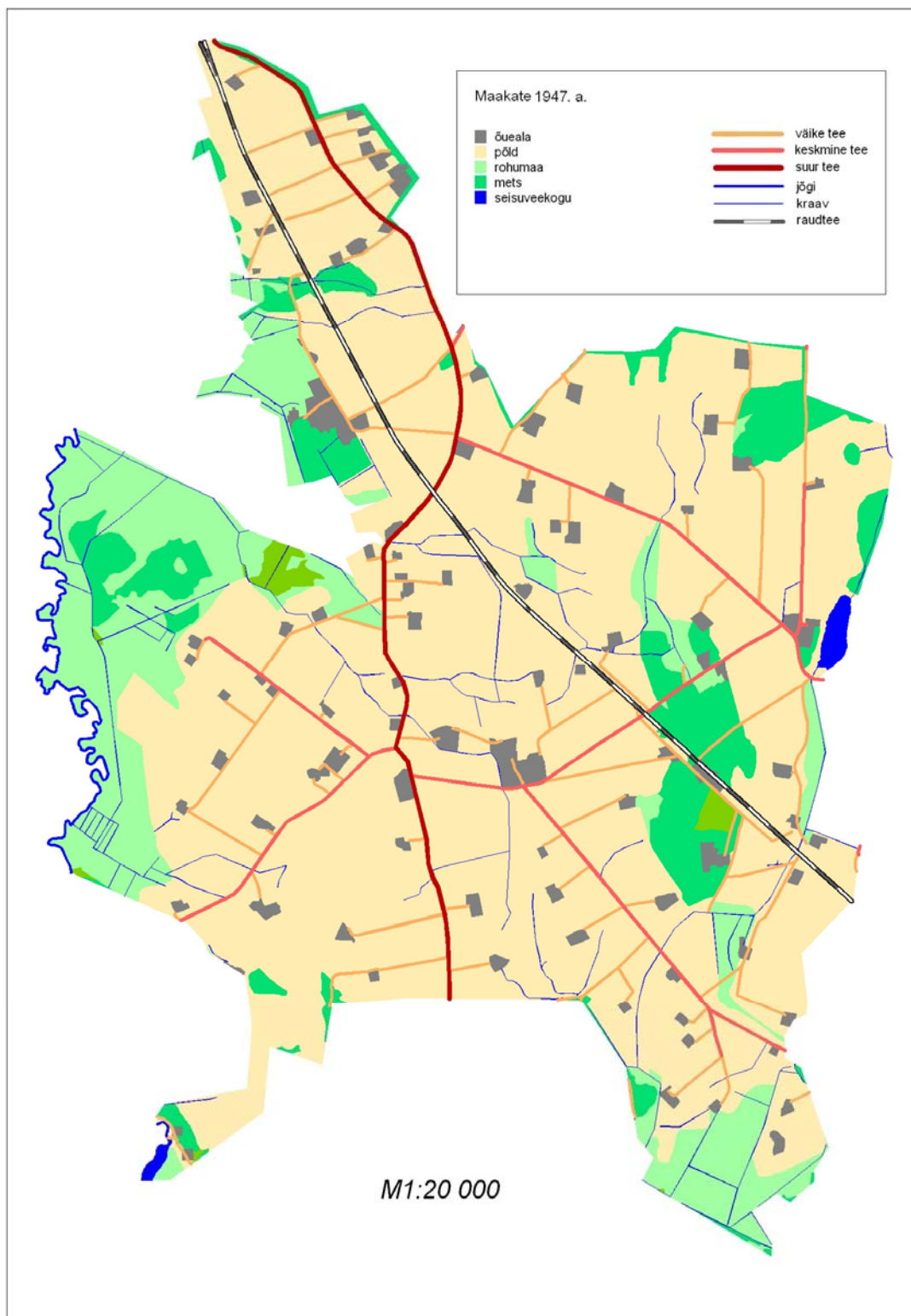
Joonis 1. Maakate 1800. a.



