

Seminarieuppsatser nr 114

Småvatten då och nu

En förändringsstudie av småvatten i Skåne och deras
kväveretentionsförmåga



Peter von Barth

2005
Centrum för Geobiosfärvetenskap
Naturgeografi och Ekosystemanalys
Lunds Universitet
Sölvegatan 12
223 62 Lund



Småvatten då och nu
En förändringsstudie av småvatten i Skåne och deras kväveretentions
förmåga

Peter von Barth, 2005-09-11
Magisteruppsats i Naturgeografi och Ekosystemanalys

Handledare:
Anna Broström
GIS-centrum, Lunds Universitet

Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemanalys,
Lunds Universitet

Abstract

Wetlands play an important role in the ecosystem. They reduce the impact of flow flux in the drainage area, acts as upholder of biodiversity, as an esthetic and recreational component in the landscape and they have the ability to reduce nutrients such as nitrogen, and help preventing eutrophication in costal areas.

The number of wetlands in Scania have, due to the intensified agriculture been reduced to maximize the area suitable for crops.

However since the mid 80th the consequences of this has been acknowledged, and many wetlands have been restored.

This master's thesis aim to see what impact this development have had on wetlands in Scania over the last 60 years. And also look at some of those factors important for the efficiency of nitrogen removal in wetlands. During the process a detailed manual for inventories of this sort was created.

The material used to execute the inventory of wetlands where aerial photographs over Scania from the 1940th, 1980th and 2000. 30 5*5km picture frames over Scania were randomly chosen and systematically scanned for wetlands using remote sensing. The wetlands were then onscreen digitalized in a GIS.

Area and numbers were then analyzed along with some spatial features important for nitrogen retention, such as location in the landscape, land cover use and distance to the ocean.

The results show that the number of wetlands was vastly reduced between the 1940th and the 1980th, and then a slight increase in 2000. Wetlands with the possibility to reduce nitrogen outflow were also reduced between the 1940th and the 1980th, but have its highest number today. The total area of wetlands however is higher today then in the 1940th. The area of wetlands with the possibility to reduce nitrogen outflow has been increasing throughout.

The biggest change is found in small wetlands with an area less then 1 hectare.

Wetlands have decreased in farmland but increased in grassland.

Overall the study shows that the potential for nitrogen retention has been improved, but nutrients in costal water show no reduction in concentration.

Sammanfattning

Småvatten är en svacka eller hålighet som är vattenfylld året om. Dessa småvatten fyller många viktiga funktioner i naturen. De fungerar som utjämnare av flödesvariationer, uppehållsplatser och födoplats för många djur och växter och som rena estetiska inslag i naturen, och inte minst som reningsplatser för oönskade näringsämnen så som kväve.

Dessa småvatten har i takt med en intensifiering av jordbruket i Skåne försvunnit från landskapet, genom dikning och dränering för att öka den odlingsbara ytan.

Detta har lett till en utarmning av naturen, och ett ökat utsläpp av näringsämnen till våra hav.

På senare år har dock insatser gjorts för att bromsa denna utveckling och småvatten har återskapats och restaurerats.

Denna rapport syftar till att se hur förändringen av småvatten sett ut från 1940-talet och fram tills idag. Jag har också försökt att titta på ett antal faktorer som är viktiga för att småvatten ska fungera som kväverensare.

Rapporten är ett samarbete mellan Länsstyrelsen i Malmö och GIS-centrum vid Lunds Universitet.

Arbetet gick i första hand ut på att utarbeta en metodik för att kunna utföra en storskalig inventering av småvatten i Skåne under en lång tidsperiod.

Grundmaterialet bestod av flygfotografier över Skåne från 1940-talet 1980-talet och 2000-talet.

Ur materialet slumpades 30 rutor à 5*5km ut som var slumpvis fördelade över Skåne. Dessa rutor inventerades på småvatten genom skärmdigitalisering i ett GIS.

Digitaliseringen genomfördes av tre personer, och resultatet kontrollerades genom noggrannhetsutvärdering och fält kontroll.

Sedan analyserades småvattnen med avseende på area och antal, markanvändning runt dem, förändring i åker och skogsregioner, samt ett antal parametrar viktiga för kväverensningspotential.

Resultaten visar att metodiken för att genomföra en inventering av detta slag var tillfredsställande vad gäller area- och antalsförändringen, men den var inte optimal för att vidare undersöka kväverensningspotential för småvatten.

Antalet småvatten hade nästan halverats mellan 1940-talet och 1980-talet men visade sedan en uppgång till 2000-talet. Småvatten som kan bidra till minskad kvävetransport till havet minskade endast något mellan 1940-talet och 1980-talet och har sitt högsta värde idag.

Arean för alla småvatten minskade också något först men har sitt högsta värde idag.

Småvatten som kan bidra till minskad kvävetransport till havet har ökat sin area genomgående.

Den största förändringen av småvatten visar sig vara de minsta småvattnen. De är främst dess som har först försvunnit och sedan tillkommit igen. Småvatten har främst försvunnit från åker och tillkommit i gräsmark.

Rapporten ger vissa indikationer på att kväverensningspotentialen har blivit bättre men mätningar av kustvattnet visar inga tendenser på minskat kväveläckage. Förmodligen beroende på ökade utsläpp.

1.INTRODUKTION	5
1.1 BAKGRUND	5
1.1.1 Småvatten	5
1.1.2 Kväveretention.....	8
1.2 SYFTE.....	12
2. STUDIEOMRÅDET	13
2.1 GEOLOGI	13
2.2 VEGETATION	14
2.3 HYDROLOGI	14
2.4 KLIMAT	15
3. MATERIAL	19
4. METOD	22
4.1 FLYGBILDSTOLKNING OCH SKÄRMDIGITALISERING.....	22
4.1.1 Exempel på digitaliseringar	24
4.1.2 Noggrannhetsutvärdering och fältkontroll.....	27
4.1.3 Fältbesök	28
4.1.4 Geokorrigerig av 1980-tals bilder.....	30
4.2 ANALYS	31
4.2.1 Småvatten med genomflöde	31
4.2.2 Antal och area förändring	32
4.2.3 Markanvändning kring småvatten	33
4.2.4 Förändring av småvatten med genomflöde i åker och skogs rutor.....	33
4.2.5 Avståndet till havet	33
5. RESULTAT	34
5.1 NOGGRANNHETSUTVÄRDERING	34
5.1.1 Noggrannhet 1940-talet.....	34
5.1.2 Noggrannhet 2000-talet.....	35
5.1.3 Noggrannhet i fält.....	36
5.2 SMÅVATTENSFÖRÄNDRING	37
5.2.1 Antal och Area förändring.....	37
5.2.3 Markanvändning kring småvatten	47
5.2.4 Förändringen i åker- och skogsrutur.....	49
5.2.5 Avstånd till havet	50
5.2.6 Andel småvattensyta/ yta avrinningsområde.	50
6. DISKUSSION	52
6.1 METODIK.....	52
6.1.1 Digitalisering och noggrannhet.....	52
6.1.2 Analys	53
6.2 SMÅVATTENSFÖRÄNDRING	54
6.3 FÖRÄNDRING I KVÄVERETENTIONS POTENTIAL	54
7. SLUTSATSER	56
7.1 METODIK.....	56
7.2 SMÅVATTENSFÖRÄNDRING	56
8. FRAMTIDEN	58
9. REFERENSER	59

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

1.1.1 Småvatten

I takt med utvecklingen av det storskaliga jordbruket i södra Sverige har våtmarker och småvatten försvunnit genom utdikning och dränering för att öka den odlingsbara ytan. Förlusten av småvatten har haft negativa konsekvenser genom ökat läckage av närsalter såsom kväve i vattendrag, vilket resulterat i övergödning av kustnära hav. Det har även lett till en utarmning av landskapets diversitet och den biologiska mångfald som är knuten till småvatten (Prade, 2004).

Ett småvatten är en svacka eller hålighet i landskapet som är vattenfylld under hela året (Larsen, 1988). Den övre gränsen för hur stor håligheten får vara för att klassas som ett småvatten varierar. I detta arbete används en modifiering av Bendtsens (2003) indelning i sju storleksklasser mellan 0.00009-50 Hektar. Småvatten har många ursprung och utseenden. Till dem som uppkommit naturligt hör: gravsjöar som är vattenfyllda förkastningsprickor, dödisgropar som bildats när inlandsisen smälte och sedan vattenfylldes, korvsjöar som är en avknoppning av ett meandrande vattendrag, översvämningssjöar samt instängda laguner. Småvatten har även uppkommit genom människans försorg, till dessa så kallade kulturbetingade småvatten räknas mangelgravar, vattenfyllda torvtäcker, jägardammar och vatten för fisk- och kräftodling (Larsen, 1988).

Småvatten fyller många viktiga ekosystemtjänster, såsom:

- **Vattenrening:** Småvatten kan reducera närsalter och föroreningar. De tar hand om diffusa utsläpp från t.ex. jordbruket och fungerar som ett steg i avloppsreningen.
- **Produktion och resursåtervinning:** Småvatten kan producera bioenergi och återföra näringsämnen till jordbruksmark.
- **Vattenmagasinering:** Småvatten kan utjämna flödesvariationer och magasinerat vatten kan användas för bevattning.
- **Biologisk mångfald:** Småvatten fungerar som tillfälliga eller permanenta platser för födosök, förökning och rastplats för många arter.

- **Upplevelse:** Småvatten används för rekreation, friluftsliv, sportfiske, jakt, fågelskådning, naturupplevelse, turism och pedagogiska ändamål.

(Tonderski et al, 2002)

Småvattens och våtmarkers betydelse har på senare år uppmärksamrats mycket inom natur- och miljöövervaknings områdena. Här i Sverige har vi tagit ett aktivt ansvar för att förbättra situationen i våra vattendrag.

Redan 1971 skrev Sverige på den s.k. Ramsarkonventionen efter den plats i Iran där konventionen antogs. Det är den första moderna konventionen som syftar till bevarandet och det hållbara utnyttjandet av en viss typ av naturresurs, nämligen våtmarker. (Naturvårdsverket, 2005)

Bland de åtaganden som följer med konventionen kan nämnas:

- Att inkludera bevarandet av våtmarker vid planering av markanvändning.
- Att bilda naturreservat
- Samarbete mellan länder som delar våtmarker.
- Att utpeka och bevara minst ett våtmarksområde till listan över internationellt värdefulla våtmarker (Ramsarlistan)

Sverige har hittills namngett 51 sådana områden som totalt omfattar 5152m². (www.naturvårdsverket.se 2005-05-14)

1992 medverkade Sverige vid den internationella miljökonferensen i Rio de Janeiro och undertecknade Riodeklarationen.

Syftet med konferensen var ett uttryckligt erkännande av det faktum att ekonomisk försämring och miljöförstöring hör samman och att skyddet av miljön måste ses som en integrerad del av utvecklingsprocessen. Begreppet ”hållbar utveckling” genomsyrade konferensen. Syftet var att utarbeta strategier och åtgärder för att stoppa miljöförstörelsen, genom att förstärka nationella och internationella ansträngningar och att främja en hållbar och miljömässigt sund utveckling i alla länder. (Mahmoudi, & Rubenson, 2004)

En av dessa strategier som utarbetats är Agenda 21 vars mål är att på lång sikt uppnå hållbar utveckling på jorden. Som en del i denna strategi har regeringen satt upp 15 nationella miljö kvalitetsmål. Småvatten och våtmarker har stor betydelse för att nå flera av dessa.

Främst gäller det målen Myllrande våtmarker, Levande sjöar och vattendrag, Ett rikt odlingslandskap, Hav i balans och Ingen övergödning. (Bendtsen, 2003)

Sverige är sedan den 31:e Mars 2004 uppdelat i 5 vattendistrikt med tillhörande myndighet. Uppdelningen är gjord med utgångspunkt från de större havsbassängerna. Denna uppdelning gjordes för att genomföra EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG).

Ramdirektivet är ett ramverk för all vattenplanering och vattenvård inom EU. Ramdirektivet omfattar både ytvatten och grundvatten. Direktivet avser inte enbart vattenkvalitet utan hela vattenmiljön. Detta innebär en ambitionshöjning när det gäller vattenarbetet såväl i Sverige som i hela EU (Länsstyrelsens meddelandeserie, 2004:4). Skåne tillhör Södra Östersjöns vattendistrikt och vars myndighet sitter på länsstyrelsen i Kalmar (www.vattenportalen.se 2005-05-16).

Direktivets övergripande mål är att:

- Skydda och förbättra tillståndet i vattens ekosystem samt hindra ytterligare försämringar.
- Eftersträva ett ökat skydd för och en förbättring av vattenmiljön, bl.a. genom att utsläpp och spill av vissa ämnen minskar eller upphör.
- Säkerställa att föroreningar av grundvatten gradvis minskar och att ytterligare förorening förhindras.
- Främja en hållbar vattenanvändning.
- Bidra till att mildra effekterna av översvämning och torka.

(Länsstyrelsens meddelandeserie, 2004:4)

Inom varje vattendistrikt skall ansvarande myndighet se till att åtgärdsplaner upprättas för all avrinningsområden. Myndigheten skall även enligt miljöbalken 8 § utföra tillsyn av dessa åtgärdsplaner (www.vattenportalen.se 2005-05-16).

1.1.2 Kväveretention

Miljö kvalitetsmålet, Ingen övergödning, har satts upp för att komma tillrätta med övergödningproblemen i våra hav. För Skånes del medför detta att man ska reducera kväveutsläppen till Skånes kustvatten med minst 25 % till år 2010 vilket motsvarar ca 4500 ton till nivån 12400 ton (Lästyrelsen i Skåne, 2003). Målet går inte att nå enbart genom åtgärder vid utsläppskällorna, vilket i första hand är jordbruket och avloppssektorn, utan åtgärder behöver också göras under transporten mellan utsläppskällan och recipienten. I denna process har småvatten en viktig funktion genom att fungera som kväveavskiljare.

Småvatten kan relativt okomplicerat avskilja det kväve som är ett resultat av läckage från jordbruksmark. Detta kväve föreligger till stor del som nitrat och kan förhållandevis lätt omvandlas till ofarlig kvävgas i en våtmark/småvatten genom okopplad heterotrof denitrifikation. Detta sker i områden med höga halter externt nitratkväve så som småvatten i jordbruksintensiva regioner (Eriksson & Weisner, 1997). I områden med lägre belastning av nitrat sker en kopplad nitrifikation - denitrifikation, vilket innebär att nitraten assimileras av växter och organismer och blir organiskt bundet (Eriksson & Weisner, 1999). Denna process är inte lika snabb och effektiv som den okopplade.

Hur mycket ett småvatten kan avskilja per yta är högst individuellt och beror på småvattnets heterogena egenskaper så som morfologi, klimatologi, hydrologi, ålder, placering i landskapet och vegetationssammansättning. Dessa heterogena egenskaper samverkar och är beroende av varandra. Morfologin kan påverka hydrologin i form av uppehållstid och även solinstrålningen som kan påverka temperaturen och vegetationssammansättningen som i sin tur påverkar de metaboliska processerna. Placeringen i landskapet är avgörande för kvävebelastningen, osv.

Utöver dessa egenskaper så är års variationer vanliga och beror på variationer i vattenflöde som ett resultat av nederbördsvariationer, och variationer i temperatur som påverkar de metaboliska processerna som gynnas av en högre temperatur (Tolleback, 2005).

För att kunna beräkna kväveretentionen i ett småvatten behöver man för att få ett bra resultat göra dagliga mätningar över ett långt intervall. Detta är inte kostnads och tids

effektivt och görs endast på ett fåtal småvatten. I annat fall görs beräkningar med hjälp av olika interpolations modeller (Svensson et al, 2004).

Kväveretention kan uttryckas som relativ respektive absolut retention. Den relativa retentionen är förhållandet mellan mängden kväve renat och den totala belastningen. Den absoluta retentionen är arealberoende och uttrycks i t.ex. kg/ha/år (Braskerud, 2002).

Då denna rapport är huvudsakligen en förändringsstudie av småvatten i stort och baserad på en flygbildsinventering så har det endast varit möjligt att studera vissa rent rumsliga attribut och storleksförändringar.

Några viktiga rumsliga attribut som inverkar positivt på kväveretentionen är beskrivna nedan.

- En grund förutsättning för att ett småvatten bidrar till minskad kvävetransport till havet är att det är en del i ett större avrinningsområde och kopplat till ett flöde som transporterar vattnet från kringliggande område till småvattnet och sen vidare till havet. Ett småvatten som inte är kopplat till ett flöde avvattnar endast en mycket begränsad yta t.ex. en åker, medan ett småvatten kopplat till ett flöde tar emot vatten från en stor yta och är en del av ett helt avrinningssystem.
- Avståndet till havet. Hur kustnära ett småvatten är spelar en stor roll när målet är att minska transporten av kväve till havet. Detta för att även om vattnet på dess väg till havet går igenom ett antal småvatten som renar det så tillförs hela tiden mer kväve från kringliggande mark. Ett kustnära småvatten blir en sista ”reningsplats” innan vattnet når recipienten. Näringsutsläpp från åkermark är allvarligast i kustnära områden som i Skåne, där uppehållstiden och magasineringen av vattnet är kort och ingen nämnvärd kväveretention hinner ske mellan källa och havet (Eriksson 2001).
- Anlagda eller återskapade småvatten bör vara placerade nedströms en större sjö. Detta för att inte minska den nuvarande reningsförmågan i området (Tonderski et al 2002). Att anlägga ett småvatten uppströms en större sjö är inte kostnads effektivt då det kväve som avskiljs ändå skulle ha försvunnit via

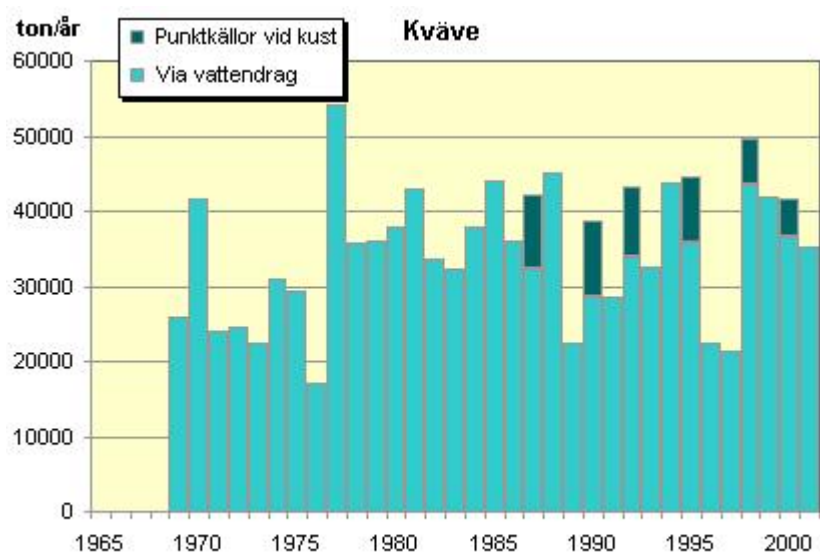
retention i avrinningsområdet på väg mot havet nedströms småvattnet (Svensson et al, 2004).

