Udvikling af redskaber til automatisk registrering af § 3-beskyttede vandhuller

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 9. oktober 2013

Geoff Groom, Michael Stjernholm & Bettina Nygaard

Institut for Bioscience

Rekvirent:
Naturstyrelsen
Antal sider: 16

Faglig kommentering:
Flemming Skov
Kvalitetssikring, centret:
Jesper R. Fredshavn

AARHUS
UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
http://dce.au.dk

Indhold

1 Formål **3**

2 Datagrundlag **4**

3 Analyser og resultater **6**

3.1 Metode 1 (GIS analyse af synlige vandflader) 7
3.2 Metode 2 (GIS analyse af markblokke) 7
3.3 Metode 3 (mønstergenkendelse) 8
3.4 Metode 4 (afgrænsning af polygoner) 12
3.5 Test af billeddatakvalitet 13

4 Diskussion og perspektivering **14**

1 Formål

Projektet har til formål at udvikle redskaber til automatiserede analyser af digitale luftfotos, der kan opfange ændringer i de 120.000 vandhuller, der indgår i den vejledende § 3-registrering. I projektet har vi udviklet og testet en række metoder til genkendelse af afvigelser mellem den vejledende registrering af § 3-beskyttede vandhuller og informationer i digitale luftfotos.

2 Datagrundlag

Vi har udvalgt 5 undersøgelsesområder af 20 x 20 km i Guldborgsund, Roskilde, Holstebro, Haderslev og Hjørring kommune. Pilotområderne repræsenterer et bredt udsnit af det danske landskab og omfatter kommuner med både høj og lav forekomst af potentielle konfliktarealer jf. stikprøveanalysen (Nygaard m.fl. 2011). Pilotområderne er delvist sammenfaldende med de kommuner, der indgår i de tidlige faser af Miljøministeriets opdateringsprojekt, således at de manuelle luftfototolkninger kan benyttes til validering af metoderne.

Figur 1. Analyserne er udført på to datasæt (kaldet stikprøver). A (til venstre): Vandhul fra stikprøve 1, hvor der findes synligt vandspejl inden for det § 3-beskyttede vandhul (overlap med top10dk-søtemaet). B (i midten): Vandhul fra stikprøve 2, hvor der ikke findes et synligt vandspejl inden for det § 3-beskyttede vandhul (intet overlap med nærliggende top10dk-sø). C (til højre): Vandhul fra stikprøve 2, hvor der ikke findes et synligt vandspejl inden for det § 3-beskyttede vandhul (ingen top10dk-søer i nærheden). § 3-registrerede vandhuller er vist med blåt og top10dk-søer er vist med orange.

I undersøgelsesområderne rummer den vejledende registrering sammenlagt 2.230 § 3-beskyttede vandhuller. Vi har udvalgt to datasæt på hhv. 167 og 155 vandhuller ud fra følgende kriterier:

- Oprensning af topologiske fejl (2.203 polygoner)
- Udeladelse af vandhuller, der ligger delvist uden for undersøgelsesområderne (2160 polygoner)
- Udeladelse af vandhuller over 5.000 m2 (2017 polygoner)
- Opdeling af koblede polygoner ("Multipart to single part conversion" (2020 polygoner).

Ud fra de vejledende registrerede § 3-vandhullers placering i forhold søer i top10dk blev datasættet opdelt i 2:

- For 1484 vejledende registrerede § 3-vandhuller er der et overlap med top10dk søer, hvilket indikerer, at der er en synlig vandflade inden for § 3-arealet (Figur 1A). Heraf blev foretaget en tilfældig udvælgelse af en stikprøve på 167 vandhuller til videre analyser ("stikprøve 1"). I denne stikprøve er der ingen vandhuller, der i pilotåret af naturstyrelsens opdateringsprojekt blev registreret som et vandhul, der er omfattet af potentielle konfliktaktiviteter. Stikprøven repræsenterer 73 % af vandhullerne i testområderne.

- For de resterende 536 vejledende registrerede § 3-vandhuller er der ikke noget overlap med top10dk søer, hvilket indikerer at der ikke er en synlig vandflade inden for § 3-arealet (Figur 1B). Dette datasæt forventes at rumme en større andel af vandhuller, der er fejlregistrerede. Heraf blev foretaget en tilfældig udvælgelse af en stikprøve på 155 vandhuller til videre analyser (”stikprøve 2”). I denne stikprøve findes 7 vandhuller, der i pilotåret af naturstyrelsens opdateringsprojekt blev registreret som et vandhul, der er omfattet af potentielle konfliktaktiviteter. Stikprøven repræsenterer 27 % af vandhullerne i testområderne.