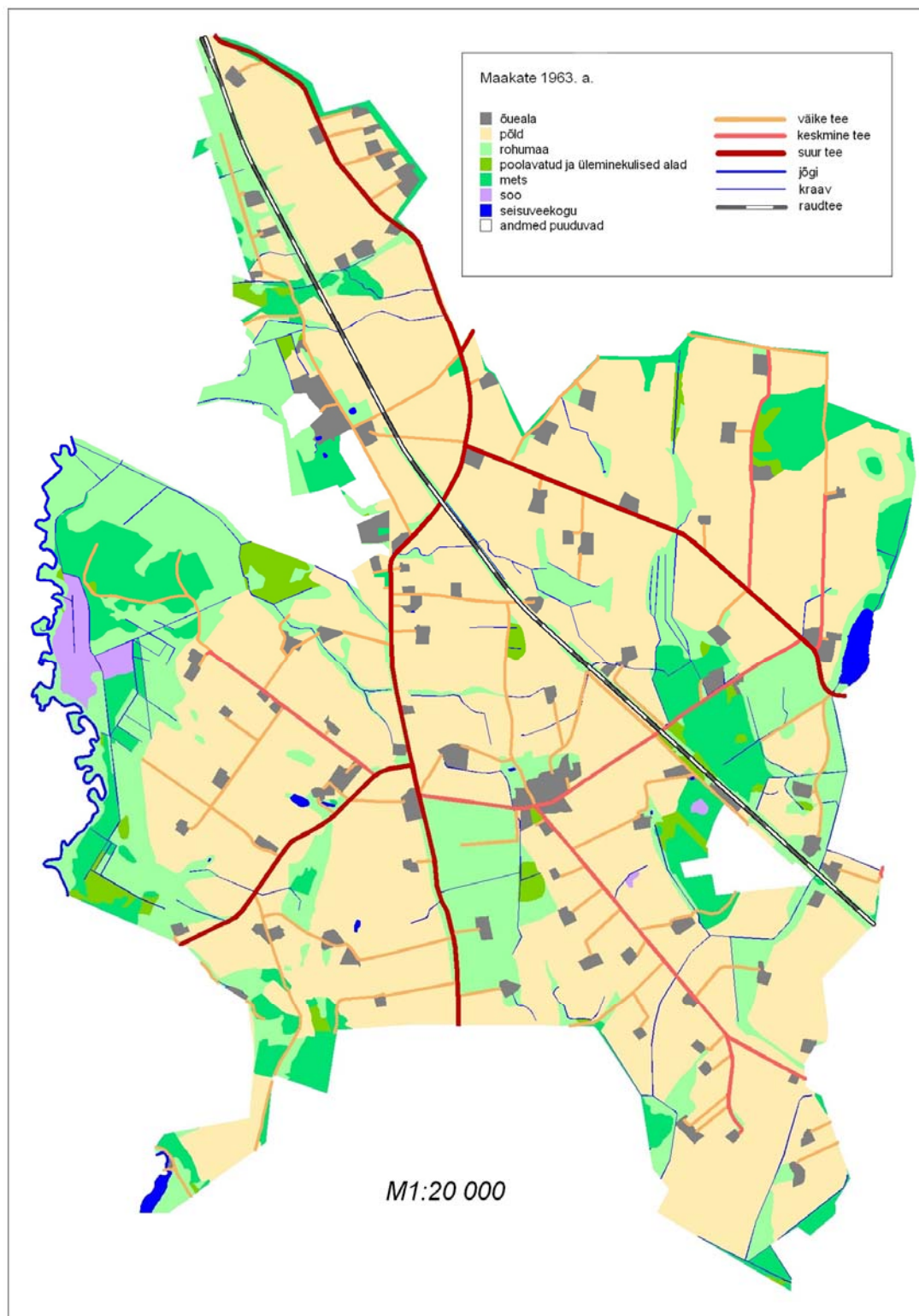
Joonis 2. Maakate 1873. a.



