

---

Frederikshavn Vand A/S

---



Januar 2012

---

## KONSEKVENSANALYSE AF REDUCERET INDVINDING PÅ SKAGEN VANDVÆRK

---

**PROJEKT**

Konsekvensanalyse af reduktion af indvinding på Skagen Kildeplads

Frederikshavn Vand A/S

---

Projekt nr. 206232  
Udarbejdet af OMU  
Kontrolleret af JBJ  
Godkendt af TOB

---

**NIRAS A/S**

Vestre Havnepromenade 9  
Postboks 119  
9100 Aalborg

CVR-nr. 37295728  
Tilsluttet FRI  
[www.niras.dk](http://www.niras.dk)

T: 9630 6400  
F: 9630 6474  
E: [niras@niras.dk](mailto:niras@niras.dk)

---

---

**INDHOLD**

1. Resumé.....	1
2. Indledning.....	1
3. Justeringer i grundvandsmodellen .....	2
4. Modelberegninger .....	2
5. Resultater .....	4
6. Konklusion .....	5
7. Referencer .....	7
8. Bilag.....	8
<b>Bilag 1A: Upåvirket grundvandspotentiale (m) og vandstand i forhold til terræn – Scenarie 1.....</b>	<b>9</b>
<b>Bilag 1B: Beregnet afstand fra terræn til vandspejl (m) ved den fremtidige indvindingsmængde – Scenarie 2 .....</b>	<b>10</b>
<b>Bilag 1C: Sænkning (m) ved scenarie 2 – 975.000 m3 jævnt fordelt på 32 indvindingsboringer.....</b>	<b>11</b>
<b>Bilag 1D: Sænkning (m) ved scenarie 3 – 1.950.000 m3 jævnt fordelt på 32 indvindingsboringer.....</b>	<b>12</b>
<b>Bilag 2A: Påvirkning på habitatområdet syd for Skagen Klitplantage ved scenarie 2 – fremtidig indvinding.....</b>	<b>13</b>
<b>Bilag 2B: Vandstandsstigning i Skagen by og i den nordlige del af kildepladsen ved scenarie 2, fremtidig indvinding, i forhold til sænkningen ved det tidligere indvindingsbehov, scenarie 3. ....</b>	<b>14</b>
<b>Bilag 2C: Vandstandsstigning i Skagen by og i den nordlige del af kildepladsen ved fremtidig indvinding, (scenarie 2) i forhold til sænkningen forårsaget af indvindingen i perioden 2003-2008 (scenarie 4).....</b>	<b>14</b>
<b>Bilag 2D: Vandstandsstigning i habitatområdet og den sydlige del af kildepladsen ved scenarie 2, fremtidig indvinding, i forhold til sænkningen ved det tidligere indvindingsbehov scenarie 3. ....</b>	<b>16</b>

## 1. RESUMÉ

Halveringen af indvindingen på Skagen Kildeplads medfører markante ændringer i grundvandsstanden i nærområdet til kildepladsen.

I Gammel Skagen vil den planlagte halvering kunne medføre stigninger på op til 20 cm i udsatte områder. I Skagen Klitplantage vil vandstandsstigningerne være størst – op til 3,6 meter i områder, som tidligere har været udsat for en markant sænkning. Vandstanden vil i større områder i plantagen ligge 1-2 meter under terræn-niveauet om vinteren og periodevis sandsynligvis højere.

Det vil også i fremtiden være nødvendigt at sprede indvindingen på samtlige boringer, som angivet i indvindingstilladelsen. Det vil alt andet lige give en mere skånsom indvinding og bedre vandkvalitet end hvis vi begrænser antallet af indvindingsboringer. Endvidere skal vi midlertidigt kunne øge indvindingen til nuværende niveau, hvis transmissionsledningen er ude af drift i en periode.