3 Analyser og resultater

Det er ikke muligt at udvikle én simpel metode til at opfange vandhuller, der har behov for en opdatering i forhold til den vejledende registrering. Det hænger sammen med at de 120.000 vandhuller i den vejledende registrering findes på dyrkede marker, i haver og parker, omgivet af naturarealer, langs skovbryn, i skove og tæt knyttet til bebyggelse og veje (Figur 2).

Med den naturlige sæson- og år til år variation i vandhullernes naturindhold (flydevegetation og bræmmevegetation) og forskellen i billeddataegenskaber og kvalitet mellem de forskellige årgange, er udviklingen af automatiserede metoder til mønstergenkendelse ikke en triviel opgave. Vi har derfor udviklet ikke blot en metode, men en række automatiserede metoder, der fanger forskellige aspekter af problemkomplekset og testet dem på de to stikprøver på hhv. 167 og 155 vandhulspolygoner. Tre metoder er udviklet med henblik på at identificere hvilke vandhuller, der fremstår som korrekt afgrænset i forhold til de tilgængelige luftfotos og hvilke vandhuller, der tilsyneladende har behov for en opdateret registrering. Samlet udgør disse metoder en screenings proces, der i sig selv kan anvendes til at sortere de vejledende registrerede vandhuller og skabe et overblik over hvor stor uoverensstemmelse, der er mellem registreringen og de faktiske forhold udtrykt på luftfoto. Ud over de tre screenings metoder har vi undersøgt potentialet for at foretage en automatisk afgrænsning af de beskyttede vandhuller, der afspejler den udbredelse, der kan aflæses af luftfotos.

Figur 2. De § 3-beskyttede vandhuller findes i mange forskellige landskaber og der er derfor behov for at udvikle komplekse metoder til at automatisere evalueringen af billeddata. De 120.000 vandhuller findes på dyrkede marker (A), omgivet af småbiotoper (B), langs skovbryn (C), i skove (D), på naturarealer (E og F) og tæt knyttet til bebyggelser (G), veje (H), haver og parker. § 3-registrerede vandhuller er vist med blåt, top10dk-søer er vist med orange og de opdaterede vandhuller (jf. Naturstyrelsens opdateringsprojekt) er vist med gult.

3.1 Metode 1 (GIS analyse af synlige vandflader)

Med henblik på at identificere den del af § 3-vandhullerne, der har en synlig vandflade, har vi udviklet en simpel geometrisk analyse af overlappet mellem den vejledende registrering og vandhuller i top10dk temaet uden brug af billeddata. Sammenfaldet mellem de to temaer er udtrykt på en skala fra 0 til 1, hvor 1 er 100 % sammenfald. Således har § 3-vandhuller med en værdi mellem 0,8 og 1,0 med stor sandsynlighed en korrekt afgrænset vandflade.

Denne screening tager ca. 4 sekunder pr. vandhul.

Figur 3A. Eksempler på vandhuller med A) et stort overlap (81 %) og B) et lille overlap (12 %) mellem § 3-temaet og top10dk-søtemaet. § 3-registrerede vandhuller er vist med blåt, top10dk-søer er vist med orange og de opdaterede vandhuller (jf. Naturstyrelsens opdateringsprojekt) er vist med gult.

Som det fremgår af Tabel 1 er der en god korrelation mellem afgrænsningen af de § 3-registrerede vandhuller og de synlige vandflader i top10dk-temaet for blot 8 % af de 167 undersøgte vandhuller i stikprøve 1.

Tabel 1. Oversigt over resultatet af metode 1, der beregner overlappet mellem det § 3-beskyttede vandhul og den synlige vandflade i top10dk-søtemaet. Stikprøve 1 (synlig vandflade) repræsenterer de 1.484 vandhuller i testområderne, der ved den indledende sortering har vist et større eller mindre overlap mellem den vejledende § 3 registrering og top10dk-søtemaet. I stikprøve 2 (ikke synlig vandflade) er der intet overlap mellem de to temaer.