- Markanvändningen runt om småvattnet är av vikt då ett småvatten beläget i ett område med hög belastning av kväve, så som jordbruksmark eller bebyggelse har en effektivare retention enligt ovan nämnda process (Eriksson & Weisner, 1999). Vid beräkning av kväveretention genom regressions modeller används schablon värden på kväveutlakningskoefficienter för olika typer av markanvändning (Svensson et al, 2004).
- Andelen småvattens yta i ett avrinningsområde är en viktig faktor för att beräkna årlig kväveutlakning. Detta för att det styr den hydrauliska belastningen som beräknas som årlig avrinning* tillrinningsområdets yta/småvattens yta. Detta styr i sin tur den teoretiska uppehållstiden i avrinningsområdet (Svensson et al, 2004). Upphållstiden bör vara minst 2 dygn för att uppnå god retention (Tonderski et al, 2002).

I södra Sverige räknas ofta med en avskiljning på 500-1000 kg kväve per hektar och år. Erfarenheter visar dock att det ibland ligger under 500 kg/Ha*år och i vissa fall ända upp till 2000kg/Ha*år (Tonderski et al, 2002). Man skall dock komma i håg att potentiell avskiljning av kväve i ett småvatten inte är det samma som faktisk minskning av belastningen av kväve på recipient vatten. Detta framgår av ”Kävlingeåprojekte utvärdering av etapp I och II”.

Utfödet av kväve till havet via svenska vattendrag tilltog markant under 1970-talet, sannolikt främst på grund av ökat kvävenedfall från atmosfären och ökad kvävegödsling inom jordbruket. Trots flera olika slags åtgärder mot denna kvävebelastning på havet visar den hittills ingen långsiktig nedgång.

Näringstillförsel till egentliga Östersjön och Öresund



Tillförselns stora variationer från år till år beror i första hand på att näringsutflödet via vattendragen är kopplat till vattenföringen – hög vattenföring medför stort näringsutflöde och vice versa. Att näringsutflödet var ovanligt stort åren 1998 och 2000 berodde sålunda främst på att dessa år var våtare än normalt (Naturvårdsverket.se).

1.2 Syfte

Syftet med arbetet kan delas upp i två delar. Den första delen syftar till att genom digital flygbildsinventering och analys i GIS (Geografiska Informationssystem) undersöka förändringen av småvattens antal och area i Skåne mellan 1940-, 1980- och 2000-talet. Samt att utarbeta och dokumentera en metodik för denna typ av inventering och förändringsstudie. Det gjordes på uppdrag av Länsstyrelsen i Skåne län, och är en uppföljning av den småvattensinventering som gjordes i Malmöhus län i slutet av 1980-talet (Larsen, 1988). Detta är det egentliga syftet med arbetet och det är på utvecklingen av den omfattande metod delen som mest tid har lagts. Denna delen gjordes i samarbete med Jonny Andersson som har publicerat en egen rapport med en del liknande resultat.

Den andra delen, som har tillkommit senare och mest är ett försök att applicera denna inventering på ett annat område syftar till att undersöka hur ett antal faktorer som är viktiga för effektiviteten hos småvatten som kväverenare förändrats mellan 1940-, 1980- och 2000-talet.

En grundförutsättning för att småvattnet har en effekt på kvävetransporten till havet är att de är kopplade till någon form av genomflöde därför är det främst småvatten med genomflöde som analyserats i denna del studie. Dessa småvatten har även satts i relation till den totala småvattensförändringen (Andersson, 2004). Småvatten med och utan genomflöde har analyserats med avseende på

- Area och antals förändring.
- Förändring av kringliggande markanvändning.
- Förändring i Skånes åker- och skogsregioner.
- Avståndet till havet

2. Studieområdet

Studieområdet för detta arbete har varit landskapet Skåne där 30 rutor (5 *5 km) i rikets näts småruteindelning slumpades ut.

I grova drag kan man dela in Skåne i två delar, separerade av den tektoniska Tornqvistzonen som löper diagonalt från NV till SO. Denna tektoniska zon har gett upphov till Skånes åsar och horstar. Norra delen och södra delen om denna skiljer sig åt med avseende på berggrund, jordarter och markanvändning. Faktorer som alla kan påverka förekomsten och utvecklingen av småvatten. Södra delen karaktäriseras av sandsten, kalksten och skiffer. Jordarna är lerhaltiga moräner och svämsediment, som lämpar sig för jordbruk. Norra delen består mestadels av gnejs och jordarna är mer grovkorniga moräner och lämpar sig bäst för skogsbruk.

Tjugo av de slumpvis utvalda rutorna är belägna i åkerdominerad mark och tio i skogsdominerad mark.

Andra faktorer som kan vara av betydelse för förekomsten och utvecklingen för småvatten kan vara hydrologi och klimat.

2.1 Geologi

Skånes berggrund är i huvudsak uppdelad i diagonala stråk i nordvästlig - sydöstlig riktning. Tornqvistzonen är en tektonisk sprickzon som går från Simrishamnstrakten i sydöst och Kullaberg i nordväst. Norr om denna zon, med undantag av Kristianstadsområdet, återfinns urbergarterna gnejs och granit som är över 570 miljoner år gamla. I och söder om Tornqvistzonen samt i Kristianstadsområdet, förekommer främst yngre sedimentära bergarter som kalksten, sandsten och lerskiffer som varierar i ålder mellan 570 och 50 miljoner år (Figur 1 a). Den mest vanligt förekommande sedimentära bergarten är kalksten. De tektoniska rörelserna i Tornqvistzonen har i form av horstar gett upphov till Romeleåsen, Linderödsåsen och Söderåsen (Germundsson et al., 1999).

Jordarterna i Skåne bildades under den senaste isavsmältningen. De jordarter som dominerar Skåne är lerig morän/moränlera, isälvsavlagringar, och morän. I huvudsak följer jordarterna samma nordväst/sydöst diagonala utbredning som berggrunden. I

sydvästra Skåne och i Kristianstadtrakten återfinns de näringsrika jordarterna moränlera samt lera som gett upphov till Sveriges bästa odlingsjordar, detta beror på den sedimentära berggrunden, främst kalksten, som ger jordarna ett bra näringsinnehåll och den låga blockhalten som underlättar brukning av jorden. I Vombsänkan utbreder sig ett stort område med isälvsavlagringar där grus, sand och lera är de dominerande jordarterna vilket inte resulterat i lika gynnsamma odlingsförhållanden. I nordöstra Skåne med undantag av Kristianstadslätten är den dominerade jordarten morän som pga. av det underliggande urberget är relativt näringsfattigt (Figur 1 b) (Germundson et al., 1999).

2.2 Vegetation

Södra och västra Skåne karaktäriseras av ett jordbrukslandskap som utgörs av åker och öppen gräsmark. Norra samt nordöstra Skåne domineras av skog. Skånes markanvändning är fördelad mellan åker och öppen gräsmark mark (59 %), skog (32 %), våtmark (2 %), sjöar (1 %) och tätort (5 %). Skogsvegetationen utgörs av 60 % barrskog (gran och tall) och 30 % ädellövskog (alm, ask, avenbok, bok, ek, lind och lönn), 9 % björk samt 1 % övriga lövträd (Figur 1 c)(Germundsson et al., 1999).

2.3 Hydrologi

Avrinningen är ett mått på vattenflödet från ett område som bestäms av nederbördsstorlek, hur mycket som magasineras i grundvatten och markvatten som avdunstat till atmosfären. Avrinningen uttrycks vanligen i enheterna $l/s \cdot km^2$ eller $mm/år$ ($1 l/s \cdot km^2 = 31,5 mm/år$) (SMHI, 2002).

Skåne har tolv relativt små avrinningsområden som avvattnas av mindre åar med låg vattenföring (Figur 1 d). Avrinningen i Skånska vattendrag varierar från 12 till 30 $l/s \cdot km^2$ på vintern och är mindre än 6 $l/s \cdot km^2$ på sommaren (medelvärde 1985-2000) (SMHI, 2002). En mindre andel av nederbörden faller som snö och snösmältningen kan ske under flera perioder, vilket ger högre avrinning vintertid. Avrinningens säsongsvariation beror till stor del av avdunstningens variation som följer

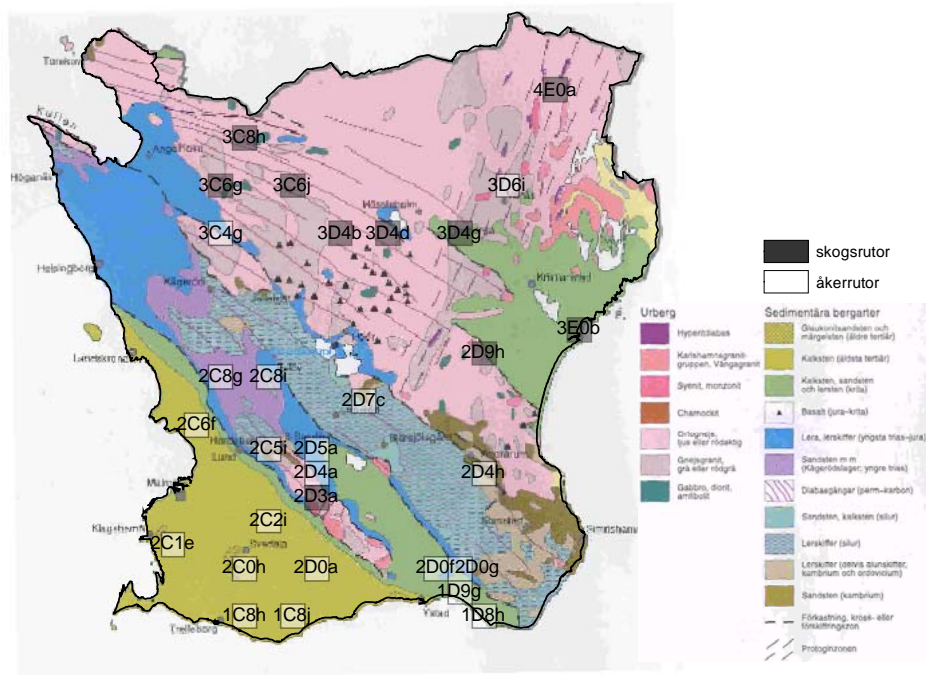
temperaturen under året och når sitt högsta värde sommartid och lägsta under senhöst och vinter.

Som tidigare nämnts har Skånes vattensystem genomgått stora förändringar sedan mitten av 1800-talet pga. sjösänkningar, dikning och uträtning av vattendrag vilket har lett till att vattnet fått en rakare väg ut i havet. Sjöar och småvatten har fungerat som stötdämpare i vattensystemet, vilket gör att när de försvunnit reagerar systemet mycket snabbare på regn och snösmältning. Det har resulterat i att uppehållstiden för vatten i systemet kortats och med den har den buffrande effekten på kvävetransporten ut i havet minskat (Tonderski et al., 2002).

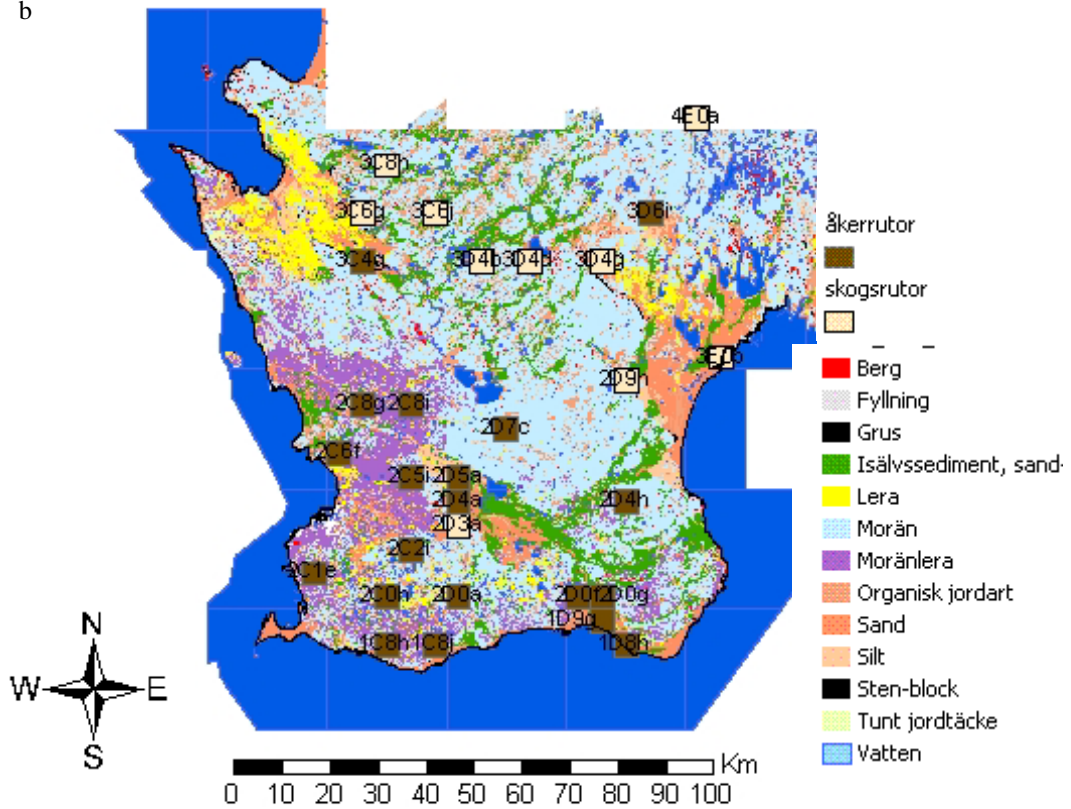
2.4 Klimat

Klimatet domineras året runt av västliga vindar från Nordatlanten. Årsmedeltemperaturen är 8 °C (Figur 2 e), den högsta månadsmedeltemperaturen inträffar i juli och är 16 °C. Den lägsta månadsmedeltemperaturen inträffar i januari och är -1 °C. Skåne har en årsmedelnederbörd på 661 mm (1961-1990) där nederbörden är lägst i Åhustrakten och Falsterbonäset och högst vid Hallandåsen (Figur 1 f) (Vedin, 2003).