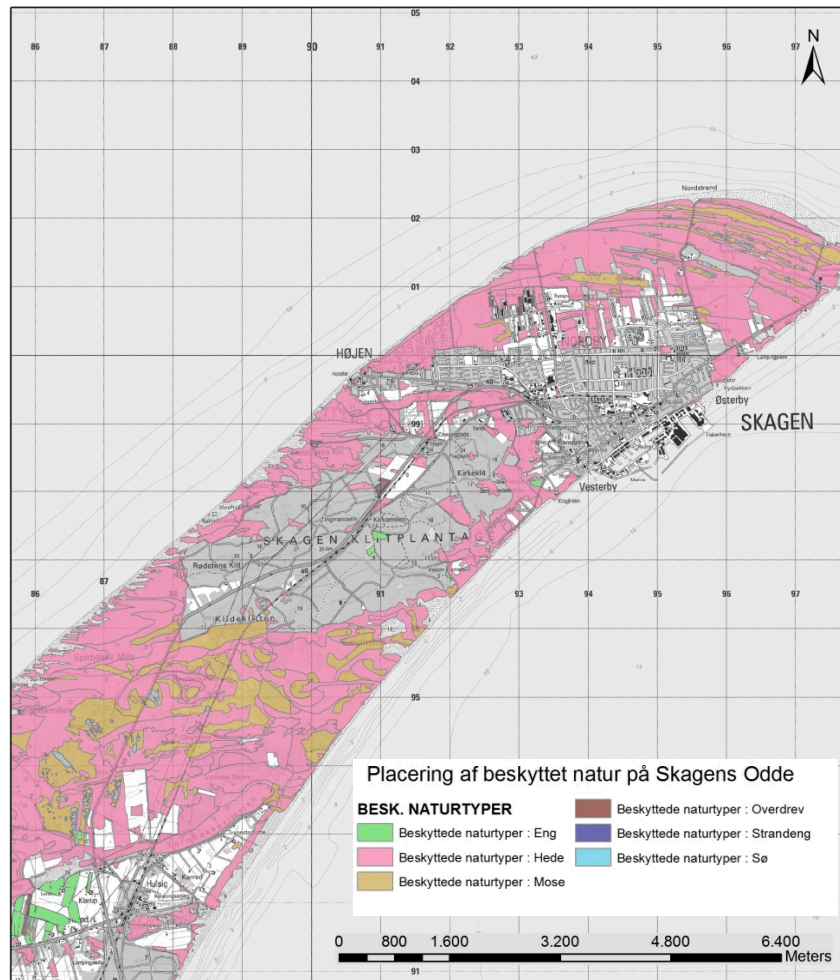
## 2. INDLEDNING

Gennem de seneste 50 år har kildepladsen ved Skagen Vandværk været belastet med en sænkning af grundvandsspejlet omkring Skagen Klitplantage til følge. I fremtiden vil den nødvendige produktion på kildepladsen svare omtrent til en halvering i forhold til indvindingen i 2006-2011 og mærkbare ændringer i grundvandsstanden i nærområdet forventes. Reduktionen af vandindvindingen i Skagen skyldes den planlagte forsyningsledning fra Tolne Vandværk, som vil levere omtrent 1 mio. m<sup>3</sup> årligt fordelt med 300.000 m<sup>3</sup> årligt til Bunken og 0,7 mio. m<sup>3</sup> årligt til Skagen. Denne rapport beskriver beregninger foretaget i grundvandsmodellen for Skagens Odde /Ref. 1/ med det formål at dokumentere effekten på grundvandsspejlet som følge af denne ændring.

Den naturlige grundvandsstand på Skagens Odde er høj og mange steder nær ved terrænniveau. Dette gælder i særdeleshed for Skagen By og for Habitatområdet syd for Skagen Klitplantage. I beregningerne belyses effekten på selve kildepladsområdet, samt områderne mod nord og syd, henholdsvis den sydlige del af Skagen By og den nordlige del af EU-habitatområdet. Effekten vil være positiv i forhold til vandkemi på kildepladsen og mindske påvirkningen af grundvandsafhængige naturtyper i habitatområdet. Der vil kunne forventes en stigning af grundvandsstanden i Skagen By og i Skagen Klitplantage.

De væsentligste vandstandsændringer finder sted nær kildepladsen i Skagen Klitplantage.

---



Figur 1: Oversigt over Skagens Odde med placering af Skagen By, Skagen Klitplantage og beskyttet natur i området.

### 3. JUSTERINGER I GRUNDVANDSMODELLEN

Der er foretaget mindre justeringer i modelopsætningen i forhold til opsætningen fra 2008 /Ref. 1/.

Lag 1 og lag 2 i den mættede zone er slået sammen til et beregningslag i modellen. Dette er en fordel fordi det øverste lag primært var beliggende over grundvandsspejlet. Det som tidligere var defineret som et beregningslag i den mættede zone er dermed beskrevet via denne modelopsætning af den umættede zone. Det er rent modelteknisk nødvendigt at slå lagene sammen for at sikre en dynamisk udveksling mellem modellens umættede zone og det øverste lag af den mættede zone.