Overlap mellem § 3-vandhul og	**Stikprøve 1**		**Stikprøve 2**	
top10dk-sø	**Antal**	**Andel**	**Antal**	**Andel**
0	0	0 %	155	100 %
< 0,5	90	54 %		
0,5 – 0,7	50	30 %		
0,7 – 0,8	14	8 %		
0,8 – 0,9	11	7 %		
> 0,9	2	1 %		
Samlet	167	100 %	155	100 %

3.2 Metode 2 (GIS analyse af markblokke)

For naturtypen vandhul/sø er dræning og opdyrkning de hyppigst registrerede konfliktaktiviteter i såvel stikprøveanalysen (Nygaard m.fl. 2011) som pilotundersøgelsen (Nygaard m.fl. 2012). Vi har derfor udviklet en simpel geometrisk analyse (uden brug af billeddata), der beregner om de vejledende registrerede vandhuller ligger inden for markblokkortet og dermed kan have ændret udbredelse som følge af dyrkningsmæssige indgreb (dræning,

opdyrkning). Markblokkortet er en digital samling af geografisk sammenhængende landbrugsarealer.

Sammenfaldet mellem § 3-vandhullerne og markblokkortet er udtrykt ved den andel af § 3-arealet, der overlapper med markblokkene og udtrykkes på en skala fra 0 til 1. En værdi på 1,0 signalerer at vandhullet ligger inden for en markblok og potentielt påvirket af dyrkningsmæssige indgreb. En værdi på 0,0 peger på at vandhullet ligger helt uden for markblokkortet (Figur 4A) og med stor sandsynlighed ikke er påvirket af dyrkningsmæssige indgreb. Lave værdier (over 0) kan pege på at § 3-registreringen og/eller markblokkortet er unøjagtigt afgrænset eller at dele af naturarealet er gået tabt (Figur 4B).

Denne screening tager ca. 4 sekunder pr. vandhul.

Figur 4A. Eksempel på et § 3 vandhul, der ligger helt uden for markblokkortet (0 % overlap). B) Eksempel på et vandhul, hvor en mindre del (12 %) af § 3-arealet ligger inden for markblokkortet. § 3-registrerede vandhuller er vist med blåt og de opdaterede vandhuller (jf. Naturstyrelsens opdateringsprojekt) er vist med gult.

Mere end halvdelen af vandhullerne i stikprøve 1 (med synligt vandspejl på en del af arealet) ligger uden for markblokkene (Tabel 2) og ligger således ikke i direkte tilknytning til dyrkede marker. Tilsvarende ligger hovedparten af vandhullerne i stikprøve 2 (hvor der ikke er synligt vandspejl) helt eller delvist inden for markblokkene og dermed potentielt påvirket af dyrkningsmæssige indgreb.

Tabel 2. Oversigt over resultatet af metode 2, der beregner overlappet mellem det § 3-beskyttede vandhul og landbrugsarealer (registreret som markblokke).

Overlap mellem § 3-vandhul og	Stikprøve 1		Stikprøve 2	
markblok	Antal	Andel	Antal	Andel
0,0	91	54 %	47	30 %
0,0 - 0,1	25	15 %	19	12 %
0,1 - 0,25	14	8 %	12	8 %
0,25 - 0,5	12	7 %	15	10 %
0,5 - 1,0	15	9 %	25	16 %
1,0	10	6 %	37	24 %
Samlet	167	100 %	155	100 %

3.3 Metode 3 (mønstergenkendelse)

Vi har udviklet en metode til mønstergenkendelse i billeddata, der har til formål at vurdere udviklingen i de beskyttede vandhullers udbredelse. Analysen består af en sammenligning af billeddataegenskaberne i vandhulspo-

lygonen (”test area”) og en ring (”comparison ring”), der omslutter vandhullet (se Figur 5A).

I analysen beregnes en indeksværdi for ligheden mellem vandhulspolygonen (”test area”) og den homogene del af ringen (”comparison ring”) udtrykt ved gennemsnit og variation i pixelværdierne. For stikprøve 1 (vandhuller med synligt vandspejl) er ”test area” defineret ved det overlap mellem § 3 vandhulstemaet og top10dk-søtemaet, der er fremkommet af metode 1. Sammenligningen foretages kun for arealer, der ligger inden for en markblok. Det hænger sammen med, at påvirkninger fra landbrugsmæssig drift (dræning og opdyrkning) er de hyppigst registrerede konfliktaktiviteter for naturtypen (jf. Nygaard m.fl. 2011, og 2012) og at billedsignaturen på arealer uden for markblokkene er så heterogen at det ikke er muligt at foretage en sammenlignelig analyse (og beregne en indeksværdi). For stikprøve 2 (vandhuller uden synligt vandspejl) er ”test area” defineret ved den vejledende § 3 registrering. For begge datasæt gælder at analysen kun kan gennemføres hvis mindst halvdelen af ringen har en homogen billedsignatur (Figur 5A).