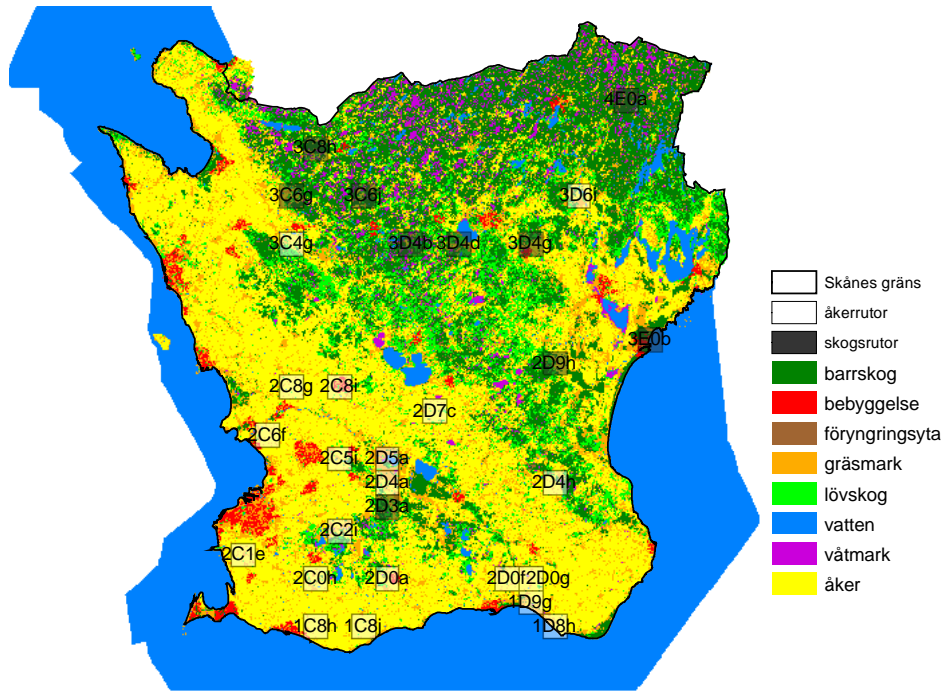
a



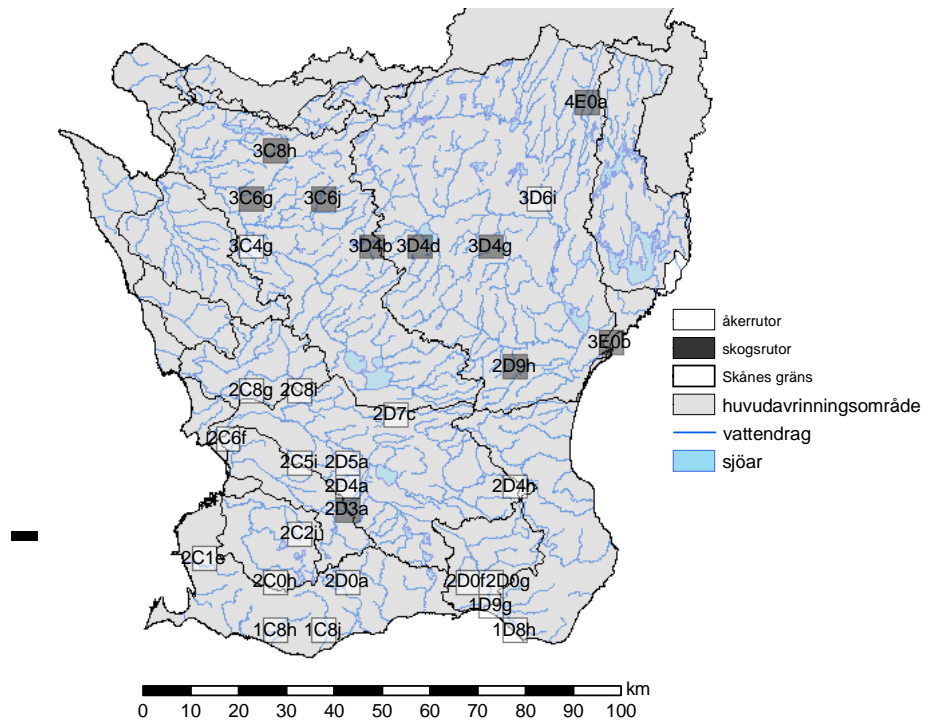
b

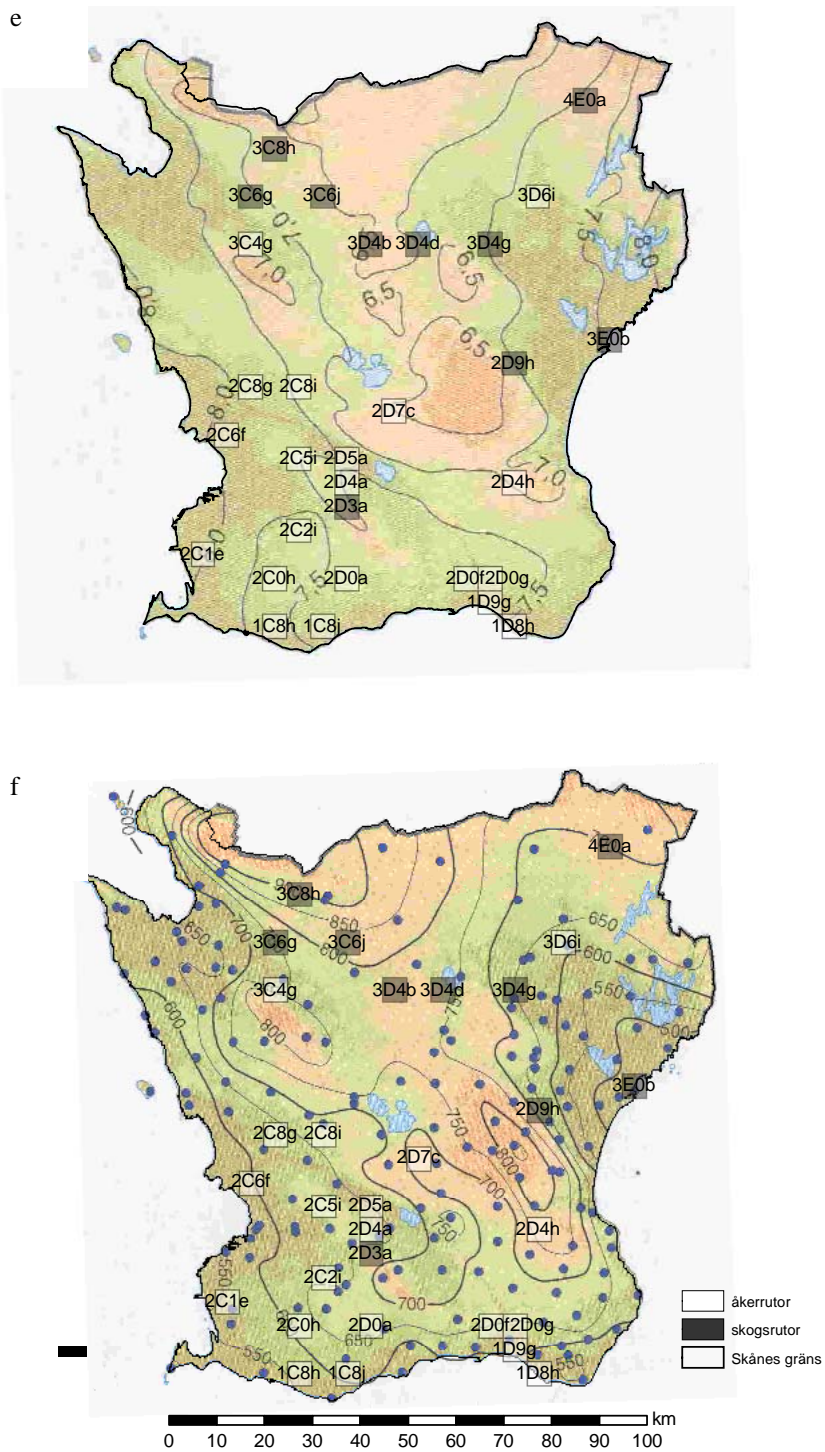


c



d





Figur 1. De trettio analyserade rutorna markerade på kartor över Skånes a) berggrund, b) jordarter, c) vegetation, d) hydrologi, e) medeltemperatur (°C) och f) medelnederbörd (mm) (från Germundsson et al., 1999).

3. Material

Grundmaterialet till denna studie har bestått av digital data som tillhandahållits av länsstyrelsen i Skåne Län, Lantmäteriverket och GIS-centrum vid Lunds Universitet, samt utifrån grunddata egen producerat material. För analys och beräkning har följande mjukvara använts: ArcGIS 8.3 och Microsoft Excel.

Som underlag för digitalisering har Digitala flygbilder i tag image file format (*.tif) använts. Flygbilderna täcker de trettio och är av varierande storlek och kvalitet från de olika tidsperioderna. Gemensamt är att de är fotograferade någon gång under vegetationsperioden maj-september.

- 1940-talsflygbilderna är svartvit pankromatiska ortofoton från åren 1939-1947, storlek 5x5 km
- 1980-talsflygbilderna är centralprojecerade (ej geometriskt korrigerade infraröda (IR) flygbilder från 1984-1988, storlek 7x7 km.
- 2000- tals flygbilderna är svartvit pankromatiska ortofoton från 1998-2002, storlek 5x5 km

Digital geografisk data i vektor format (shape, *.shp) som använts främst vid analys delen har varit:

- Markanvändningsdata indelade i marktyper som t ex åker, gräsmark, våtmark, lövskog, barrskog, och bebyggelse.
- Vattendrags- och hydrografiskdata innehållandes vattendrag med en bredd mindre än 6m. Större vattendrag redovisas som vatten och ingår i markanvändningsskiktet.
- Skikt från Röda Kartan för tätorter, kustlinjer, länsgränser, vattendrag, sjöar, och vägar, allmänna och enskilda.
- Data över avrinningsområden, huvud- och delavrinningsområden över Skåne.

Egen producerad data:

- Inventerings rutnät (Fishnet) som delar in flygbilderna i 10x10 mindre rutor (500x500 m) där varje ruta namngivits med smårutenamnet från Rikets-nät (RT-90) plus ett löpnummer från 1-100 från höger till vänster radvis
- Skikt med digitaliserade småvattenspolygoner i trettio kartrutor från de tre tidsperioderna.

- Skikt med en sammanslagning av det hydrologiska linjeskiktet och vattendragsskiktet, med en 25m buffert. Detta skiktet kommer hädanefter kallas vattendragsskiktet.
- Skikt med småvattenspolygoner som har in- och/eller utlopp, i trettio kartrutor från de tre tidsperioderna.
- Punktskikt med koordinaterna för småvattenpolygonernas centroider dvs mittpunkter.
- Punktskikt för vattendragens utlopp vid kusten i varje avrinningsområde

Tabell 1. Sammanställning av de digitala geografiska data som använts under projektet; dataskiktets namn, filformat (*.tif = template illustrator format, *.shp = shape; ArcGIS 8.3 vektorformat), datatyp, ägare samt producenten. Data producerade inom projektet indikeras (modifierat från Andersson, 2004).

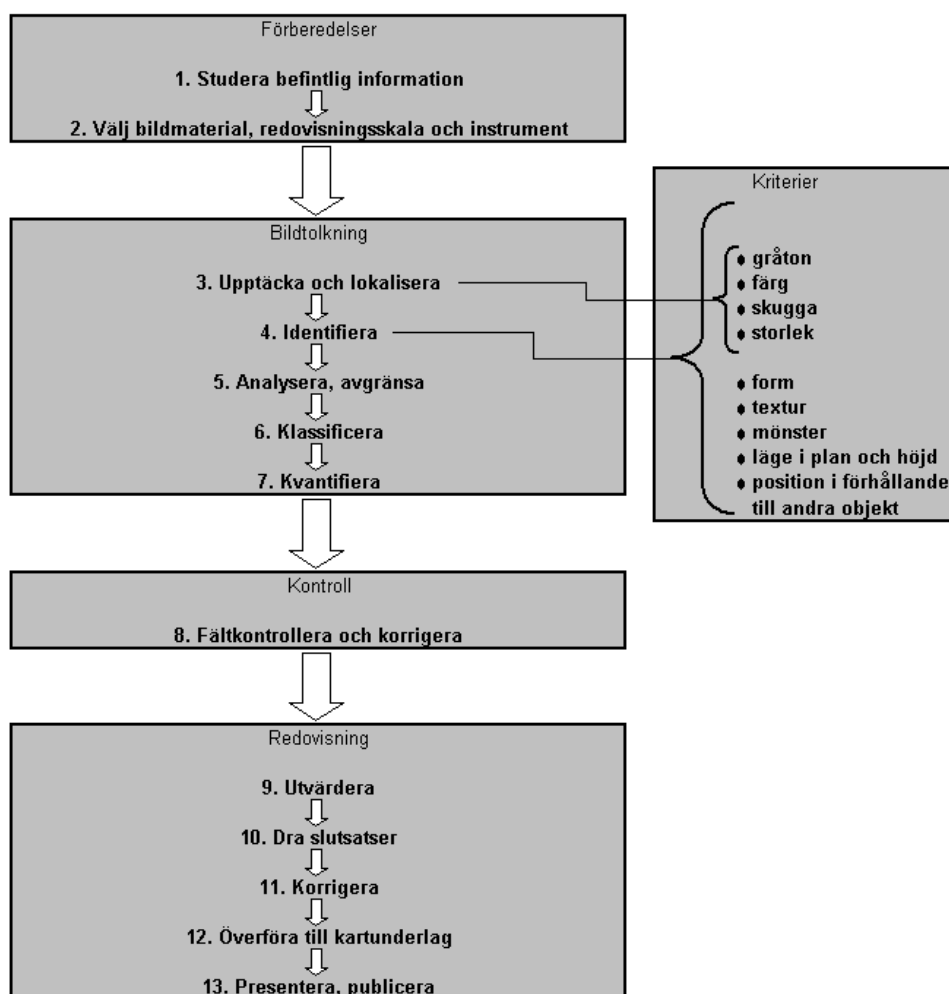
Dataskikt	Filformat	Datatyp	Ägare	Producent
Flygbilder över Skåne från 1939-1947 (30 st.)	*.tif	Ortofoto, geometriskt korrigerade	Länsstyrelsen i Skåne län	Lantmäteriverket
Flygbilder över Skåne från år 1984-1986 (30 st.)	*.tif	Centralprojicerade icke korrigerade	Länsstyrelsen i Skåne län	Lantmäteriverket
Flygbilder över Skåne från år 1998-2002 (30 st.)	*.tif	Ortofoto geometriskt korrigerade	Länsstyrelsen i Skåne län	Lantmäteriverket
Jordartskarta	*.shp	polygoner	Länsstyrelsen i Skåne län	Sveriges geologiska undersökning
Markanvändningskarta (markytedata_skarvlös.shp)	*.shp	polygoner	Länsstyrelsen i Skåne län	Lantmäteriverket
Nyanlagda våtmarker	*.shp	polygoner	Länsstyrelsen i Skåne län	Länsstyrelsen i Skåne län
Regionslinjer, kust och länsgräns	*.shp	linjer	GIS-centrum, Lunds Universitet	Lantmäteriverket
Kustlinjer	*.shp	linjer	GIS-centrum, Lunds Universitet	Lantmäteriverket
Vägnätet (väglinjedata)	*.shp	linjer	Länsstyrelsen i Skåne län	Lantmäteriverket
Tätorter, sjöar, allmänna vägar	*.shp	polygoner	GIS-centrum, Lunds Universitet	Lantmäteriverket
30 rutor enligt fastighetskartans numrering	*.shp	polygoner	GIS-centrum, Lunds Universitet	GIS-centrum, Lunds Universitet
Rutnät (500 x500 m) över Skåne	*.shp	polygoner	GIS-centrum, Lunds Universitet	detta projekt
Småvatten 1940	*.shp	polygoner	Länsstyrelsen i Skåne län	detta projekt
Småvatten 1980	*.shp	polygoner	Länsstyrelsen i Skåne län	detta projekt
Småvatten_2000	*.shp	polygoner	Länsstyrelsen i Skåne län	detta projekt
Småvatten med genomflöde 1940	*.shp	polygoner	Länsstyrelsen i Skåne län	detta projekt
Småvatten med genomflöde 1980	*.shp	polygoner	Länsstyrelsen i Skåne län	detta projekt
Småvatten med genomflöde 2000	*.shp	polygoner	Länsstyrelsen i Skåne län	detta projekt
hl+vd	*.shp	linjer	Länsstyrelsen i Skåne län	detta projekt

4. Metod

Huvuddelen av arbetet utfördes i GIS (Geografiska Informationssystem), och bestod av datainsamling och analys. Datainsamlingen gjordes med hjälp av flygbildstolkning och skärmdigitalisering av digitala flygbilder från 1940-, 1980- och 2000-talet som grund. Jämförande och statistiska analyser utfördes i GIS (ArcGIS 8.3) och kalkyl programvara (Excel).

4.1 Flygbildstolkning och skärmdigitalisering

Vid digitalisering av flygbilder bör man ha en definierad arbetsgång för att underlätta arbetet och minimera fel. Vid inventeringen av småvatten användes en arbetsgång som beskrivs av Wastensson mfl (1993), (Figur 2).



Figur 2. Tillvägagångssätt vid flygbildsinventering enligt Wastensson (1993).

Valet av inventeringsrutor (5x5 km) och flygbilder har skett genom att länsstyrelsen slumpat ut 30 rutor från Rikets-näts (RT-90) småruteindelning över Skåne. För att lättare systematiskt kunna söka igenom varje småruta och identifiera de befintliga småvattnen så delades varje småruta in i ytterligare 100 "minirutor" (500x500 m). Detta gjordes genom att skapa ett "Fishnet", ett rutnät, med samma hörnkoordinater som smårutorna men med 10x fler rader och kolumner. I Rikets-nät består smårutornas beteckning av två delar där den första siffran och stora bokstaven indikerar vilken storruta smårutan återfinns, t ex. 2D. Varje storruta är indelad i hundra smårutor som indikeras med en siffra och liten bokstav, t.ex. 2c. Varje "miniruta" fick smårutebeteckningen samt ett löpnummer mellan 1-100 radvis från vänster till höger så att översta vänstra rutan blev nummer 1 och nedersta högra nummer hundra, t ex 2D2c_1.

Vid digitaliseringen skapades ett "tomt" skikt med Rikets-nät som referenssystem. Därefter genomsöktes varje flygbild miniruta för miniruta och småvatten identifierades varefter de zoomades in till lämplig upplösning och digitaliserades. Alla småvatten som var större än 9 m² (3*3 pixlar) och mindre än 500 000 m² digitaliserades. Anledningen till att inte mindre vatten digitaliserats är att småvatten mindre än 9m² är allt för svåra att skilja från träd och buskar. Den övre gränsen är EU:s storleksgräns för en sjö (Bendtsen, 2003). I den till skiktet tillhörande attribut tabellen fördes attributen markanvändning, kommentar, småvattenpolygonens area, X- och Y-koordinater för småvattenpolygonens centroid, samt vilken storleksklass småvattnet tillhörde.

De sju markanvändningsklasser som använts är: **Åker**, som avser all brukad mark såväl odlad som inte odlad samt vall och fruktodling. **Gräsmark**, som består av en sammanslagning av marktyperna äng, gräsmark och hed. **Våtmark**, som består av alla större fuktiga områden såsom mossar myrar och kärr. Tätorter, byar, parker och tomter klassas som **Bebyggelse**. Skog delades in i tre markanvändningsklasser **Lövskog**, **Barrskog** och **Föryngringsyta**. I de fall småvatten omgavs av mer än en markanvändningsklass angavs den dominerande markanvändningsklassen.

Kommentarer skrevs in då osäkerhet om de digitaliserade objekten eller markanvändning förelåg. Det underlättade korrigering av eventuella fel, verifiering av osäkra objekt och SQL-sökningar (Structured Query Language).

Exempel på kommentarer som använts är: träd?, åkerholme?, fuktigt?, skugga? osv.

Småvattenpolygonens centroid koordinater las till för att de skulle kunna återfinnas med hjälp av GPS (Global Position System) vid efterföljande fältkontroll. Indelningen i sju storleksklasser mellan 0.00009 och 50 Ha enligt Bendtsen, (2003) användes. Dock modifierades den något då det fanns ett betydande överlapp i originalet, vilket torde innebära att många småvatten i överlappet skulle bli utan klasstillhörighet (Tabell 2).

Tabell 2. Storleksklassindelning för småvatten digitaliserade i detta projekt. till vänster indelningen enligt Bendtsen 2003, och till höger den som använts i detta projekt.

Area (ha)		
Storleksklass	Bendtsen (2003)	von Barth mfl (2004)
1	0,00 - 0,1	0 - 0,1
2	0,11 - 0,3	0,1001 - 0,3
3	0,31 - 1	0,3001 - 1
4	1 - 2	1,0001 - 2
5	2,01 - 4	2,0001 - 4
6	4,01 - 10	4,0001 - 10
7	10,01 - 50	10,0001 - 50,0

4.1.1 Exempel på digitaliseringar

Då fyra personer var involverade i digitaliseringsprocessen var det viktigt att komma fram till vissa generella digitaliseringskriterier så att arbetet kunde utföras så enhetlig som möjligt. Detta gjordes genom att samtliga individuellt digitaliserade samma flygbild från 1940- respektive 2000- talet. Under digitaliseringens gång fördes en diskussion om osäkra objekt och vi försökte enas om hur vissa objekt skulle digitaliseras. Nedan visas ett antal exempel på svårigheter vid digitalisering samt hur vi har enats om att digitalisera dessa.

Det första exemplet visar en våtmark där det både finns öppna vattenspeglar och partier som är lite torrare (Figur 3 a). Flygbilderna är tagna på sommaren, då det ofta är lägre vattenstånd, vilket innebär att en sådan våtmark förmodligen blir en enhetlig

våtmark vid högre vattenstånd. Vi har därför valt att digitalisera hela den potentiella vattenytan vid sådana tillfällen (Figur 3 b).

Ett annat exempel som visar att vattenståndet är lågt och förmodligen blir högre vid andra årstider illustreras i figur 3 c. Även i detta fall har vi valt att digitalisera en större del än bara den öppna vattenspegeln (Figur 3 d).

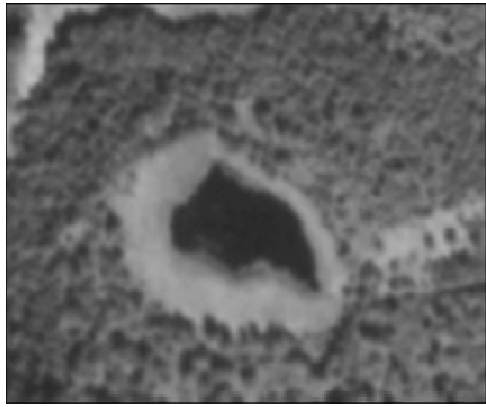
Objekt där den öppna vattenspegeln är otydlig och kan förväxlas med mark som bara är fuktig var vanligt förekommande. Dessa digitaliserades som våtmark då den tydliga strukturen runt objektet tyder på att det är en våtmark (Figur 3 e-f).

Exempel på ett problem som kan dyka upp då digitaliseringen går till väga på två skilda sätt (Figur 3 g-i). Vilket resulterar i att både storleksklassindelningen och arean blir olika och påverkar noggrannhetsutvärderingen.