### 4. MODELBEREGNINGER

Simuleringerne er baseret på nedbør og fordampning fra perioden 2004-2008. I perioden 2009-2010 var kildepladsen præget af reovering og det er derfor u hensigtsmæssigt at forsøge at opsætte og kalibrere den dynamiske grundvandsmodel for denne periode. Forud for scenarie kørslerne er der kørt en

5-årig simulering med en indvinding på 1 mio. m<sup>3</sup>. Denne simulering benyttes som startpunkt (hot start) for scenariekørslerne. Herfra gennemregnes en 5-årig periode med et givent scenarie for indvindingen. Alle resultater for vandstand og sænkning som vises i rapporten er udtrukket for 1. februar 2008, altså efter 5 års kørsel med ensartede indvindingsforhold. Indvindingsmængden varierer over året i henhold til data tidligere benyttede indvindingsmængder på månedsbasis for perioden 2003-2008 /Ref. 1/.

Alle modelkørslerne benytter de 32 borer som er aktive i dag og som er vist på Figur 2.



Figur 2: Indvindingsboringer som forventes aktive fra år 2011 og som indgår i de 6 scenarier i indeværende rapport.

#### Følgende scenarier er gennemregnet:

1. Naturlig grundvandsstand. Her køres modellen uden vandindvinding med henblik på at beregne en referencesituation.
2. Der indvindes 975.000 m<sup>3</sup> årligt jævnt fordelt på 32 borer
3. Der indvindes 1.950.000 m<sup>3</sup> årligt jævnt fordelt på 32 borer
4. Den tidligere indvindingsituation baseret på data fra perioden 2004-2008

Scenarie 4 er tidligere afrapporteret i /Ref. 1/ og medtages her fordi det er relevant i forhold til grundvandsstigningen i Skagen By.

## 5. RESULTATER

I resultat afsnittet beskrives først referencesituationen, hvis der ikke indvindes vand på Skagen Kildeplads. Derefter følger sænkingsberegninger for scenarie 2-4 i forhold til referencesituationen. I Bilag 1 A-D findes kortbilag til denne del af undersøgelsen. Dernæst beskrives mere detaljeret hvorledes Skagen By, Klitplantagen og habitatområdet påvirkes af den fremtidige produktion på Skagen kildeplads. Desuden er vandstandsstigningen ved overgangen fra den tidligere indvinding (2004-2008) til den fremtidige indvinding beregnet. Kortbilag til denne del er vedlagt i Bilag 2 A-D. Alle resultater for vandstand og sænkning er udtrykt for 1. februar 2008, hvilket svarer til en årligt tilbagevendende vintervandstand – ikke en absolut maks. situation.

Bilag 1A viser en modelberegnet referencesituation for vintervandstanden uden indvinding på Skagen Kildeplads. Modellen bekræfter tydeligt, at der ville være potentielle problemer med høj vandstand i hele Skagen by, idet den naturlige vandstand er beregnet til at ligge nær terræn. Det skal understreges at modelberegningerne ikke tager højde for en reduceret grundvandsdannelsen under byen pga. befæstede arealer og ligeledes medtages private vandindvindinger og grundvandssænkninger i Skagen By ikke i modellen. Derfor skal Bilag 1A opfattes som den naturlige vandstand uden bymæssig bortledning af vand. Ikke desto mindre er det tydeligt af byens lave beliggenhed gør at grundvandet uundgåeligt vil stå nær ved overfladen, særligt i den sydlige og centrale del af byen. I Skagen Klitplantage er der i den nordlige og sydlige del områder, hvor den naturlige vintervandstand er mindre end 1 m fra terræn niveauet. I Skagen Klitplantages sydlige del omkring Skøjtølbersøen er grundvandspotentialt naturligt højere end terrænet. I Habitatområdet syd for klitplantagen er der beregnet større sammenhængende områder, hvor potentialt ligger nær eller over terrænniveau. Der er en god overensstemmelse mellem disse områder og forekomsten af våde naturtyper i habitatområdet.

Bilag 1B viser beregninger af dybden til vandspejlet for den fremtidige indvindingssituation på 975.000 m<sup>3</sup> årligt fra kildepladsen. Beregningerne viser ikke umiddelbart væsentlige problemer i Skagen Klitplantage, idet nogen sænkning fortsat opretholdes. Der er dog større områder hvor vandstanden kommer til at ligge 1-2 meter under terræn og hvor det må forventes at skovbunden følgelig bliver vådere. Dette gælder også for en stor del af området langs med hovedvejen og jernbanen, hvor vandindvindingen tidligere har sænket vandspejlet flere meter. Hvorvidt adgangen til stier, lejrpladser m.m. bliver vanskeliggjort er ikke analyseret i detaljer, men der kan være områder i plantagens sydlige del omkring Skøjtølbersøen som periodevis bliver oversvømmet. Her har påvirkningen fra vandindvinding imidlertid højest været omkring 0,5 meter og periodevis høj vandstand er således ikke uvant i dette område.