Figur 5. A) Illustration af den sammenligning af billedataegenskaber i vandhulspolygonen (“test area”) og det omkringliggende landskab (“comparison ring”), der udføres i metode 3. I det viste eksempel er der en meget homogen billedsignatur i ringen. B) Eksempel på vandhul, hvor det ikke er muligt at foretage en sammenligning af pixelværdierne i vandhulspolygonen og det omkringliggende areal, da mindre end 50 % af ”comparison ring” har en homogen billedsignatur.

Analysen gennemføres uafhængigt for hver årgang af luftfoto, hvorved der fremkommer en tidsserie af indeksværdier. Høje positive indeksværdier indikerer markante forskelle i pixelværdierne mellem vandhullet og de omkringliggende arealer (”comparison ring”), medens lave positive og negative indeksværdier indikerer stor lighed i pixelværdierne.

Indeksværdierne er transformerede til scorerne 0, 1 og 2 på følgende måde:

- **Scoren 0** gives til vandhuller med indeksværdier under 10. Her er stærk evidens for at vandhullet ikke fremstår som et velafgrænset objekt på luftfoto og med stor sandsynlighed er inddraget i den arealanvendelse, der findes på de omkringliggende arealer, eksempelvis ved afvanding og opdyrkning.
- **Scoren 1** gives til vandhuller med indeksværdier mellem 10 og 100. Her er evidens for at vandhullet kun i mindre grad fremstår som et velafgrænset objekt på luftfoto.
- **Scoren 2** gives til vandhuller med indeksværdier over 100. Her er stærk evidens for at vandhullet fremstår som et velafgrænset objekt på luftfoto og med stor sandsynlighed ikke er påvirket af aktiviteter, der kan være i konflikt med beskyttelsen.

Hvor det i et givet år ikke har været muligt at beregne en indeksværdi har arealet fået scoren "x". Det drejer sig eksempelvis om arealer, hvor mere end halvdelen af det § 3-registrerede vandhul og dets omgivelserne (i en radius på 50 m) ligger uden for markblokkortet, eller hvor mindre end halvdelen af ringen har en homogen billedsignatur.

Denne screening tager ca. 10-15 sekunder pr. vandhul.

3.3.1 Vurdering af metodens effektivitet ("Hit Rate")

Vi har beregnet hvor effektivt screeningsmetoden opfanger vandhuller, der har ændret udbredelse i løbet af den undersøgte periode (1995-2010) eller hvor der er en uoverensstemmelse mellem vandhullets afgrænsning i den vejledende § 3-registrering og billeddata informationer i de 7 årgange af luftfotos.

Metodens effektivitet er udtrykt ved to forskellige mål:

- Hit Rate 1 er et udtryk for om metoden med rimelighed kan anvendes til at vurdere kvaliteten af den vejledende registrering af et givet vandhul. Metoden vurderes at være anvendelig for vandhuller, hvor det er muligt at beregne ligheden i pixelinformationer mellem vandhul og den omgivende ring ("indeksværdien") (se Figur 5A) for mindst 4 ud af 7 årgange (og mindst 2 ud af 3 årgange i perioden 2006-2010). Metoden virker derimod ikke for vandhuller, der er omgivet af et heterogent landskab (fx Figur 5B) og hvor indeksværdien derfor ikke kan beregnes (eller kun kan beregnes for et begrænset antal årgange).
- Hit Rate 2 er et udtryk for om et givet vandhul skal inspiceres manuelt, dvs. om det med stor sandsynlighed har haft en konstant udbredelse gennem perioden og ikke er påvirket af aktiviteter, der kan være i konflikt med beskyttelsen. Her foretages en opdeling i arealer, der med stor sandsynlighed er korrekt afgrænset i forhold til billeddataegenskaberne og arealer, der bør inspiceres manuelt. Vurderingen kan kun foretages for arealer, der består de krav til datakvaliteten, der er udtryk i Hit Rate 1.

Vi har evalueret metodens evne til at opdele vandhullerne i arealer, der med stor sandsynlighed er unøjagtigt afgrænset eller har ændret karakter (og derfor bør inspiceres manuelt) og arealer, der har haft en konstant udbredelse gennem perioden (her 1995-2010). Arealer, der er udpeget til en manuel inspektion, men hvor der ved gennemsyn af luftfotos ikke er indikation for at arealet har ændret karakter i perioden, betegnes som "falsk-negative". Tilsvarende bruges betegnelsen "falsk-positiv" om vandhuller, der med metoden vurderes som uændrede (og derfor ikke behøver en manuel inspektion), men hvor der reelt er sket en synlig ændring af vandhullets udbredelse eller tilstand. De "falsk positive" arealer repræsenterer tabte vandhuller, der ikke opfanges i analyserne og kan tages som et udtryk for at metoden har fejlet. Forekomsten af "falsk-negative" arealer (intakte vandhuller, der udpeges til manuel inspektion) betyder "blot", at der anvendes unødvendige ressourcer på en manuel gennemgang af luftfotos.