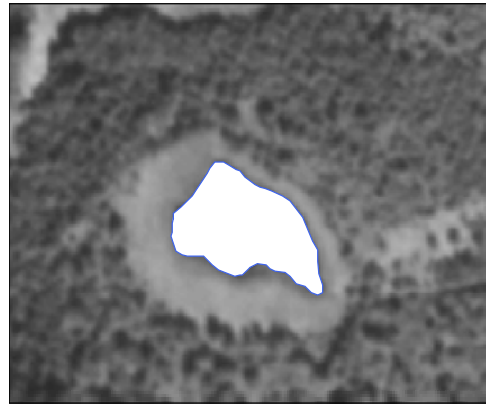
Objektet kan digitaliseras antingen som tre klass 2 småvatten (figur 3 h) eller som ett klass 4 småvatten (figur 3 i). Eftersom hela området är fuktigt och det förmodligen därför översvämmas vid högre vattenstånd digitaliserades objektet som ett småvatten (Figur 3 i) .

Figur 3 j- k illustrerar åter ett exempel på avgränsning av småvatten, men till skillnad från ovanstående exempel digitaliserades endast den öppna vattenytan (figur 3j-k). Detta för att området runt ser ut att ligga topografiskt högre och sidorna är branta och omgivningen torr och en höjning av vattenståndet leder förmodligen inte till att hela området svämmar över.

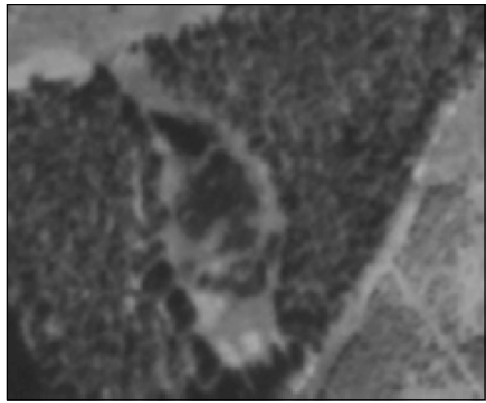
I det sista exemplet (Figur 3 l) har vi valt att inte digitalisera som en våtmark/småvatten trots att det ser ut som om det är ett område med vatten. Detta anser vi vara en översvämmad åkeryta. Den saknar helt kantstruktur och ligger i en åker som ser ut att vara brukad. Den ligger dessutom intill ett dike som förmodligen är tänkt att dränera denna yta, och är därför inte ett permanent vatten.



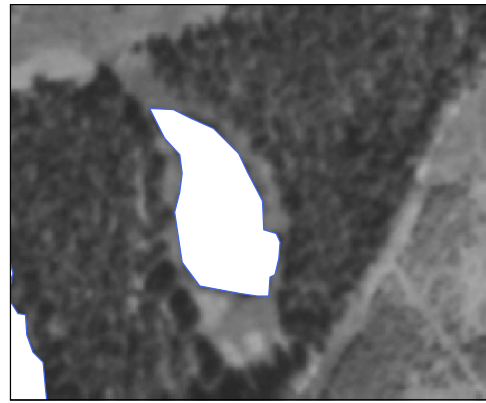
0 10 20 40 60 80 100 Meters



0 10 20 40 60 80 100 Meters



0 10 20 40 60 80 100 Meters



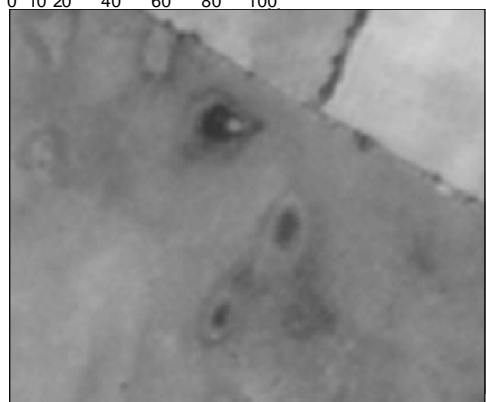
0 10 20 40 60 80 100 Meters



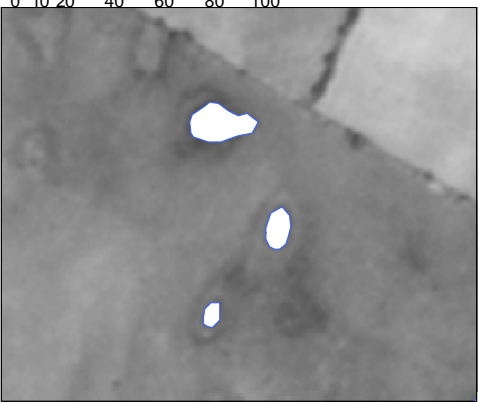
0 10 20 40 60 80 100



0 10 20 40 60 80 100



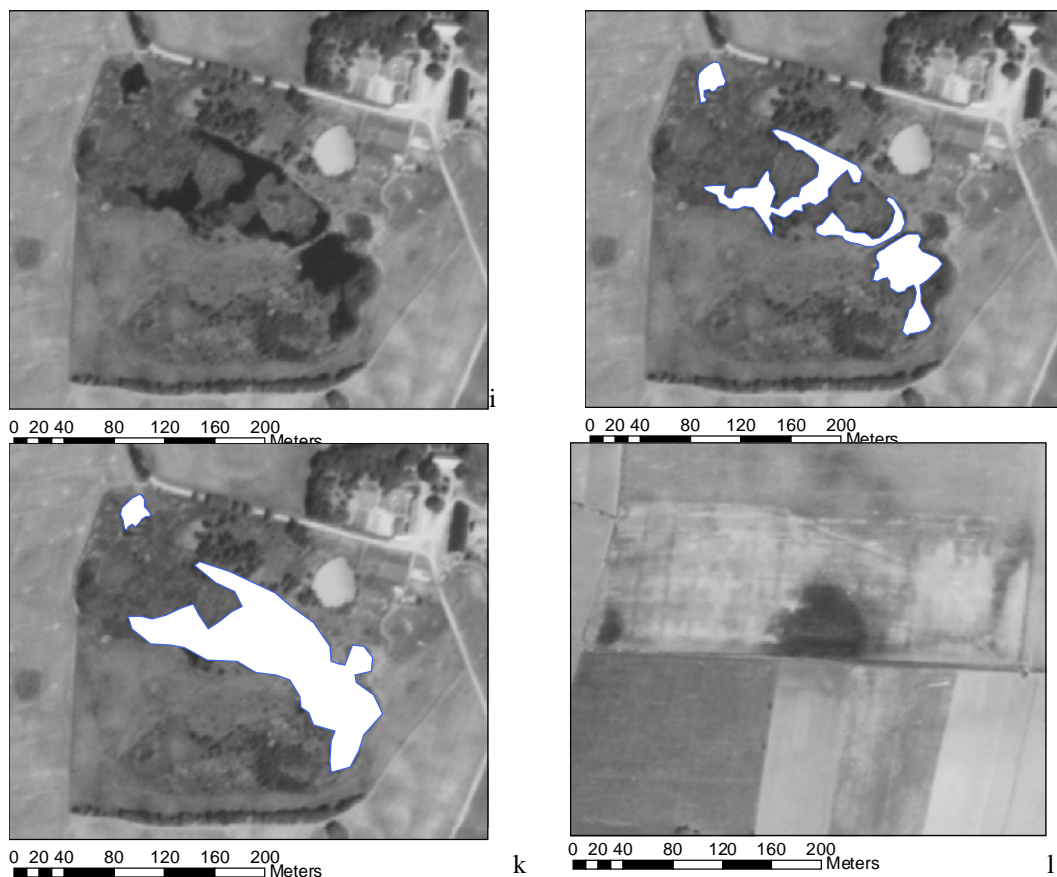
0 10 20 40 60 80 100 Meters



0 10 20 40 60 80 100 Meters

g

h



Figur 3. Exempel som belyser frågeställningar som uppkom och beslut som antogs under flygbildstolkning och skärmdigitalisering; a-b) Tydligt småvatten, c-d) lågt vattenstånd i flack terräng, e-f) lågt vattenstånd i sänka, g-h) otydlig gräns mellan vattenspegel och fastmark, i-k) två typer av generalisering av småvattenutbredning och l) översvämmad åkeryta.

4.1.2 Noggrannhetsutvärdering och fältkontroll

För att utvärdera och få ett mått på samstämmigheten de fyra digitaliserare emellan, digitaliserade var och en samma flygbild separat. Resultatet jämfördes sedan med avseende på antal och area för respektive digitaliserare. Flygbild 2C2i valdes för 1940-talet och 3D9a för 2000-tal, för att de innehöll många småvatten och därför många tolkningsbeslut att jämföra. Resultatet av noggrannhetsutvärderingen ger en fingervisning om vilken kvalitet de digitaliserade småvattensskikten har samt tillförlitligheten i de vidare analyserna av skikten.

4.1.3 Fältbesök

För att kunna verifiera småvattensförekomsten och markanvändningen runt dessa, samt att ytterligare få ett mått på digitaliseringsnoggrannheten för flygbilder från 2000-talet gjordes även en fältundersökning.

Vid fältundersökningen besöktes 67 av 120 småvatten i kartruta 2C2i. Småvattnen lokaliserades med hjälp av GPS och X-, Y-koordinaterna för centroiden för varje småvatten. När platsen lokaliserats verifierades förekomsten av det digitaliserade småvattnet samt om det karterats i rätt markanvändningsklass. Resultatet av fältkontrollen redovisas som en korstabell för utvärderingspunkterna där flygbildstolkningen jämförs med verkligheten.

Den totala andelen korrekta observerade punkter även kallat total noggrannhet räknas ut genom att summera alla korrekt karterade punkter och dela detta med totala antalet punkter. Detta är det vanligaste sättet att utvärdera noggrannheten, att jämföra antalet kartlagda punkter i en klass i förhållande till antalet utvärderingspunkter för samma klass är ekvation 4.2

$$X_i = \frac{P_{korrekta}}{P_{karta}} * 100 \quad (4.2)$$

$P_{korrekta}$ är antalet korrekt karterade punkter för klass i , och

P_{karta} är antalet utvärderingspunkter för klass i i kartan.

Ett annat sätt att uttrycka noggrannheten är ekvation 4.3:

$$Y_i = \frac{P_{korrekta}}{P_{utvärdering}} * 100 \quad (4.3)$$

$P_{korrekta}$ är antalet korrekt karterade punkter för klass i , och

$P_{utvärdering}$ är antalet utvärderingspunkter för klass i i verkligheten.

Klassningsnoggrannhet, X_i , är sannolikheten att en vald punkt på kartan är korrekt karterad och Objektsnoggrannhet, Y_i , är sannolikheten att en vald punkt i verkligheten är korrekt karterad. De leder inte alltid till samma resultat. För att undvika denna typ av motsägelse har en mer tillförlitligt en överensstämmelsekoefficient, Kappa, tagits fram. Kappa varierar mellan -1 och $+1$ och uttrycket innebär till vilken grad punkterna i den utvärderade kartan skiljer sig från en slumpmässig klasstillhörighet.

Kappa tar hänsyn till både klassningsnoggrannhet (X_i) och objektsnoggrannhet (Y_i). Vid en slumpmässig fördelning skulle Kappa bli lika med 0 och en perfekt överensstämmelse $+1$ samt total avsaknad av överensstämmelse -1 (Eklundh, 2001). Ekvationen för Kappa (4.4):

$$\kappa = \frac{\sum_{i,i=1}^n P_{ii} - \sum_{i,i=1}^n Q_{ii}}{1 - \sum_{i,i=1}^n Q_{ii}} \quad (4.4)$$

- κ är kappa
- i är klassindex
- P_{ii} är proportionen rätt karterade punkter för klass i
- Q_{ii} är proportionen förväntade punkter vid slumpmässighet för klass i , och
- n är antalet klasser

Föregående ekvation gäller för hela kartans noggrannhet, för varje klass ser formeln ut enligt ekvation 4.5:

$$k_i = \frac{P_{ii} - Q_{ii}}{P_i - Q_{ii}} \quad (4.5)$$

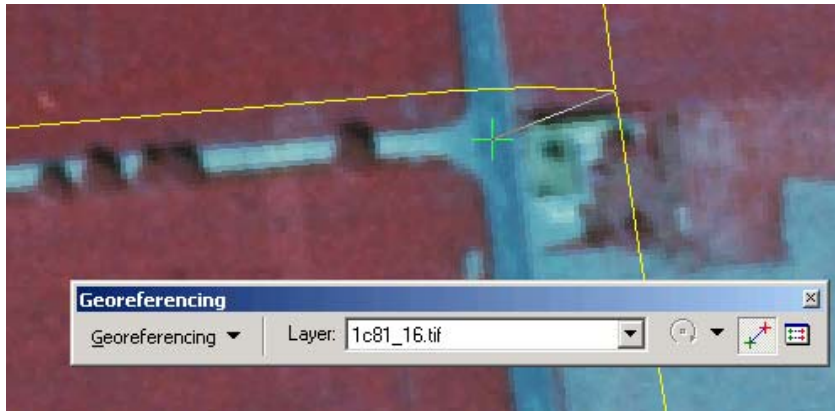
- P_i är proportionen karterade punkter för klass i .

Det noggrannhetsmått som användes var Kappa och total klassningsnoggrannhet.

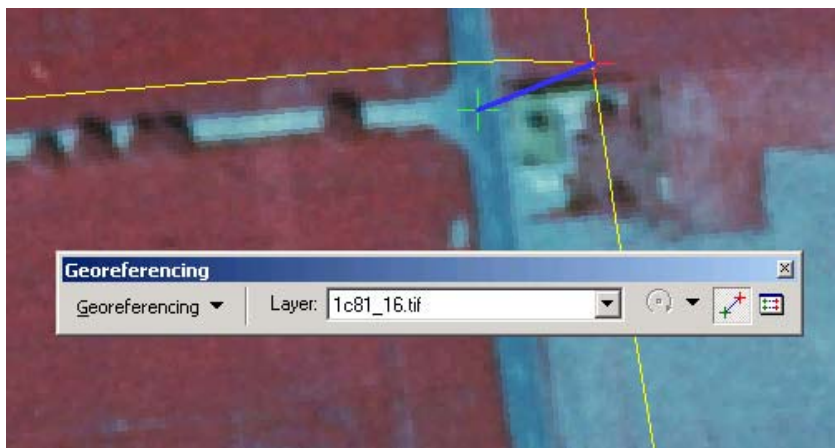
Beräkningen av Kappa för karteringen av markanvändningsklasserna går till på så sätt att först beräknas en matris innehållande den förväntade fördelningen av punkterna. Detta får man genom produkten av antalssummorna i bild mot verklighet alltså marginal kolumnen och sista raden. Sedan beräknas matris med proportionerna korrekt karterade punkter. Sedan beräknas en matris med proportionen förväntade punkter från den tidigare uträknade matrisen med fördelningen av den förväntade fördelningen av punkterna. Till sist beräknas Kappa ut enligt ekvation 4.4 totalt sett och 4.5 för varje klass för sig (Campbell, 1996) (Andersson, 2004).

4.1.4 Geokorrigerig av 1980-tals bilder

Flygbilderna från 1980-tals var centralprojicerade och inte geokorrigerade, dvs. de saknade koppling till ett känt referenssystem. Den okorrigerade flygbilden bilden innehåller skalfel pga. kameralinsens centralprojicering samt överrepresentation av ytor som ligger på högre höjd över havet. För att kunna digitalisera småvatten och göra areaberäkningar på dessa samt tilldela X- och Y-koordinater är det nödvändigt att korrigera för detta. Vid geokorrigerig görs en koppling mellan skiktet man vill tilldela ett referenssystem och ett geokorrekt skikt med kända koordinater. Som referensskikt valdes ekonomiska kartans väglinjeskikt. Kopplingen görs sedan genom att identifiera vägkorsningar som korrelerar till varandra i de båda skikten och knyta så kallade GCP (Ground Control Points) mellan skikten. Till varje flygbild kopplades minst 60 GCP. Flygbilden från 2000-talet användes som visuell referens genom att tända och släcka den på skärmen. RMS-fel (Residual and Root mean Square) är ett mått på hur väl punkterna överrensstämmer sinsemellan. RMS felet varierar med antalet punkter och valet av polynom på transformationen, och även om det förekommer enstaka punkter som har extremt högt RMS värde. Om RMS värdet varit för högt så har fler punkter lagts till och punkter med dålig passning tagits bort. Den visuella överrensstämmelsen med 2000-tals flygbilden har dock varit det viktigaste vid korrigerigen. När en bra geokorrigerig uppnåtts och med ett acceptabelt RMS fel, så rektifierar man till bilden. Man gör en "resample", bilden sträcks som en gummiduk för att passa vid GCP. Geokorrigerigen går i korthet till enligt följande; GCP läggs in i 80-talsbilden (Figur 4), GCP länkas till korsningen i det geometriskt korrekta skiktet (vl.shp) (Figur 5).



Figur 4. GCP läggs in i 1980 talsbilden i mitten av en vägkorsning.



Figur 5. GCP länkas till korsningen i det geometriskt korrekta väglinje skiktet (vl.shp)

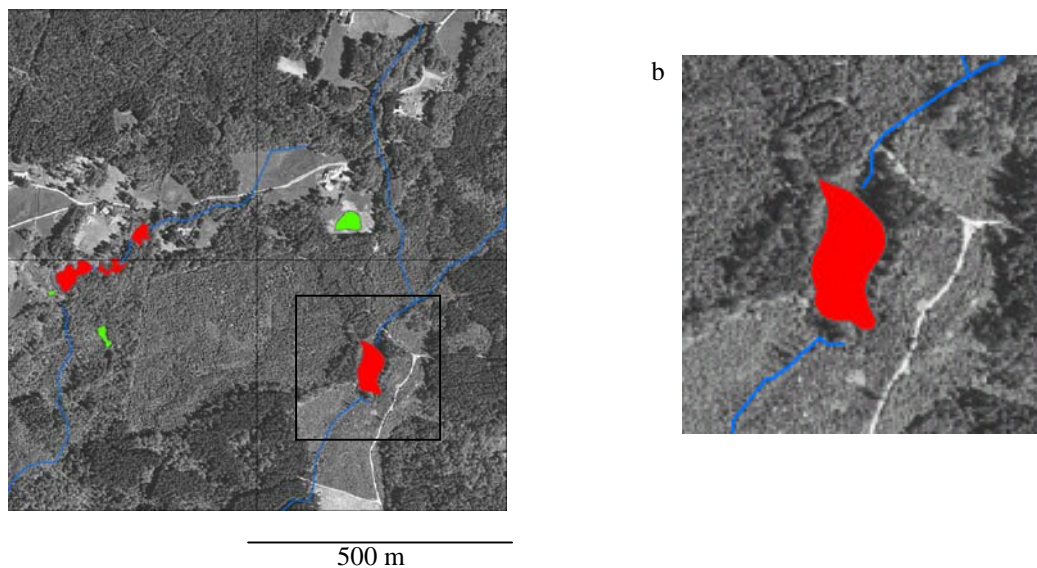
4.2 Analys

Småvattenpolygonerna digitaliserades rutvis och slogs sedan samman till ett skikt per tidsperiod för vidare analys.