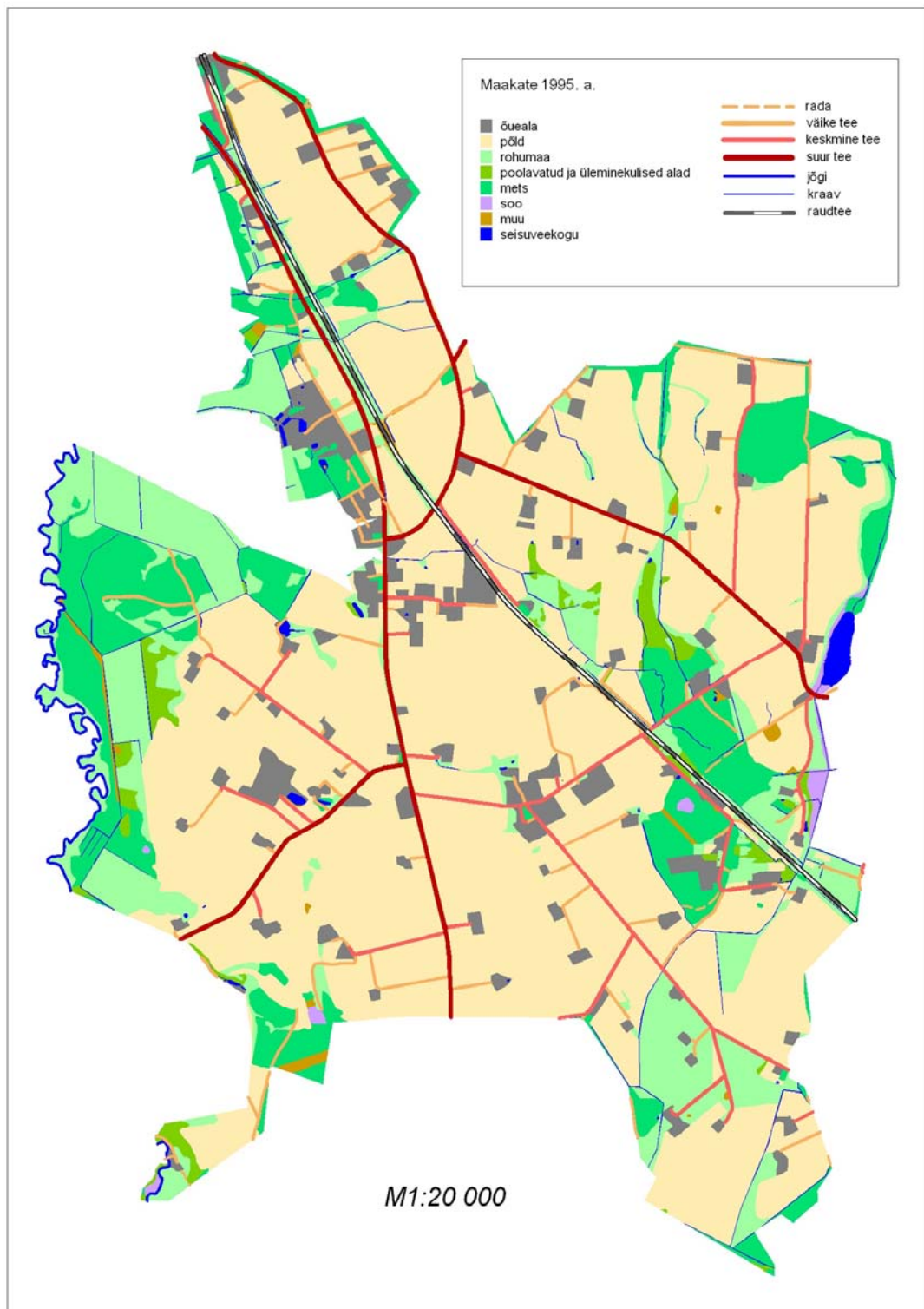
Joonis 3. Maakate 1914. a



Joonis 4. Maakate 1947. a.



Joonis 5. Maakate 1963. a.



Joonis 6. Maakate 1995. a.

Lisa 5.

Testala mullastik