3.3.2 Resultater

Analysen har vist, at kvaliteten af den vejledende § 3-registrering ikke kan vurderes for 58 % (97 ud af 167) af vandhullerne i stikprøve 1 (synligt vandspejl) og 48 % (74 ud af 155) af vandhullerne i stikprøve 2 (ikke synligt vandspejl). Det skyldes en heterogen billedsignatur i ringen ("comparison ring")

på mere end 3 årgange, hvilket forhindrer en beregning af ligheden i pixelinformationerne mellem vandhullet og den omgivende ring. Det er muligt at foretage en analyse på det nyeste luftfoto for blot 2 af de 97 vandhuller i stikprøve 1 og 2 vandhuller i stikprøve 2. Sammenlagt er det muligt at benytte metode 3 til en evaluering af den vejledende registrering på 45 % af vandhullerne i testområderne.

Tabel 3. Oversigt over resultatet af metode 3, der beregner sammenligner pixelinformationer i vandhulspolygonen og det omkringliggende landskab (”comparison ring”) og sandsynliggør om vandhullet er korrekt registreret. Metodens effektivitet måles ved ”Hit rate 1”, der er et udtryk for om analysen kan gennemføres for et givet vandhul og ”Hit rate 2”, der er et udtryk for om et givet vandhul med stor sandsynlighed har haft en konstant udbredelse gennem perioden og ikke er påvirket af aktiviteter, der kan være i konflikt med beskyttelsen. Metodens effektivitet er opgjort for de to stikprøver og for det samlede datasæt i testområderne. Metoden er valideret ved en manuel inspektion af de arealer, der kan vurderes med metoden. I tabellen er vist antal vandhuller, der er korrekt vurderet og de der er fejlvurderet.

Metodens effektivitet	**Stikprøve 1**		**Stikprøve 2**		**Andel af**
	Antal	**Andel**	**Antal**	**Andel**	**§ 3 tema**
Hit rate 1					
Kan ikke vurderes med metoden (heterogen billedsignatur i ringen)	97	58 %	74	48 %	55 %
Kan vurderes med metoden (homogen billedsignatur i ringen)	70	42 %	81	52 %	45 %
Samlet	167	100 %	155	100 %	100 %
Hit rate 2					
Skal inspiceres manuelt (sandsynligvis ikke korrekt registreret)	15	9 %	46	30 %	15 %
Validering af resultater					
Korrekt vurdering (”sandt-falske”)	4		18		
Fejlvurdering (”falsk-negative”)	11		28		
Skal ikke inspiceres manuelt (sandsynligvis korrekt registreret)	55	33 %	35	22 %	30 %
Validering af resultater					
Korrekt vurdering (”sandt-positive”)	55		35		
Fejlvurdering (”falsk-positive”)	0		0		
Samlet	70	42 %	81	52 %	45 %

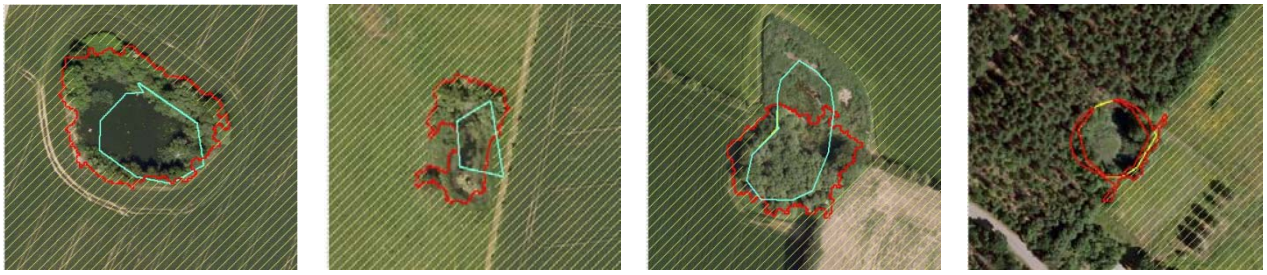
Analysen har vist, at der er en stor lighed i pixelinformationerne mellem vandhul og den omgivende ring for 15 vandhuller (9 %) fra stikprøve 1 (synligt vandspejl) og 46 vandhuller (30 %) fra stikprøve 2 (ikke synligt vandspejl). Dette indikerer at vandhullerne er påvirket af synlige aktiviteter, der kan være i konflikt med beskyttelsen og at der er behov for en manuel inspektion af luftfoto. Som forventet er denne andel væsentligt større for stikprøve 2 end for stikprøve 1, idet en stor lighed mellem vandhullet og det omkringliggende landskab i stikprøve 1 vil forudsætte en fejlagtig registrering i både top10dk-temaet og den vejledende § 3 registrering. Sammenlagt er der behov for en manuel inspektion af 15 % af vandhullerne i testområderne. Vi har kontrolleret resultaterne af analysen og fundet at 11 af de 15 vandhuller fra stikprøve 1 og 28 af de 46 vandhuller fra stikprøve 2, der er vurderet til en manuel inspektion, stadig er intakte (falsk-negative) (se Figur 6).