4.2.1 Småvatten med genomflöde

För att utröna hur förändringen av småvattnens area och antal påverkar kvävetransporten till havet analyserades småvattnet med genomflöde. Ett urval baserat på lägesförhållande, en så kallad "select by location" gjordes mellan vattendrags- och småvattensskiktet. På så sätt kunde småvattenpolygoner som korsades av en vattendraglinje väljas ut och småvatten med in- och/eller utlopp identifieras. Eftersom digitaliseringen av småvattnen inte är meter noggrann och det därför fanns risk för glapp mellan att småvattenpolygonerna och vattendraglinjerna, vilket kunde leda till att småvatten med genomflöde inte valdes ut med denna metod. För att undvika att så skedde lades en 25 meter bred buffertzona på var sida om linjerna i vattendragsskiktet. För att komma fram till lämplig bredd gjordes försök med 10, 20

och 30 meter bred buffertzoon och resultatet granskades visuellt. Försök med buffert på 10 och 20 meter uteslöt allt för många småvatten med genomflöde medan den större bufferten på 30 meter resulterade i att för många småvatten utan genomflöde kom med (Figur 6).



Figur 6. Vattendrags- och småvattensskikt kombineras för att a) identifiera småvatten utan (gröna) och med (röda) genomflöde. b) En förstoring av ett av objekten visar att vattendrags skiktet inte överlappar småvattenpolygonen men markeras ändå pga den 25m breda buffertzonen.

Det ovan nämnda förfarandet med urvalet av småvatten gjordes för de tre tidsperioderna.

Det bör dock nämnas att vattendragsskiktet är digitaliserade utefter vattendrag såsom de ser ut på 2000-talet, det finns inte att tillgå liknande skikt från de andra tidsperioderna. En visuell granskning av skiktets passning med bilderna från 1940-talet och 1980-talet visar dock på en godtagbar passning för dessa tidsperioderna.

4.2.2 Antal och area förändring

Småvattensskikten analyserades med avseende på area och antal, totalt och i medel per inventerad ruta. Totala antalet och totala arean delades upp i småvatten med genomflöde och småvatten utan genomflöde. Alla beräkningar är utförda i Excel med skiktens attributtabeller som grund. Förändringen av småvatten med genomflöde studerades även med avseende på fördelning i de olika storleksklasserna.

4.2.3 Markanvändning kring småvatten

Analysen av markanvändningförändringen runt småvattnen baseras på flygbildstolkning av vegetation i samband med digitaliseringen. Småvatten i olika markanvändningsklasser studerades med avseende på procentuell fördelning av antalet i de olika klasserna. Även här gjordes en uppdelning i småvatten med och utan genomflöde för att se hur förändringen fördelar sig mellan de tre tidsperioderna.

4.2.4 Förändring av småvatten med genomflöde i åker och skogs rutor

Analysen utfördes så att de rutor som enligt markanvändningsdata hade mer än 50 % åker och öppen mark klassades som åkerrutor och de rutor som hade mer än 50 % täckning av barr-, lövskog eller föryngringsyta klassades som skogsrutor. Sedan gjordes en överlagring med skikten för småvatten med genomflöde. Resultatet analyserades med avseende på area och antals förändring.

4.2.5 Avståndet till havet

Småvatten med genomflöde studerades även med avseende på hur långt ifrån utloppspunkten i havet de låg. Detta gjordes genom att först skapa ett punktskikt baserat på småvattnens centroid koordinater, sedan studerades varje avrinningsområde och med hjälp av vattendrag och hydrologi skiktet avgjordes var utloppspunkten eller punkterna låg för respektive avrinningsområde. Utloppspunkterna digitaliserades och kolumner för punkternas X-, Y-koordinater lades till. Varje avrinningsområde omvandlades sedan till separata skikt. Vidare gjordes en "select by location" där småvatten med genomflöde för respektive period valdes ut som låg innanför de olika avrinningsområdena. I de fall där avrinningsområdet hade mer än en utloppspunkt gjordes urvalet av tillhörande småvatten manuellt.

Med koordinater för utloppspunkten och koordinater för småvattencentroiden beräknades med hjälp av Pytagoras sats avståndet till havet för respektive småvatten.

5. Resultat

5.1 Noggrannhetsutvärdering

5.1.1 Noggrannhet 1940-talet

Noggrannhetsutvärdering av de fyra separata digitaliseringarna av flygbild 2C2i_1940-talet visar att skillnaderna med avseende på småvattens totala area var mindre jämfört med skillnaderna i totala antalet småvatten (Tabell 3) Den totala småvattensarean varierar mellan 271 603 m² och 283 270m², vilket betyder en maximal avvikelse från medelvärdet på 2.2 %. Det totala antalet småvatten varierar mellan 136 och 166 det vill säga 30 småvattenpolygoner, vilket betyder en är maximal avvikelse på 11.96 % från medelvärdet.

Skillnaderna är mycket större när area och antal jämförs per storleksklass, den största avvikelse återfinns i klass 3, där maximal avvikelse från medelarean är 45.61 % och från medelantal är 46.15 %.

Tabell 3. Resultat av noggrannhetsutvärderingen gjord på 2C2i_1940. De markerade siffrorna är de som omnämns i texten

2C2i 1940	Klass1	Klass2	Klass3	Klass4	Klass5	Klass6	Klass7	Alla Klasser
Total area alla 4	130108	281561	244233	31780	65800	357136	0	1110659
Medel area alla 4	32527	70390,25	61058,25	10593,33	21933,33	89284	0	277664,75
Totalt antal alla 4	388	163	53	3	3	4	0	614
Medel Antal alla 4	97	41	13	1	1	1	0	154
Person 1								
Antal	99	46	10	1	1	1	0	158
Avvikelse från medelantal	2	5	3	0	0	0	0	4
% antals avvikelse	2,06	12,2	23,08	0	0	0	0	3,25
Area	32133	81415	43689	10591	22147	88740	0	278749
Avvikelse från medelarea	394	11024,75	17369,25	2,33	213,67	544	0	1084,25
% area avvikelse	1,21	15,66	28,45	0,02	0,97	0,61	0	0,39
Person 2								
Antal	111	41	12	0	1	1	0	166
Avvikelse från medelantal	14	0	1	0	0	0	0	13
% avvikelse	14,43	0	7,69	0	0	0	0	8,44
Area	32146	71041	57214	0	22218	88982	0	271603
Avvikelse från medelarea	381	650,75	3844,25	0	284,67	302	0	6061,75
% area avvikelse	1,17	0,92	6,3	0	1,3	0,34	0	2,18

Person 3								
Antal	79	36	19	1	0	1	0	136
Avvikelse från medelantal	18	5	6	0	0	0	0	18
% avvikelse	18,56	12,2	46,15	0	0	0	0	11,96
Area	33682	60755	88907	10702	0	89221	0	283270
Avvikelse från medelarea	1155	9635,25	27848,75	108,67	0	63	0	5605,25
% area avvikelse	3,55	13,69	45,61	1,03	0	0,07	0	2,02
Person 4								
Antal	99	40	12	1	1	1	0	154
Avvikelse från medelantal	2	1	1	0	0	0	0	0
% avvikelse	2,06	2,44	7,69	0	0	0	0	0
Area	32147	68350	54423	10487	21435	90193	0	277037
Avvikelse från medelarea	380	2040,25	6635,25	106,33	498,33	909	0	627,5
% area avvikelse	1,17	2,9	10,87	1	2,27	1,02	0	0,23

5.1.2 Noggrannhet 2000-talet

Även noggrannhetsutvärderingen av flygbild 3D9a från 2000-talet visar att skillnaderna mellan digitaliseringarna med avseende på totalarean är mindre än totalantalet (Tabell 4). Skillnaden i digitaliserad totalarea ligger mellan 325683m² och 334203m², vilket ger en skillnad på 8520 m² och en maximal avvikelse från medel arean på 1.49 %. Totala antalet digitaliserade småvatten varierar med 8 från 29 till 37 och max avvikelse från medelantalet är 14.07 %. Skillnaderna är relativt jämnt spridda över de sju storleksklasser och inga större avvikelser föreligger i någon av klasserna. Klass 1 är dock den som varierar mest.

Tabell 4. Resultaten från noggrannhetsutvärderingen gjord på 3D9a_2000. De markerade siffrorna är de som omnämns i texten.

3D9a 2000	Klass1	Klass2	Klass3	Klass4	Klass5	Klass6	Klass7	Alla Klasser
Total area alla 4	19620	32679	83933	141786	83846	960564	0	1322428
Medel area alla 4	4905	8169,75	20983,25	35446,5	20961,5	240141	0	330607
Totalt antal alla 4	76	19	12	8	4	16	0	135
Medel Antal alla 4	19	4,75	3	2	1	4	0	33,75
Person 1								
Antal	18	5	3	2	1	4	0	33
Avvikelse från medelantal	1	0,25	0	0	0	0	0	0,75
% antals avvikelse	5,26	5,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22
Area	4811	8860	21382	35749	21977	241424	0	334203
Avvikelse från medelarea	94	690,25	398,75	302,5	1015,5	1283	0	3596
% area avvikelse	1,92	8,45	1,90	0,85	4,84	0,53	0,00	1,09
Person 2								
Antal	22	5	3	2	1	4	0	37
Avvikelse från medelantal	3	0,25	0	0	0	0	0	3,25
% antals avvikelse	15,79	5,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,63
Area	4744	8170	20540	34711	20352	237166	0	325683
Avvikelse från medelarea	161	0,25	443,25	735,5	609,5	2975	0	4924
% area avvikelse	3,28	0,00	2,11	2,07	2,91	1,24	0,00	1,49

Person 3								
Antal	14	5	3	2	1	4	0	29
Avvikelse från medelantal	5	0,25	0	0	0	0	0	4,75
% antals avvikelse	26,32	5,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,07
Area	4446	8980	21040	36010	20948	242453	0	333877
Avvikelse från medelarea	459	810,25	56,75	563,5	13,5	2312	0	3270
% area avvikelse	9,36	9,92	0,27	1,59	0,06	0,96	0,00	0,99
Person 4								
Antal	22	4	3	2	1	4	0	36
Avvikelse från medelantal	3	0,75	0	0	0	0	0	2,25
% antals avvikelse	15,79	15,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,67
Area	5619	6669	20971	35316	20569	239521	0	328665
Avvikelse från medelarea	714	1500,75	12,25	130,5	392,5	620	0	1942
% area avvikelse	14,56	18,37	0,06	0,37	1,87	0,26	0,00	0,59

5.1.3 Noggrannhet i fält

De 67 objekt som besöktes i fält var småvatten. Överensstämmelsen mellan flygbildstolkning och fältobservationer med avseende på markanvändning var god. Det var endast vid två fall som gräsmark hade tolkats som åker, vilket avspeglar sig i kappavärdena för dessa två klasser (Tabell 5). Resultaten av noggrannheten beräknades som användarnoggrannhet (user's accuracy), objektnoggrannhet (producer's accuracy) och Kappa (Tabell 6). Den totala noggrannheten beräknades till 0.94. För *Gräsmark* och *Åker* är Kappa 0.85 och 0.86 de övriga marktyperna har ett Kappa värde på 1.

Tabell 5. Vid fältkontrollen jämfördes markanvändningen i 67 objekt enligt, å ena sidan flygbildstolkningen och å andra sidan fältobservation och redovisas dessa i korstabell.

		fältobservation							
		Åker	Gräsmark	Lövskog	Barrskog	Våtmark	Förnygringsyta	Bebyggelse	Antal (tolkning)
flygbildstolkning	Åker	15	2	0	0	0	0	0	17
	Gräsmark	0	26	0	0	0	0	0	26
	Lövskog	0	0	7	0	0	0	0	7
	Barrskog	0	0	0	7	0	1	0	8
	Våtmark	0	0	0	0	4	0	0	4
	Förnygringsyta	0	0	0	0	0	1	0	1
	Bebyggelse	0	0	0	0	0	0	4	4
	Antal (fält)	15	28	7	7	4	2	4	67

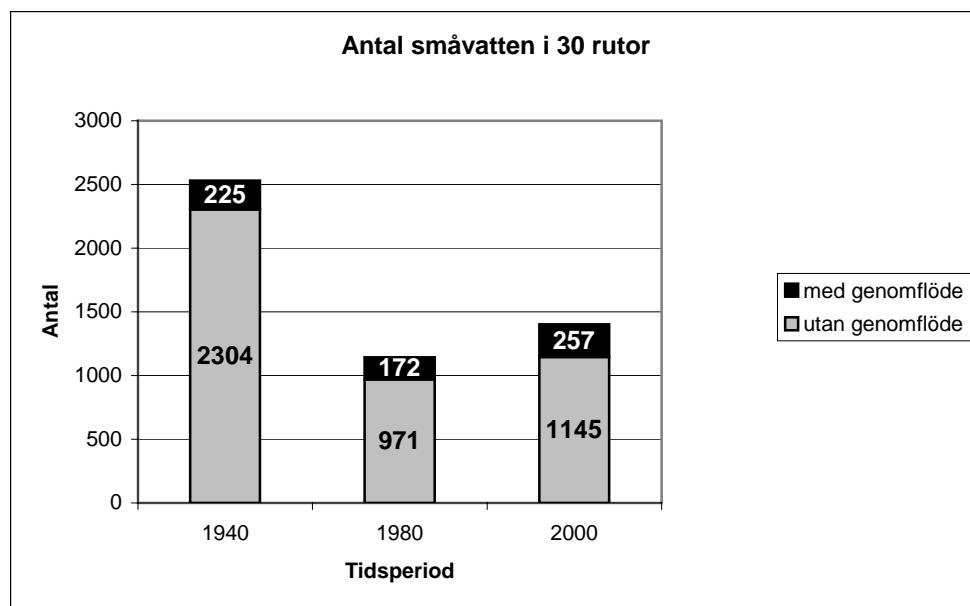
Tabell 6. Noggrannheten i flygbildstolkningen de 67 objektens markanvändning beräknades som användarnoggrannhet (X_i), objektnoggrannhet (Y_i) och m h a proportionstal (P_i , P_{ij} och Q_{ij}) beräknades Kappa för resultat från tabell 8.

	X_i (%)	Y_i (%)	P_i	P_{ij}	Q_{ij}	Kappa
Åker	88,24	100	0,2537	0,2239	0,0568	0,8484
Gräsmark	100	92,86	0,3881	0,3881	0,1622	1,0000
Lövskog	100	100	0,1045	0,1045	0,0109	1,0000
Barrskog	87,5	100	0,1194	0,1045	0,0125	0,8604
Våtmark	100	100	0,0597	0,0597	0,0036	1,0000
Föryngringsyta	100	50	0,0149	0,0149	0,0004	1,0000
Bebyggelse	100	100	0,0597	0,0597	0,0036	1,0000

5.2 Småvattensförändring

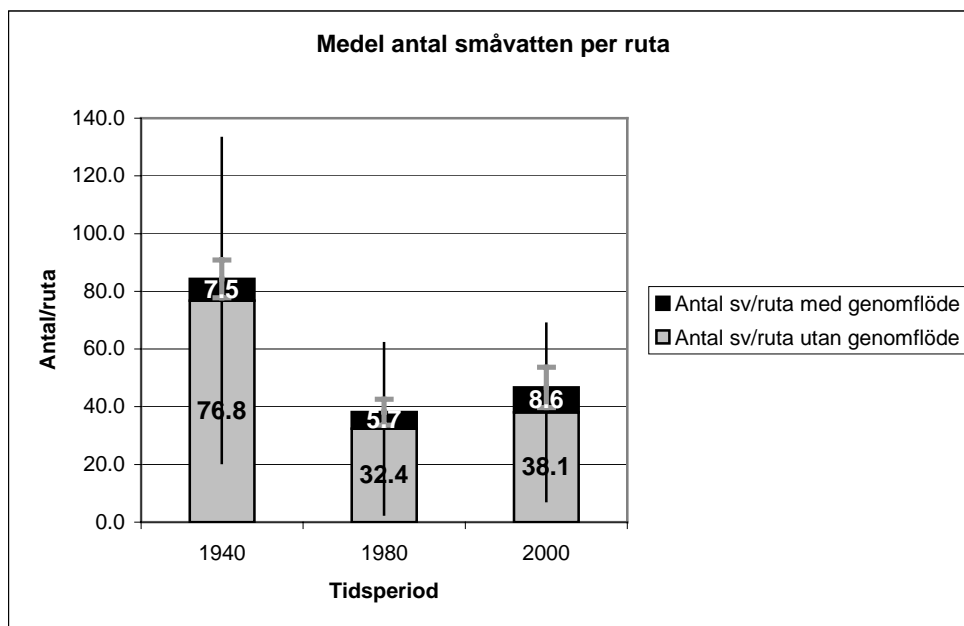
5.2.1 Antal och Area förändring

Det totala antalet småvatten i de trettio rutorna var 2529 under 1940-talet för att sedan mer än halveras till 1143 på 1980-talet och sedan öka lite till 1402 på 2000-talet. Under 1940-talet var det 2304 småvatten som saknade genomflöde och 225 som var knutna till någon form av genomflöde. Under 1980-talet fanns det i de trettio rutorna 971 småvatten utan genomflöde och 172 med. Under 2000-talet ökar antalet igen, både för småvatten utan genomflöde, som ökar till 1145 och småvatten med genomflöde som ökar till ett högsta värde på 257. (Figur 7).



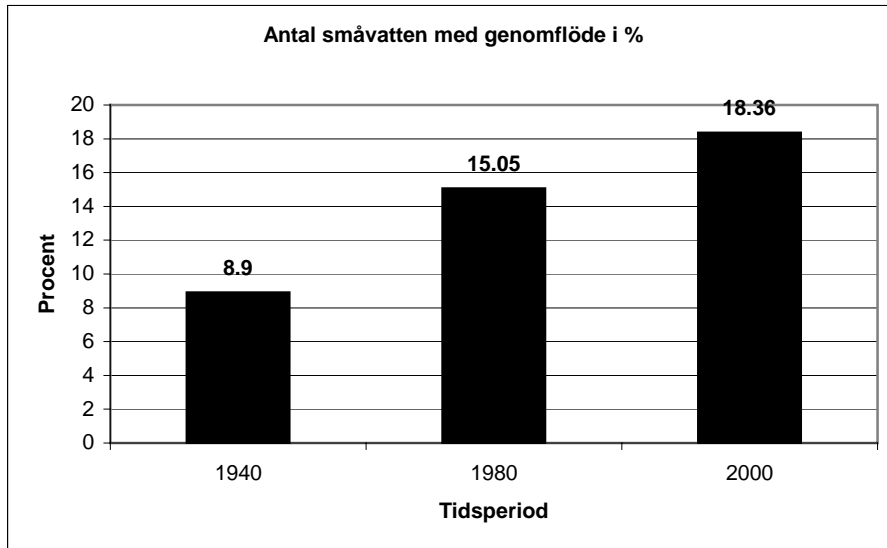
Figur 7. Antalet småvatten med genomflöde och antalet småvatten utan genomflöde. Stapelns höjd ger det totala antalet småvatten inom inventeringsrutorna.