Figur 6. Eksempel på et vandhul, hvor der er en stor lighed i pixelinformationerne mellem vandhul og den omgivende ring, men stadig fremstår intakt på luftfoto ("falsk-negativ", jf. Tabel 3). § 3-registrerede vandhuller er vist med blåt, top10dk-søer er vist med orange og de opdaterede vandhuller (jf. Naturstyrelsens opdateringsprojekt) er vist med gult. Med rødt er vist den afgrænsning af vandhullets udbredelse, der er resultatet af metode 4.

Endelig har analysen vist, at der er en relativt stor forskel i pixelinformationerne mellem vandhul og den omgivende ring for 55 vandhuller (33 %) fra stikprøve 1 og 35 vandhuller (22 %) fra stikprøve 2. Dette indikerer at vandhullerne med meget stor sandsynlighed er intakte og dermed ikke er påvirket af synlige aktiviteter, der kan være i konflikt med beskyttelsen. Der er derfor ikke er behov for en manuel inspektion af disse vandhuller. Sammenlagt kan metoden erstatte en manuel inspektion for 30 % af vandhullerne i testområderne. Vi har kontrolleret resultatet og fundet at samtlige vandhuller (55 + 35) er intakte på luftfoto (sandt-positive). Metoden formår således at opfange alle de vandhuller, der potentielt er påvirket af synlige konfliktaktiviteter.

3.4 Metode 4 (afgrænsning af polygoner)

Opdateringen af den vejledende § 3-registrering i pilotkommunerne (Nygaard mfl. 2012) har vist, at 29 % af vandhullerne var unøjagtigt afgrænset og havde behov for en teknisk tilretning. Vi har derfor udviklet en metode til mønstergenkendelse i billeddata, der kan foretage en automatiseret afgrænsning af vandhullernes udbredelse på det nyeste luftfoto. Analysen er en videreudvikling af de beregnede indeksværdier i screeningsmetode 3 (sammenligning af pixelværdier i testområde og ring) og fungerer ved at lade ringen vokse indad mod vandhulspolygonen. Processen stopper når forskellen i pixelværdiernes gennemsnit og variation indikerer en ændring i arealdækket. Analysen kan med fordel udføres for vandhuller, hvor der ifølge metode 3 er stærk evidens for at vandhullet er intakt på det seneste luftfoto (dvs. scoren i 2010 er 2) og har haft en stabil udbredelse gennem hele perioden (fx hvor summen af scorer overstiger 10 for de 7 årgange).



Figur 7. Eksempler på en automatiseret afgrænsning af udbredelsen af § 3-vandhuller. A (længst til venstre): vandhul, hvor den automatiserede metode kan foretage en relativt sikker afgrænsning (”god”) af vandhullets udbredelse. B (andet foto fra venstre): vandhul, hvor der kan udføres en moderat god afgræsning med metoden. C. (tredje foto fra venstre): vandhul, hvor den automatiserede metode ikke formår at afgrænse udbredelsen korrekt (”ringe afgrænsning”), da den omkringliggende mark krydses af et levende hegn. D. (længst til højre): vandhul, hvor metoden laver alvorlige fejl i afgrænsningen, da vandhullet ligger i et skovbryn. § 3-registrerede vandhuller er vist med blåt og de opdaterede vandhuller (jf. Naturstyrelsens opdateringsprojekt) er vist med gult.

Vi har udført analysen på de 30 % af de beskyttede vandhuller, der ikke har behov for en manuel inspektion (55 plus 35 vandhuller, jf. Tabel 3).

Denne screening tager ca. 30-200 sekunder pr. vandhul.