Om man ser till medel antalet småvatten per inventeringsruta har antalet följt samma trend och varierat mellan 84.3 +/-56.2 småvatten/ruta på 1940-talet, för att även här mer än halveras till 38.1 +/-29.5 på 1980-talet och sedan stiga igen till 46.7 +/-31.1 på 2000-talet. Medelantalet för småvatten med genomflöde följer också samma trend, med 7.5 +/-6.5 på 1940-talet för att minska på 1980-talet till 5.7 +/-4.5 och sedan öka igen under 2000-talet till 8.6 +/-7. Standardavvikelsen visar att variationen i antal småvatten per ruta är stor (Figur 8).



Figur 8. Medel antalet småvatten med och utan genomflöde per inventeringsruta, samt standardavvikelsen. Svarta fält motsvarar småvatten med genomflöde och gråa fält utan genomflöde. Stapelns höjd ger det totala antalet småvatten per inventeringsruta.

Om man ser till hur stor andel av det totala antalet småvatten inom varje inventeringsruta som har genomflöde, så är det en rakt igenom uppåtgående trend. Andelen småvatten med genomflöde av det totala antalet ökar från 9 % på 1940-talet, till 15 % på 1980-talet och 18 % på 2000-talet (Figur 9).



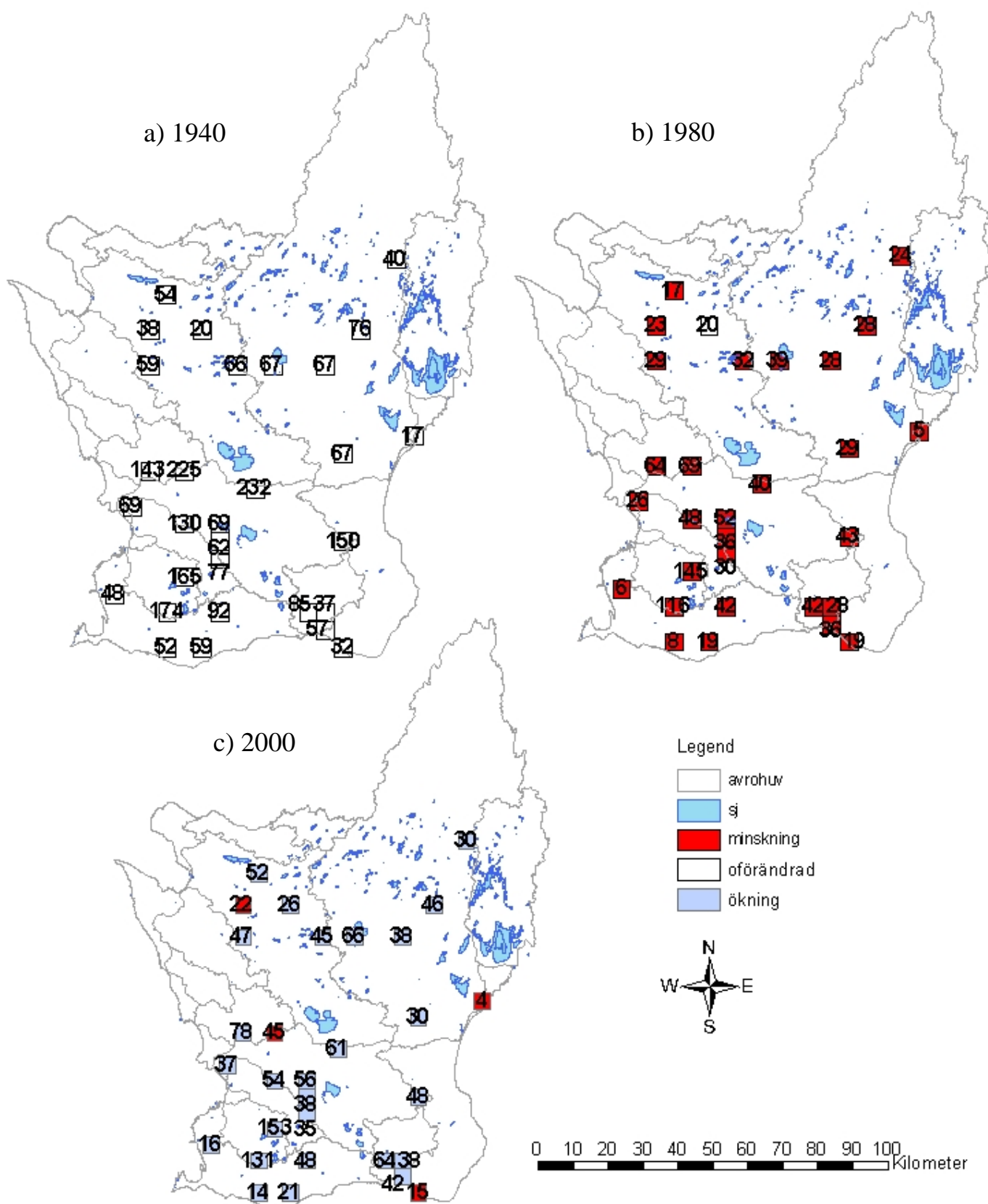
Figur 9. Procentfördelning av antalet småvatten med genomflöde av det totala antalet småvatten inom inventeringsrutorna.

Tittar man på antalsförändringen översiktligt kan man se att mellan 1940- och 1980-talet så minskade det totala antalet småvatten i samtliga inventeringsrutor utom i en där antalet var oförändrat (Figur 10 b). Mellan perioderna 1980-talet och 2000-talet så ökade det totala antalet småvatten i 26 av de 30 rutorna (Figur 10 c).

För småvatten med genomflöde minskade antalet i 14 av rutorna mellan 1940- och 1980-talet. I 7 av rutorna var antalet det samma och i 9 rutor förekom en ökning av antalet småvatten mellan dessa perioder (Figur 11 b).

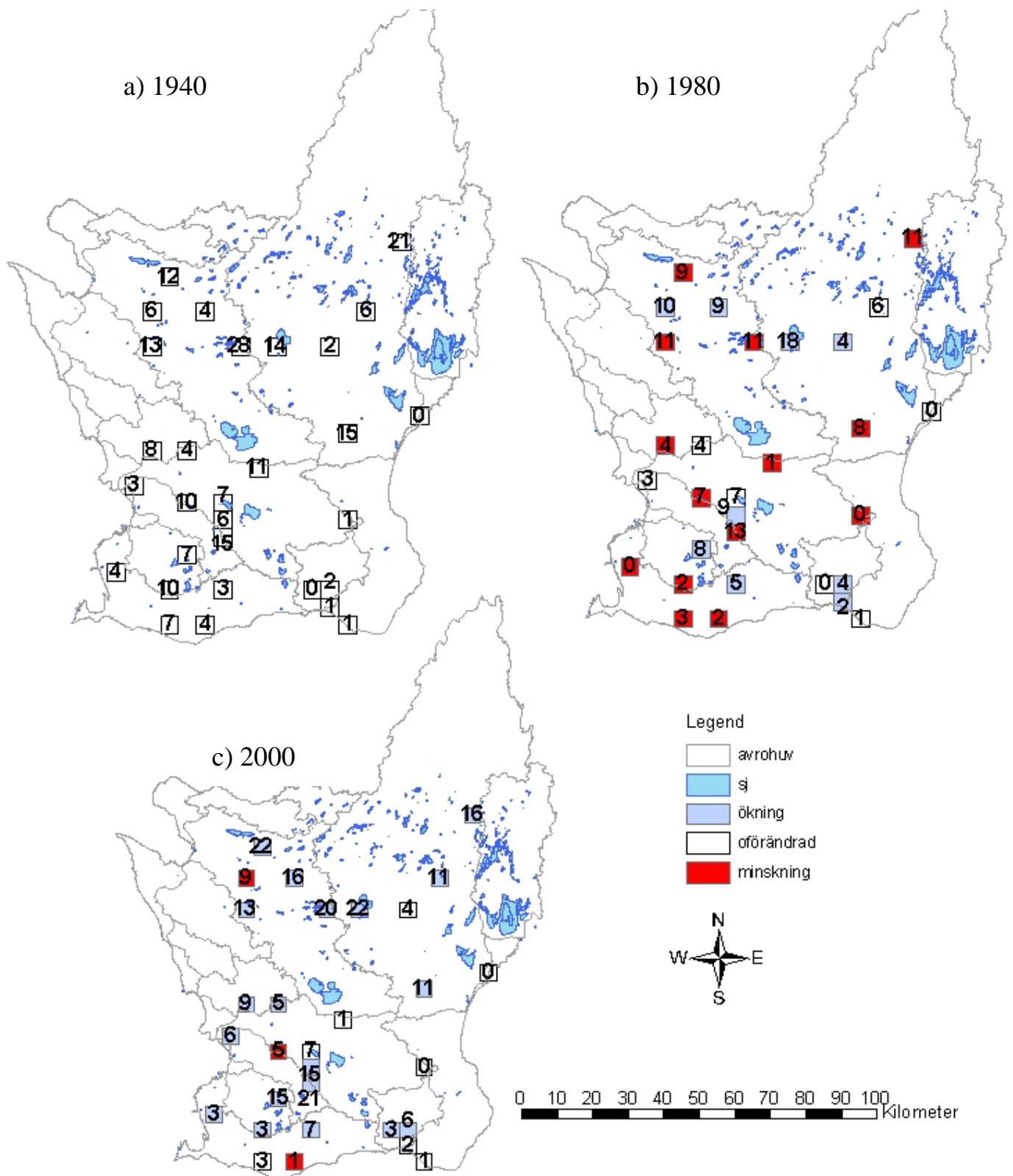
Mellan 1980- och 2000-talet så ökade antalet i 19 rutor, antalet var oförändrat i 8 rutor och en minskning förekom i 3 rutor (Figur 11 c).

Antalsförändring för alla småvatten mellan perioderna



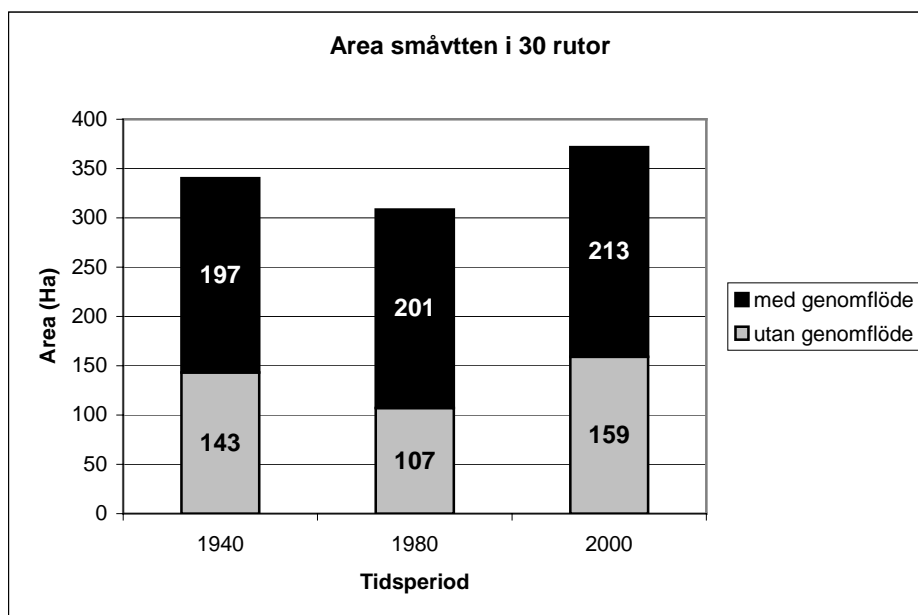
Figur 10. Förändringen av det totala antalet småvatten mellan perioderna i inventeringsrutorna. Siffrorna i rutorna visar hur många småvatten som identifierats under de olika tidsperioderna. Röda rutor indikerar en minskning från föregående period och blåa rutor en ökning från föregående period

Antalsförändring för småvatten med genomflöde mellan perioderna

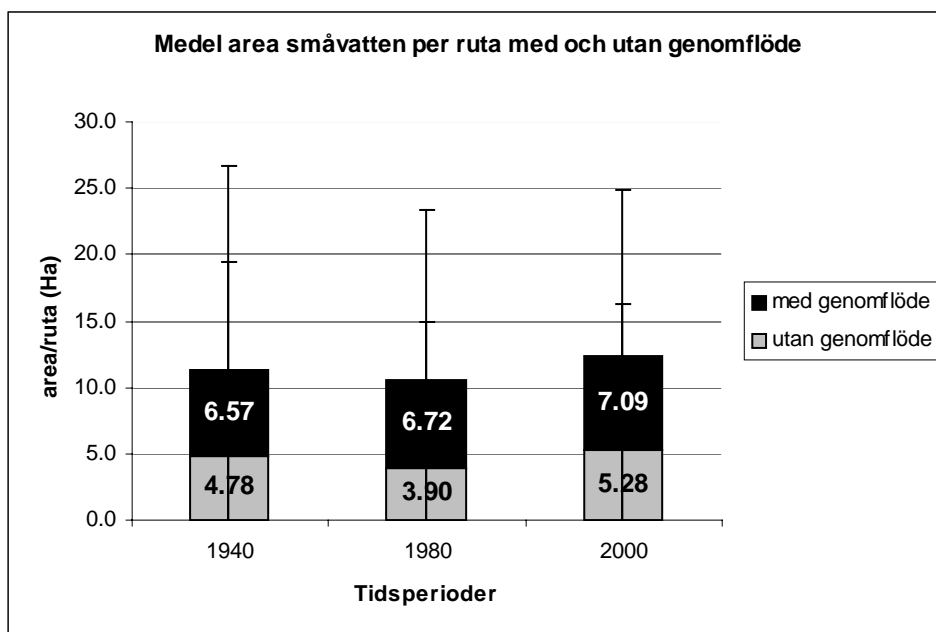


Figur 11. Förändringen av antalet småvatten med genomflöde mellan perioderna i inventeringsrutorna. Siffrorna i rutorna visar hur många småvatten som identifierats under de olika tidsperioderna. Röda rutor indikerar en minskning från föregående period och blåa rutor en ökning från föregående period

Den totala arean småvatten inom inventeringsrutorna var 340 Ha på 1940-talet, 309 Ha 1980-talet och 372 Ha 2000-talet. Av den totala arean var det 197 Ha småvatten med genomflöde på 1940-talet. Arean för småvatten med genomflöde har därefter stigit till 201 Ha på 1980-talet och 213 Ha på 2000-talet (Figur 12). Inventeringen visar alltså att den största totala arean småvatten återfinns på senare år, och att arean för småvatten med genomflöde stigit genomgående mellan tidsperioderna. Dessa trender gäller även medelarean per ruta, totalt och för småvatten med genomflöde. På 1940-talet var medelarean per ruta totalt sett 11.4 ha +/-15.3, och sjönk till 10.6 ha +/-12.74 på 1980-talet och ökade igen till ett högsta värde på 12.4 ha +/-12.57 på 2000-talet. Medelarean för småvatten med genomflöde per ruta ökar blygsamt från 6.6 ha +/-14.6 på 1940-talet, till 6.7 ha +/-11.1 på 1980-talet och 7.0 ha +/- 11.1 på 2000-talet (Figur 13).



Figur 12. Arean för småvatten med och utan genomflöde inom de 30 inventeringsrutorna. Stapelns totala höjd ger den totala arean småvatten inom inventeringsrutorna



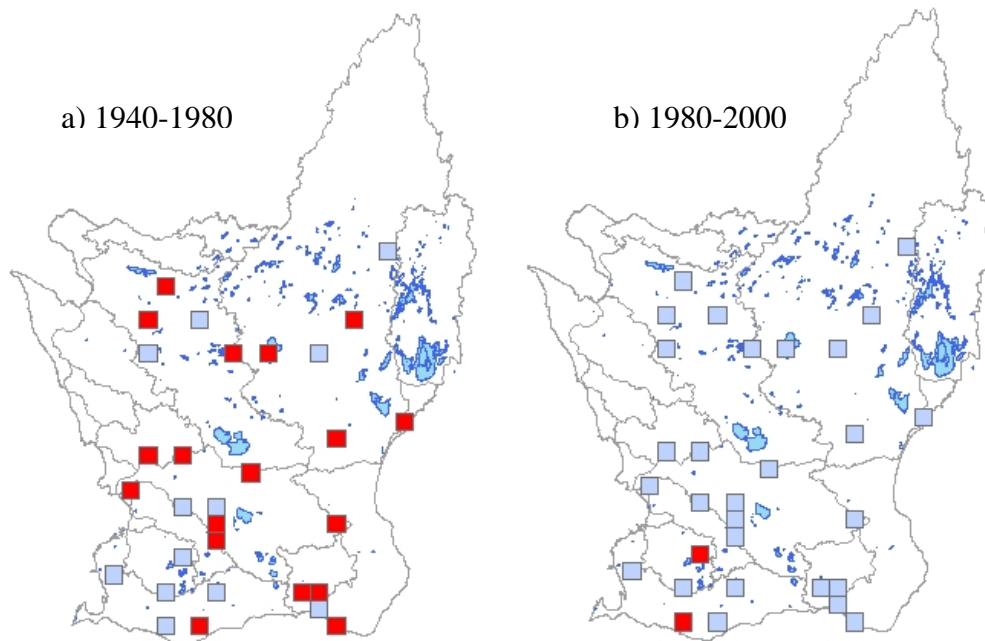
Figur 13. Area för småvatten med och utan genomflöde i medel area i Ha per ruta och standardavvikelse. Staplarnas totala höjd ger medel/ruta totalt.

Ser man på hur arean har förändrats mellan perioderna i de 30 inventeringsrutorna ser man att arean för alla småvatten minskade i 18 av de 30 rutorna och ökade i 12 mellan 1940- och 1980-talet (Figur 14 a). Mellan 1980- och 2000-talet ökade den totala småvattensarean i alla rutorna utom 2 (Figur 14 b).

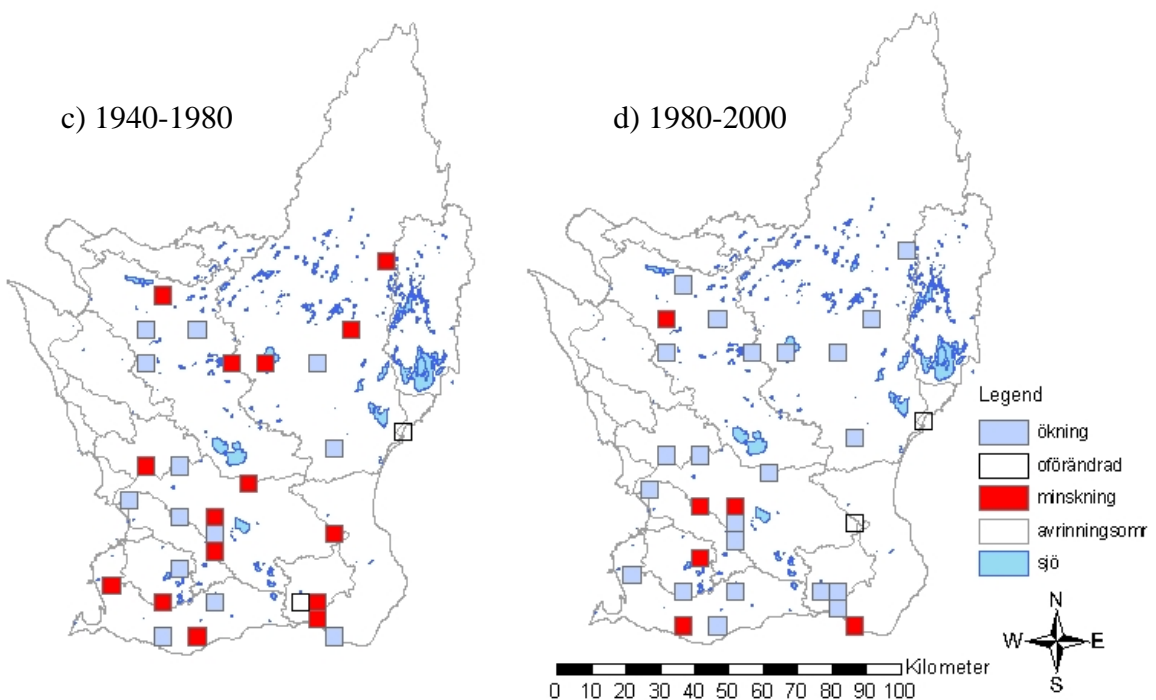
För småvatten med genomflöde ser vi en minskning av arean i 15 av rutorna och en ökning i 13 (oförändrat i 2 då inga småvatten förekommer i dessa), mellan 1940- och 1980-talet (Figur 14 c).

Mellan 1980- och 2000-talet ökade arean för småvatten i 22 av rutorna och minskade i 6 (oförändrat i 2 då inga småvatten förekommer i dessa) (Figur 14 d).

Areaförändring för alla småvatten mellan perioderna



Areaförändring för småvatten med genomflöde mellan perioderna



Figur 14. a) area minskning och ökning för alla småvatten mellan 1940- och 1980-talet. b) area ökning och minskning för alla småvatten mellan 1980- och 2000-talet. c) area ökning och minskning för småvatten med genomflöde mellan 1940- och 1980-talet. d) area ökning och minskning för småvatten med genomflöde mellan 1980- och 2000-talet.

Förändringen av totala antalet och den totala arean småvatten är störst i de tre klasserna under 1Ha (Tabell 7). På 1940-talet fanns det 2481 småvatten under 1Ha med en sammanlagd area på 140 Ha, de hade minskat på 1980-talet till 1095 med en sammanlagd area på 91 Ha, och ökade något på 2000-talet till 1350 med en sammanlagd area på ca 145 Ha. Störst förändring mellan tidsperioderna är det i klass 1 där antalet småvatten sjunker från 2180 med en sammanlagd area på 59 på 1940-talet till bara 826 med en sammanlagd area på 25 Ha på 1980-talet och ökar sedan igen en aning till 933 med en sammanlagd area på 34 Ha, på 2000-talet.

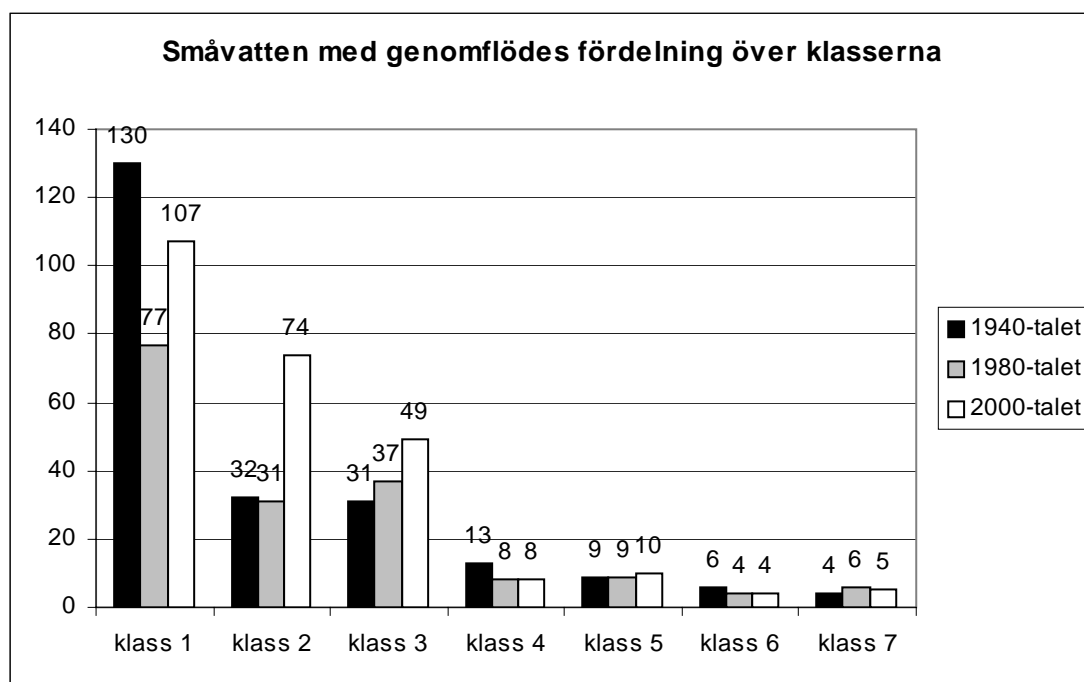
Tabell 7. Sammanställning av total- antal och area (Ha) för alla småvatten i inventeringsrutorna per storleksklass samt summerat i < 1Ha och >

klass	Antal småvatten			Area för småvatten (Ha)		
	1940-talet	1980-talet	2000-talet	1940-talet	1980-talet	2000-talet
1	2180	826	933	59,36	25,04	34,37
2	219	183	299	35,63	21,18	51,36
3	82	86	118	45,93	44,65	59,73
summa<1ha	2481	1095	1350	140,93	90,87	145,46
4	23	20	21	32,65	27,04	27,45
5	14	15	20	40,54	41,90	57,50
6	7	7	6	41,07	37,29	39,96
7	4	6	5	85,18	111,49	101,35
summa>1Ha	48	48	52	199,43	217,71	226,27
totalt	2529	1143	1402	340,36	308,58	371,73

Småvattensklasserna över 1Ha, visar en uppåtgående trend rakt igenom. På 1940-talet fanns 48 småvatten över 1Ha med en sammanlagd area på ca 200 Ha, på 1980-talet fanns också 48 med en area på 217 Ha och på 2000-talet identifierades 52 småvatten över 1Ha med en total area på ca 226 Ha.

Antalet småvatten med genomflöde per storleksklass visar också på en förändring främst i de tre klasserna (klass 1-3) under 1 Ha, där antalet sjunker från 193 på 1940-talet till 145 på 1980-talet och ökar sedan till 230 på 2000-talet. I klasserna över 1 Ha (klass 4-7) är förändringen liten, på 1940-talet fanns 32 småvatten, som minskade till 27 på 1980-talet och var oförändrat på 2000-talet (Figur 15, Tabell 8).

Förändringen i area småvatten med genomflöde fördelar sig dock lite annorlunda över klasserna i jämförelse med den totala arean. Småvattensarean i klasserna under 1 Ha ökar genomgående från 29.9 Ha på 1940-talet till 30.2 Ha på 1980-talet och till 45.8 Ha på 2000-talet. Arean för småvatten med genomflöde över 1 Ha var på 1940-talet 167.2 Ha, och ökade till 171.1 Ha på 1980-talet och minskade till 167.0 Ha på 2000-talet (tabell 8).



Figur 15. Hur småvatten med genomflöde fördelar sig över de olika storleksklasserna

Tabell 8. Sammanställning av total- antal och area för småvatten med genomflöde i inventeringsrutorna i de olika klasserna. Arean redovisas i Ha.

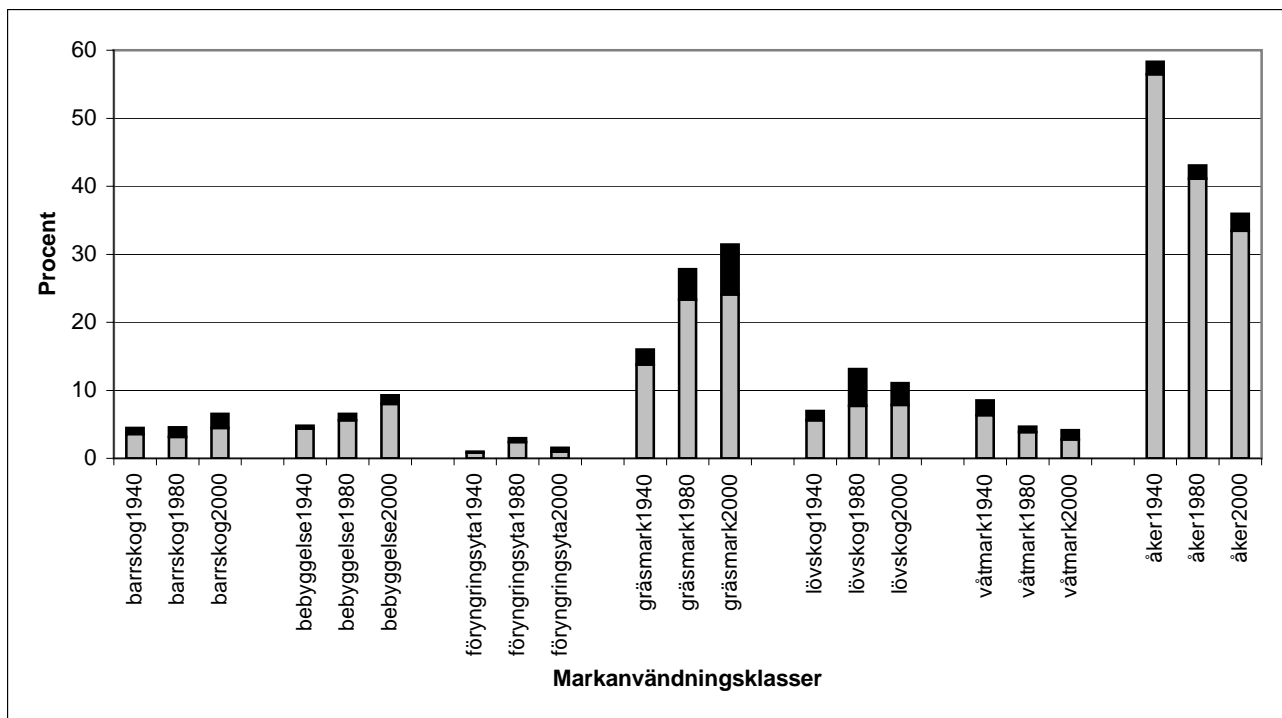
Klass	Antal småvatten			Area för småvatten (Ha)		
	1940-talet	1980-talet	2000-talet	1940-talet	1980-talet	2000-talet
1	130	77	107	4,11	3,03	4,40
2	32	31	74	5,82	5,53	13,74
3	31	37	49	19,91	21,68	27,69
summa<1Ha	193	145	230	29,85	30,24	45,83
4	13	8	8	19,41	10,38	9,87
5	9	9	10	26,28	26,59	28,75
6	6	4	4	36,35	22,62	26,82
7	4	6	5	85,18	111,49	101,35
summa>1Ha	32	27	27	167,21	171,08	166,79
totalt	225	172	257	197,06	201,32	212,62

5.2.3 Markanvändning kring småvatten

Åker och gräsmark är de markanvändningsklasserna som dominerar omkring småvattnen totalt sett i inventeringsrutorna och under samtliga tidsperioder. På 1940-talet omges nästan 75 % av alla småvatten av antingen åker eller gräsmark, på 1980-talet är det ca 70 % och på 2000-talet är det 67 % av alla småvatten som omges av dessa markanvändningsklasser (Figur 16, Tabell 9). Andelen småvatten i åker minskar kraftigt från 58 % på 1940-talet till 43 % på 1980-talet och utgör bara 35 % på 2000-talet. Minskningen av småvatten i åker sker till fördel för andra markanvändningsklasser, då främst gräsmark som ökar från 16 % på 1940-talet till 27 % på 1980-talet och till 31 % på 200-talet. Även andelen småvatten i andra markanvändningsklasser ökar. Andelen i barrskog och bebyggelse ökar genomgående från 1940-, 1980- till 2000-talet. För barrskog ökar det från knappt 4.5 % till drygt 4.5 % och sedan till 6.5 % på 2000-talet. För bebyggelse ökar det från knappt 5 % till 6.5 % och sedan till drygt 9 %. Lövskog ökar från 7 % till 13 % mellan 1940- till 1980-talet men minskar till 11 % under 2000-talet. Andelen småvatten i föryngringsyta uppvisar endast marginella förändringar och ligger runt 1 % alla åren. I våtmark är det en genomgående minskning av andelen småvatten från 8.5 % till 4.5 % och slutligen 4 %.

Antalet småvatten med genomflöde utgör en allt större del av det totala antalet småvatten i varje markanvändningsklass. Detta gäller för barrskog, bebyggelse, gräsmark och åker. Den största förändringen ligger i andelen småvatten med genomflöde i gräsmark, där andelen har ökat från 2 % på 1940-talet till 4 % på 1980-talet och till 7 % på 2000-talet.

Avvikande är andelen i lövskog som ökade kraftigt mellan 1940- och 1980-talet från 1 % till 5 % och minskade sedan något på 2000-talet till 3 %.



Figur 16. Procentuell fördelning i markanvändningsklasser för småvatten utan och med genomflöde. Grå staplar symboliserar småvatten utan genomflöde och svarta småvatten med genomflöde. Stapelns totala höjd ger den totala procenten småvatten i varje markanvändningsklass.

Tabell 9. Andelen (%) småvatten i samtliga rutor, Utan genomflöde, Med genomflöde och Totalt i markanvändningsklasserna barrskog, bebyggelse, föryngringsyta, gräsmark, lövskog, våtmark och åker under de tre tidsperioderna.

	1940			1980			2000		
	U	M	T	U	M	T	U	M	T
barrskog	3,60	0,87	4,47	3,15	1,40	4,55	4,49	2,07	6,56
bebyggelse	4,39	0,40	4,78	5,60	0,96	6,56	7,99	1,28	9,27
föryngringsyta	0,87	0,12	0,99	0,17	0,09	0,26	1,00	0,57	1,57
gräsmark	13,80	2,21	16,01	23,36	4,46	27,82	24,11	7,35	31,46
lövskog	5,61	1,34	6,96	7,70	5,42	13,12	7,85	3,21	11,06
våtmark	6,37	2,14	8,50	3,85	0,79	4,64	2,78	1,36	4,14
åker	56,47	1,82	58,28	41,12	1,92	43,04	33,45	2,50	35,95
totalt	91,10	8,90	100,00	84,95	15,05	100,00	81,67	18,33	100,00

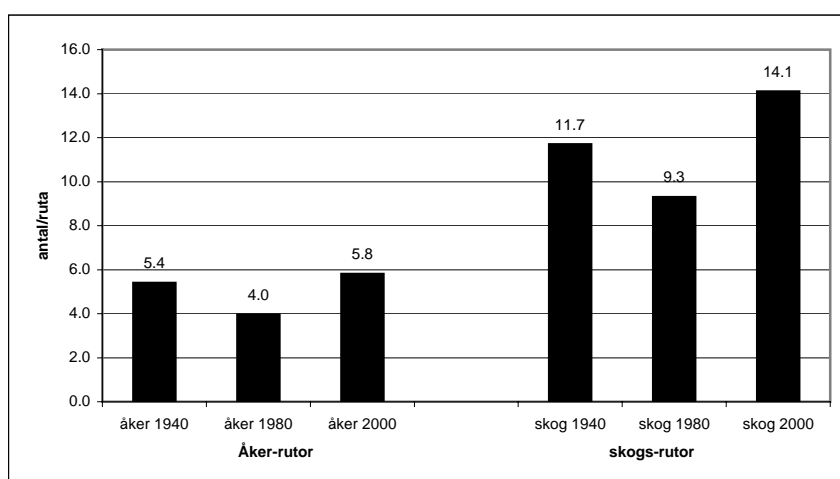
Tabell 10. Antalet småvatten i samtliga rutor, Utan genomflöde, Med genomflöde och Totalt i markanvändningsklasserna barrskog, bebyggelse, föryngringsyta, gräsmark, lövskog, våtmark och åker under de tre tidsperioderna

	1940			1980			2000		
	U	M	T	U	M	T	U	M	T
barrskog	91	22	113	36	16	52	63	29	92
bebyggelse	111	10	121	64	11	75	112	18	130
föryngringsyta	22	3	25	2	1	3	14	8	22
gräsmark	349	56	405	267	51	318	338	103	441
lövskog	142	34	176	88	62	150	110	45	155
våtmark	161	54	215	44	9	53	39	19	58
åker	1428	46	1474	470	22	492	469	35	504
totalt	2304	225	2529	971	172	1143	1145	257	1402

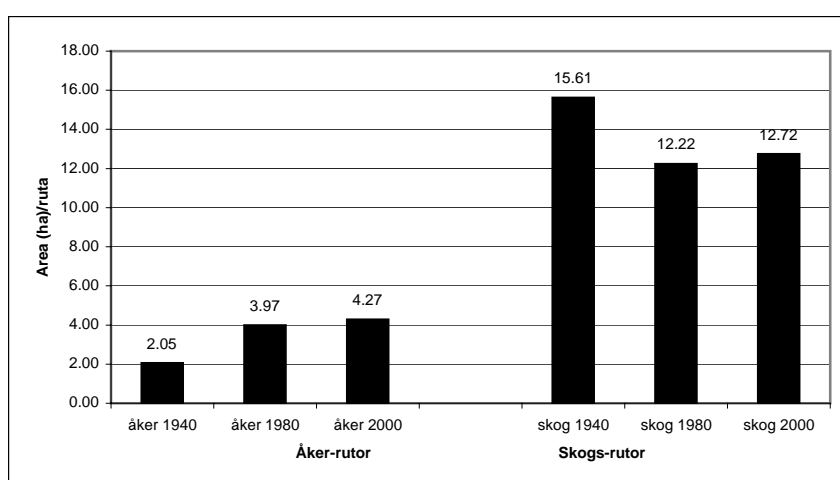
5.2.4 Förändringen i åker- och skogsrutor

Förändringen av antalet och arean småvatten med genomflöde i de rutor som domineras av åker respektive skog mellan de tre tidsperioderna är liten. Antalet småvatten med genomflöde per ruta minskar från 5.4 på 1940-talet till 4.0 1980-talet ökar till 5.8 på 2000-talet (Figur 17). Småvattensarean per ruta ökar genomgående från 2.1 Ha på 1940-talet till 4.0 Ha på 1980-talet och till 4.3 Ha på 2000-talet (Figur 18). Arean har alltså mer än fördubblats trots att antalet inte varierat så mycket.

I de rutor som domineras av skog har antalet småvatten med genomflöde per ruta sjunkit från 11.7 på 1940-talet till 9.3 på 1980-talet och når ett högsta värde på 2000-talet med 14.1 småvatten per ruta. Arean för småvatten i skogs rutor minskade från 15.6 Ha på 1940-talet till 12.2 Ha på 1980-talet och en liten återhämtning till 12.7 Ha på 2000-talet.