Af de 90 vandhuller, der i metode 3 er vurderet som intakte, har metoden formået at foretage en relativt god afgrænsning af 16 % af de § 3-beskyttede vandhuller, der har en synlig vandflade (stikprøve 1) og 3 % af de vandhuller, der ikke har en synlig vandflade (stikprøve 2) (Tabel 4). Sammenlagt kan metoden udføre en sikker markering af udbredelsen af 13 % af vandhullerne i testområdernes vejledende § 3-registrering. Metoden fungerer bedst for vandhuller, der er omgivet af et homogent landskab (Figur 7A), medens afgræsningen fejler hvor det omkringliggende landskab gennemskæres af strukturer såsom et levende hegn, skovbryn eller markante traktorspor (Figur 7 B-D).

Tabel 4. Oversigt over resultatet af metode 4, der søger at afgrænse vandhullernes udbredelse ud fra billeddata. Metodens sikkerhed er opgjort for de to stikprøver og for det samlede datasæt i testområderne.

Metodens sikkerhed	**Stikprøve 1**		**Stikprøve 2**		**Andel af**
	Antal	**Andel**	**Antal**	**Andel**	**§ 3 tema**
God afgrænsning	27	16 %	5	3 %	13 %
Moderat afgrænsning	16	10 %	12	8 %	9 %
Ringe afgrænsning	10	6 %	16	10 %	7 %
Dårlig afgræsning med alvorlige fejl	2	1 %	4	3 %	2 %
Samlet	55	33 %	37	22 %	30 %

3.5 Test af billeddatakvalitet

Endelig har vi undersøgt om brugen af ikke-komprimerede billeddata kan forbedre resultaterne af analyserne i metode 3. Vi har sammenlignet komprimerede med ikke-komprimerede luftfoto og fundet at resultaterne kun er påvirket af komprimeringen i 5 % af tilfældene. Vi vurderer derfor at det videre arbejde kan udføres på komprimerede billedfiler.

4 Diskussion og perspektivering

I projektet er udviklet en række metoder med henblik på at identificere vandhuller, der har ændret udbredelse i perioden 1995-2010 og foretage en nøjagtig afgrænsning af deres udstrækning. De udviklede metoder har vist sig at kunne foretage en relativt nøjagtig afgrænsning af 13 % af vandhullerne og dermed i princippet erstatte en manuel tolkning af omtrent en ottendedel af de 120.000 vandhuller i den vejledende registrering. De automatiserede metoder fungerer bedst for velafgrænsede vandhuller med en tydelig vandoverflade, der også vil være nemmest og hurtigst at screene for ændringer ved en manuel tolkning. Vi vurderer derfor, at der ikke er en væsentlig effektiviseringsgevinst at hente ved brug af automatiserede metoder på nuværende tidspunkt.

Projektet har demonstreret mulighederne for at benytte automatiserede metoder til at registrere ændringer i en række specifikke rumlige sammenhænge. En bredere anvendelighed af metoderne forudsætter imidlertid videreudvikling af de definitioner og regler, der relaterer sig til den geografiske identifikation og afgrænsning af naturarealerne.

Vi har valgt at indlede metoden med to GIS-baserede analyser af hvorvidt, der er en synlig vandflade inden for § 3-arealet og om vandhullet ligger omgivet af landbrugsarealer. Vi vurderer at den indledende GIS-screening kan forbedres ved at sikre en korrekt placering af vandhulspolygonerne inden der udføres analyser på billeddata. Vandhuller, der er fejlplacerede i den vejledende registrering og/eller top10dk temaet vil nemlig ofte blive udpeget til manuel registrering, da sammenligningen mellem vandhulspolygonen og det omgivende landskab udføres på de forkerte dele af landskabet. GIS-screeningerne kan bl.a. forbedres ved:

- at inddrage flere GIS-temaer, herunder gamle topografiske kort, registreringer af bygninger og veje samt "Arealanvendelseskortet", der er et produkt fra AIS (Arealinformations systemet fra 1996-99),
- at beregne topografiske indices ud fra terrænmodellen (Lidar-baserede model fra foråret 2006) vurderes at kunne forbedre metoderne ved at udpege arealer, der fremstod som lavninger i landskabet på daværende tidspunkt,
- at erstatte markblokkort med markkort. Vi har anvendt markblokkortet fra 2011 i analyserne af hvilke § 3-vandhuller, der formodes at ligge i direkte tilknytning til dyrkede marker (indgår i både metode 2 og 3). Metoderne kan formodentlig forbedres ved at anvende markkort, der er en mere eksakt registrering af landbrugsarealernes placering i landskabet. Markkortet danner grundlag for tildelingen af arealstøtte fra EU og indtegningerne er derfor relativt nøjagtige.

Analyserne peger på, at den udviklede metode til automatiseret mønstergenkendelse af luftfoto kan erstatte en manuel inspektion for 30 % af de vejledende registrerede § 3-vandhuller. Vi vurderer at metoden kan forbedres ved:

- at udvikle metoder til at udpege de relativt homogene dele af § 3-registreringerne og udføre mønstergenkendelsesmetoderne på disse dele.

- at udvide metoden med en eftersøgning af markant fejlplacerede vandhuller. Analysen udføres for arealer, hvor der er stor lighed i pixelsammensætningen i vandhullet og ringen og foretages ved at eftersøge objekter, der ligger i nærheden af vandhullet (fx inden for 100 m).
- at udvikle metoden så den kan skelne mellem lokale strukturer (fx traktorspor og levende hegn) og udbredt heterogenitet i billeddata. Ved at udelade de lokale strukturer i beregningerne af gennemsnit og variation i pixelværdierne kan andelen af arealer, der skal inspiceres manuelt reduceres væsentligt (se såkaldte falsk-negative registreringer). En mulig løsning på problemet kunne være at analysere teksturen ("local variablility patterns") på et enkelt spektralt bånd (farve) i billeddata. Traktorspor ses ofte som et lyst og lineært objekt og det vurderes at være muligt at udvikle en metode, der kan se bort fra disse i analyserne af ringens pixelværdier. Vi har allerede udviklet et forslag til denne analyse (tidligere demonstreret for NST).
- at inddrage infrarøde ("CIR false-colour") og nær-infrarøde billeder i analyserne, hvilket vil øge muligheden for at skelne mellem løv og vandflade og forbedre mulighederne for at erkende vandhuller i skov. Derimod vurderes det at anvendelse af forårsluftfoto ikke vil forbedre metoderne væsentligt.

Figur 8. Eksempel på et vandhul uden overlap mellem top10dk (orange) og § 3-temaerne (blåt) (for 1995 og 2010) og hvor NST har foretaget opdatering af den vejledende registrering i 2011 (gult). Den automatiserede metode afgrænser fejlagtigt vandhullets udbredelse (rødt) som den vejledende registrering. Dette er en metodisk fejl i metoden, der vil blive rettet. § 3-registrerede vandhuller er vist med blåt, top10dk-søer er vist med orange og de opdaterede vandhuller (jf. Naturstyrelsens opdateringsprojekt) er vist med gult.

Analyserne peger på, at de udviklede metoder i deres nuværende form kan foretage en relativt nøjagtig afgrænsning af blot 13 % af de vejledende registrerede § 3-vandhuller og en moderat afgrænsning af yderligere 9 %. Metoden er ganske effektiv til at definere udbredelsen af vandhuller på dyrkede marker, hvor det omgivende landskab fremtræder tydeligt ensartet på luftfoto, medens vandhuller i komplekse landskaber er vanskelige at afgrænse. I mange tilfælde har metoden formået at foretage en nøjagtig afgrænsning af en del af vandhullet (se fx Figur 7B), medens andre dele ikke blev opfattet som tilhørende vandhullet (Figur 7C). Og i nogle tilfælde er dele af det omgivende landskab blevet tolket som vandhul. Den automatiserede afgrænsning af vandhullernes udbredelse kan tilpasses og forbedres ved:

- at rette åbenlyse fejl I metoden (jf. eksempel i Figur 8).

- at analysere ligheden i pixelsammensætningen i det reviderede vandhulspolygon og det omgivende landskab. Hvis analysen har ført til en forbedret afgrænsning af vandhullet vil det komme til udtryk i en forøget forskel i pixelværdierne.
- at udføre analysen på flere nyere årgange af luftfoto (forudsat at der er stærk evidens for at vandhullet er intakt). Vandhullets udbredelse tages som den rumlige fællesmængde ("union") over den undersøgte periode.

Metoden giver et bud på hvilke § 3-registrerede vandhuller, der med stor sandsynlighed er påvirket af konfliktaktiviteter, men giver ikke et bud på hvilke aktiviteter, der er aktuel for et givet vandhul. Det vil være en overordentlig stor udfordring at udvikle metoder, der kan skelne mellem fx. afvanding, opdyrkning, tilplantning og bebyggelse. En sikker påvisning af konkrete aktiviteter eller naturlige ændringer (tilgroning) forudsætter en videreudvikling af metoderne, der fokuserer på hvilke karakteristiske udtryk de forskellige påvirkningsfaktorer har på landskabet og hvordan det giver sig til kende i billeddata.