Figur 17. Medel antalet per ruta för småvatten med genomflöde i åker och skogs regions rutor

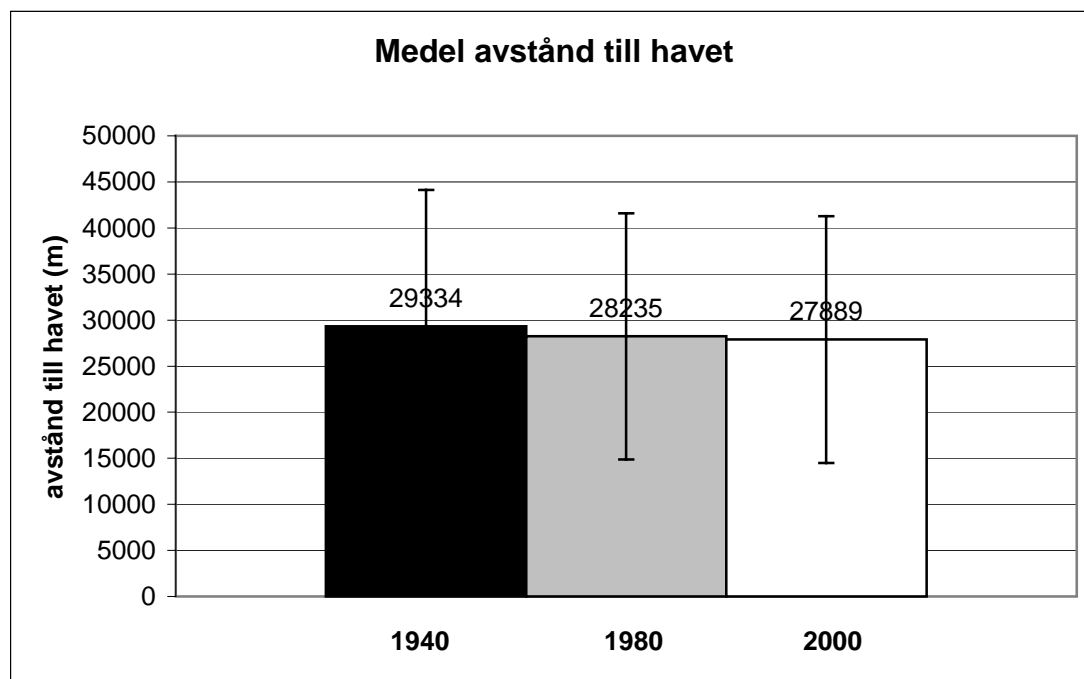


Figur 18. Medel arean per ruta för småvatten med genomflöde i åker och skogs regions rutor

5.2.5 Avstånd till havet

Avståndet till havet för småvatten med genomflöde uppvisar ingen signifikant förändring mellan de tre tidsperioderna.

Medel avståndet har minskat något, från 29334 m på till 28235 m, på 1980-talet och 27889 m på 2000-talet (Figur 19).



Figur 19. Medel avstånd till utloppspunkt i havet för småvatten med genomflöde för de tre perioderna, samt standardavvikelse för dem.

Förändringarna i antalet småvatten med genomflöde uppvisar inget tydligt spatiellt mönster med avseende på åker eller skogregion eller dräneringsområde. Det finns inget tydligt samband mellan förändring av antalet småvatten med genomflöde per ruta och rutans avstånd till havet (Figur 11 a-c).

5.2.6 Andel småvattensyta/ yta avrinningsområde.

Försök att göra detta gjordes, men då de 30 rutorna ligger slumpvis fördelade över Skåne och representerar en alldeles för liten yta för att kunna generalisera ett helt avrinningsområde med avseende på yta/yta vatten kan inget resultat presenteras.

Inte heller genom analysen av de mindre delavrinningsområdena gav ett godtagbart resultat. Endast två delavrinningsområden var täckta till mer än 50 % (urvals kriterie) av inveringsrutor, och när urvalet av småvatten med genomflöde gjordes på dessa var resultatet endast två småvatten med en mycket liten area. Ett resultat som knappast är lämpligt att fungera som riktlinje för övriga avrinningsområden i Skåne.

6. Diskussion

6.1 Metodik

6.1.1 Digitalisering och noggrannhet

Digitaliseringsförfarandet har fungerat bra. Att vi var fyra individuella digitaliserare med olika mycket erfarenhet av flygbildstolkning har inte varit ett problem utan snarare tvärt om, då det varit möjligt att genom digitaliseringsförloppet hålla en dialog digitaliserare emellan. Detta har varit till stor hjälp vid digitaliserandet av osäkra objekt.

Att på förhand enas om vissa gemensamma kriterier, avgränsningar och allmän systematik är ett måste och detta har fungerat bra i detta arbete.

Noggrannhetsutvärderingarna har givit ett godtagbart resultat. De stora avvikelserna i klass 3 på över 45 % både vad gäller area och antal behöver inte innebära att resultatet är dåligt överlag. Denna stora avvikelse kan lätt uppstå när man istället för att generalisera mindre närliggande småvatten till ett större, digitaliserar vart och ett för sig. Eller om småvattnet till area ligger i en gränzon mellan två klasstillhörigheter och tillfaller en klass för en person och en annan för en annan person. Detta är något som inte går att komma till rätta med hur noga man än diskuterar kriterier och avgränsningar. Alla objekt är individuella och föremål för subjektiv tolkning.

Det visar sig att flest digitaliserade småvatten inte betyder störst sammanlagd area. Detta visar också på hur digitaliseringstekniken varierar från person till person.

Fält utvärderingen för digitaliseringen av 2000-talsbilderna gav ett mycket bra resultat. Man kan givetvis argumentera om stickprovets storlek och representativitet för hela Skåne. Hade mer tid funnits vore det givetvis önskvärt att utöka stickprovet.

Att verifiera digitaliseringarna från 1980- och 1940-talet har av uppenbarliga skäl inte varit möjlig. Men syftet med fältkontrollen var huvudsakligen att utvärdera noggrannheten mellan digitaliserare, och detta visade på god överensstämmelse.

6.1.2 Analys

Analys metoderna är utförda med hjälp av attribut sökningar (SQL), av de i detta projekt skapade skikt. Noggrannheten i dessa attributtabeller är direkt beroende av den utförda digitaliseringen. Noggrannhetsutvärderingen och fältutvärderingen visar på en god säkerhet och resultaten av utförda analyser bör således också vara av godtagbar kvalitet.

Analyserna av småvatten med genomflöde, som baserades på en överlagring av ett sammanslaget skikt av vattendrag och hydrologiska linjer med en 25 meters buffert, och de producerade småvattensskikten, kan diskuteras med avseende på dess noggrannhet.

För det första så är vattendragsskiktet digitaliserat på 2000-talet men använt för sökning av småvatten under alla tre perioderna. Vattendrag har under hela 1900-talet varit utsatta för rätning och täckdikning i främst jordbruksmark till följd av effektivisering (Eriksson, 2001). Det finns alltså inga garantier för att vattendragen hade samma sträckning på 1980- och 1940-talet som på 2000-talet. En visuell granskning gjordes dock av resultatet från attributsökningen och resultatet visade på god överensstämmelse. Ett alternativ till att genomföra denna analys skulle vara att komplettera attributtabellen redan vid digitaliseringen av småvatten, där förekomst eller icke förekomst av genomflöde noterades. På detta sett skulle man inte vara beroende av att det inte finns vattendragsdata från respektive period.

Storleken på bufferten kan också diskuteras. Men som nämns i metod delen så gjordes försök med större och mindre buffertar men resultatet av dessa var inte tillfredsställande, då mindre buffertar uteslöt för många småvatten som vid visuell granskning uppenbarligen hade genomflöde, och större buffertar gjorde att för många vatten utan genomflöde valdes ut.

Metoden för beräkning av avståndet till havet som beräknades fågelvägen från småvattnets centrum till en identifierad utloppspunkt är långt ifrån tillfredsställande. Ett vattendrag meandrar naturligt och det reella avståndet är mycket mer komplext än så. Men på grund av bristfälligt data material var det inte möjligt att utföra analysen på annat sätt. Vattendragsdata i form av vd-skikt är inte för närvarande komplett.

Linjesegment fattas och vatten i kulvertar och liknande redovisas inte utan skapar ett avbrott i vattenflödet. Hade detta inte varit fallet så skulle det verkliga avståndet kunna beräknas för småvattnen genom nätverksanalys, där längden på varje linjesegment hade kunnat mätas och läggas samman till det verkliga avståndet.

6.2 Småvattensförändring

Antalet småvatten har mer än halverats från 1940-talet, men den totala arean småvatten har ökat. Detta tyder på att små småvatten har dränerats samtidigt som nya större har anlagts. Detta syns också i tabellen över antal småvatten i de olika klasserna där det klart framgår att den största förändringen av antalet ligger i klass 1 där de minskat med över 60 %.

Det är främst i åker som småvattnen försvunnit. Detta kopplat med tidigare resonemang om storleken på småvatten och den uppfattning man fått under digitaliseringsförloppet gör att man kan förmoda att det är främst småvatten i form av mangelgravar och andra mindre småvatten i åker som försvunnit.

Småvatten har ökat mest i markanvändningsklassen gräsmark. Man kan dock fråga sig om det är så att det tillkommit småvatten i just gräsmark eller om man helt enkelt har slutat bruka jorden i anslutning till småvattnet och låtit detta bli gräsmark eller betesmark. Erfarenhet av digitaliseringen säger att det är det senare av de två. Detta och att ett antal golfbanor, som klassas som gräsmark anlagts med tillhörande småvatten.

6.3 Förändring i Kväveretentions potential

Antalet småvatten med genomflöde och därmed förmågan att inverka positivt på retentionen av närsalter, har ökat och har ett högsta värde på 2000-talet. Vidare har även arean för småvatten med genomflöde ökat, vilket gör att förutsättningarna för kväveretention blivit bättre.

Antalet småvatten med genomflöde i åkerdominerad mark har också ökat och arean av dessa småvatten har mer än fördubblats. Även i bebyggelse har antalet småvatten ökat. Då åker och bebyggelse är de överlägset största kvävekällorna får detta anses

vara mycket positivt för avskiljningen av kväve till recipient vatten. Även avståndet till havet har minskat något även om dessa data inte är direkt tillförlitlig.

På det hela taget har alltså de parametrar som styr kväveretentionen, som gått att undersöka visat på en positiv trend och kan tolkas som om potentialen för kväve retention blivit bättre. Men man måste sätta detta i relation till belastningen av närsalter som kväve. Har belastningen varit den samma under hela perioden? Detta är knappast troligt. Det är mer troligt att belastningen har ökat i takt med intensifieringen av jordbruket, trafiken och med befolkningsökningen

Att dra några slutsatser om den egentliga retentionsförmågan går inte då detta är långt mer komplext än antalet och arean. Faktorer som temperaturfluktuationer, nitratbelastning och hydraulisk belastning är avgörande för vilken reduktion av kväve man kan få av ett småvatten (Tonderski et al 2002). Man måste studera varje småvatten med avseende på yta i förhållande till avrinningsområdet för varje småvatten. Inflödet av närsalter i förhållande till utflödet av dem och uppehållstiden (Svensson et al).

Om vattendragsdata hade varit komplett och även visat täckdiken så skulle man kunna göra en nätverksanalys och få reda på det verkliga avståndet till havet och avgöra om de låg uppströms en större sjö. Man skulle kunna följa varje flöde från källa till recipient genom olika markanvändningsklasser och på så sätt göra en mer noggrann utvärdering av kvävereningens potentialen.

Om dessa data fanns skulle man schablonmässigt kunna räkna på kväveretentionen och jämföra detta med de mål för kväverening som finns.

Att försöka beräkna förändringen av kvävereningens potential för småvatten på stor skala är kanske inte den bästa angripningspunkten, att studera förändringen i kustvatten är nog mer lämpligt. Men då det inte finns några mätningar från 1940-talet var inte heller detta möjligt.

Att studera kvävereningens potential för småvatten lämpar sig nog bäst för att kunna nyanlägga och återskapa småvatten som är så effektiva som möjligt.

Andra rapporter som har försökt att utvärdera kvävereningens potentialen i småvatten på stor skala är t.ex. Den rapporten av Svensson et al som jag har refererat till i denna rapport. En annan studie på detta område är Projektet TRK, Transport, Retention, Källfördelning - Belastning på havet, som hade som huvudsyfte att visa hur mycket föroreningar som släpps ut i haven via våra vattendrag, varifrån de kommer och eventuell avskiljning (retention) på dess väg från källan till havet. SMHI och SLU har

på uppdrag av Naturvårdsverket utfört det omfattande miljöprojektet.

Resultaten från projektet ska kunna nyttjas på såväl nationell som på internationell nivå samt på sikt även för analyser inom EUs ramdirektiv för vatten. För att genomföra projektet krävdes bland annat uppbyggnad av omfattande Sverigetäckande databaser över till exempel markanvändning, emission till vattnet både från punktkällor och diffusa källor, avrinnings- och läckageberäkningar.

7. Slutsatser

7.1 Metodik

- Den metodik som utarbetats under projektet för att med hjälp av digital flygbildstolkning och skärmdigitalisering i ett GIS, inventera småvattenförändringar har fungerat bra.
- Utvärderingen av metodiken visar att de fyra digitaliserna utförde arbetet tillräckligt samstämmigt för att få ett enhetligt resultat på kortare tid.
- Geokorrigeringen av 1980-talsbilderna gav ett resultat som bedömdes tillräckligt bra för ändamålet av denna studie.
- Användandet av den utarbetade metodiken för att analysera förändring av parametrar för kväverening, har inte varit tillfredsställande. Studieområdet har varit för stort och inventeringsrutorna för få, samt att grunddata materialet varit bristfälligt.

7.2 Småvattenförändring

- Medelantalet småvatten i Skåne har nästan halverats mellan 1940- och 1980-talet för att sedan öka något fram till 2000-talet. Medelantalet småvatten med genomflöde minskade endast något från 1940- till 1980-talet men har sitt högsta värde på 2000-talet.

- Andelen småvatten med genomflöde utgör en allt större del av det totala antalet mellan perioderna men är ändå en relativt lite del av det totala antalet småvatten.
- Den totala medelarean minskade mellan 1940- och 1980- talet för att sedan öka och på 2000-talet och vara större än på 1940-talet. För småvatten med genomflöde har medelarean stadigt ökat genom tidsperioderna
- Både totalt sett och för småvatten med genomflöde gäller att det är i storleksklassen 0-0,1 ha som har minskat mest sedan 1940 –talet, även i storleksklassen 0,1- 1 ha är förändringen märkbar. De småvatten som tillkommit sedan 1980-talet är i storleksklassen 0,1-1 ha.
- Överlag har småvatten främst försvunnit från åkermark och tillkommit i gräsmark.
- Andelen småvatten med genomflöde har ökat i nästan alla markanvändningsklasser.
- I åkerdominerad mark har småvatten med genomflöde minskade något i medelantal till 1980-talet för att sedan nå ett högsta värde på 2000-talet
- Medelarean för småvatten med genomflöde har stadigt ökat i åkerdominerad mark.
- Avståndet till havet har minskat något men analysmetoden har inte varit tillfredsställande så slutsats kan inte dras.

8. Framtiden

- Använda utarbetad metodik för att studera ett specifikt avrinningsområde och utföra fullständig inventering av förändringen av småvatten och sedan kvantifiera kvävereningspotentialen. Förslagsvis Kävlingeåns avrinningsområde. Detta skulle kunna komplettera ”Kävlingeåprojektet”.
- Komplettera vattendragsdatan genom att vektorisera även täckta vattendrag och diken för att kunna mer exakt bedöma avståndet till havet.
- Förlänga tidsperspektivet genom att inventera småvatten i historiska kartor såsom gamla ekonomiska kartan (tidigt 1900-tal), generalstabskartan (1800-talets mitt), och rekogniseringskartan (tidigt 1800-tal).
- Vektorisera vattendrag för 1940-talsbilderna.

9. Referenser

- Andersson J. (2004) *Småvatten då och nu en förändringsstudie*
- Bendsten, J. (2003) *Nya våtmarker i Skåne – Uppföljning för perioden 1990-2001*, Länsstyrelsen i Skåne
- Campbell, B. James. (1996). *Introduction to Remote Sensing*. Second edition, Taylor & Francis. London. 622 s.
- Eklundh, L. (2001). *Geografisk informationsbehandling, Metoder och tillämpningar*. Stockholm, Byggeforskningsrådet: 348 s.
- Eriksson, Peder, (2001), *Kävlingeåprojektet – Utvärdering av Etapp I och II Del I*, Tekniska förvaltningen, Park och naturkontoret, Lunds Kommun, Lund
- Eriksson, P. G. & S. E. B. Weisner. (1999). *An experimental study on effects of submersed macrophytes on nitrification and denitrification in ammonium-rich aquatic systems*. Limnol. Oceanogr. 44: 1993-1999.
- Germundsson, T. och Schlyter, P. (1999). *Sveriges National Atlas – Atlas över Skåne*, Almqvist & Wiksell, Uppsala
- Larsen, J. (1988) *Småvatteninventering i det sydvästska sjölandskapet*, Länsstyrelsen i Malmöhus län
- Länsstyrelsen i Skåne län, (2003), *Skånes miljömål och miljöhandlingsprogram*, Skåne i utveckling 2003:62, ISSN 1402-3393
- Länsstyrelsens Meddelandeserie 2004:4 *Samverkan inom ett vattendistrikt* ISSN 0284-6594
- Mahmoudi, Said & Rubenson, Stefan (2004) *Miljörättens grunder*, Norstedts juridik
- Miljöbalken § 8
- Svensson, M. J., Strand J., Sahlén, G., Weisner, S. (2004) *Utvärdering av våtmarker anlagda inom lokala investeringsprogram och med LBU-stöd avseende närsaltsretention och biologisk mångfald*, Våtmarkscentrum, Högskolan Halmstad, Halmstad
- Tollebäck, E. (2005) *Modellering av kväveavskiljningen under fyra år i en anlagd våtmark på Lilla Böslid, Haland*. Seminarieuppsatser nr 119.
- Tonderski, K., Weisner, S., Landin, J. och H, Oscarsson, Eds. (2002). *Våtmarksboken*. Västervik, AB c o Ekblad & Co. 270 s.
- Wastensson, L. (1993), *Flygbildsteknik och fjärranalys*, Nämnden för skoglig fjärranalys, Skogsstyrelsen

Internet icke publicerade:

Prade, T, (2004), Våtmarkscentrum, Halmstad Högskola.
www.hh.se/wetland/varfor_vatmarker.htm (040610)

Naturvårdsverket i samarbete med Boverket och SGU
www.vattenportalen.se (2005-05-16)

Naturvårdsverket
www.naturvardsverket.se/dokument/natur/ramsar/ramsar.htm (2005-05-11)

Naturvårdsverket
www.naturvardverket.se (2005-07-12)