Bilag 1C-1D viser sænkningen som skyldes vandindvinding ved indvindingsscenarierne 2-4. Ved scenarie 2 (975.000 m<sup>3</sup> årligt - fremtidig indvinding) er sænkningerne moderate og mindre end 2 m på hele kildepladsen, mens de er beregnet til op til 5 m i scenarie 3, hvor der indvindes den dobbelte mængde svarende til den nuværende produktion på kildepladsen. Med en årlig produktion 975.000 m<sup>3</sup> vil sænkningerne på kildepladsen være væsentlig mindre end tidligere tiders sænkning.

Bilag 2A viser sænkningen af vandstanden i den nordlige del af habitatområdet, som indeholder grundvandsafhængige naturtyper, ved den fremtidige indvindingsmængde (scenarie 2). Sænkninger større end 10 cm strækker sig ca. 500 m ned i habitatområdet. Den detaljerede sænkningssudbredelse fremgår af bilaget.

Bilag 2B og Bilag 2C viser hvor meget grundvandsstanden vil stige i Skagen By som følge af en halvering af indvindingsmængden. Resultaterne i Bilag 2B bygger på indvinding fra de 32 borer, som er vist på Figur 2. Stigningen i grundvandsstanden i Skagen By er i denne situation maksimalt 20 cm for den sydligste del af byen.

I Bilag 2C vises en beregning af den samlede stigning ved at gå fra driften i 2003-2008 til den forventede fremtidige drift. Dette viser markante stigninger på op til 0,6 meter for den centrale sydlige del af Skagen By, mens der for et større område omkring Bankevarteret i Gammel Skagen kan forventes 10-20 cm stigning som følge af lukningen af de 4 nordligste indvindingsboringer.

I Bilag 2D vises den forventede stigning i vandstand for den nordlige del af habitatområdet, hvis indvindingen halveres. For den nordligste del grænsende op til klitplantagen beregnes en stigning på op til 0,6 meter. Dette kan givetvis medføre påvirkning på habitatnaturtypen "våde klitlavninger" som var tilpasset forholdene under tidligere tiders indvinding. Dog er det mest sandsynligt at det på længere sigt er positivt for naturtypens bevaringsstatus at bringe vandstandsforholdene tættere på de naturlige forhold. Det er desuden kun en meget begrænset del af habitatområdet, der vil blive udsat for ændringer i denne størrelsesorden og der er en særdeles god forbindelse til den upåvirkede del af habitatområdet længere mod syd. Dette øger sandsynligheden for at sårbare arter hurtigt vil indvandre og tilpasse sig de ændrede vandstandsforhold.

## **6. KONKLUSION**

Den naturlige grundvandsstand på Skagens Odde er høj og terrænnær i store områder. Via en dynamisk grundvandsmodel er vandstandsstigningen som følge af en halvering af indvindingen fra kildepladsen i Skagen Klitplantage vurderet og det er herefter op til de berørte parter at vurdere konsekvenserne heraf.

For Skagen By er der beregnet stigninger på op til 0,6 meter i Skagen Syd og 10-20 cm i Gammel Skagen i forbindelse med nedlukning af kildepladsens

---



nordligste boringer. Med disse nordligste boringer udfaset er grundvandsstanden i Skagen by kun i begrænset omfang (maks. 20 cm) påvirket af sænkning fra indvinding på kildepladsen i Skagen Klitplantage og dermed har det heller ikke nogen afgørende betydning ved Skagen By, hvordan den fremtidige indvinding fordeles på de 32 aktive boringer i kildepladsområdet.

I Klitplantagen vil der være en markant effekt af halveringen fra 1.950.000 m<sup>3</sup> til 975.000 m<sup>3</sup> pr. år. Stigningen ved halvering af indvindingen vil være op mod 4 meter i de hårdest belastede områder af kildepladsen.

I tilfælde af en forsat jævn belastning af kildepladsen er det beregnet at vandstanden i de mest problematiske områder vil være 1-2 meter under terrænniveau. Skov og Naturstyrelsen bør orienteres og evt. vurdere disse forhold nærmere på baggrund af resultaterne, som er vist i Bilag 1A og Bilag 1B.

I EU-Habitatområdet syd for Skagen Klitplantage vil der ligeledes være en stigning i grundvandsstanden sammenlignet med de seneste mange års sænkning omkring kildepladsen. Det er vurderingen at denne stigning på længere sigt vil være positiv for områdets bevaringsstatus, selvom der på kort sigt kan være mindre områder med sårbar vegetation, som bliver oversvømmet. Det vurderes desuden positivt på kort sigt at der bibeholdes en moderat sænkning i kildepladsens sydlige del.

---

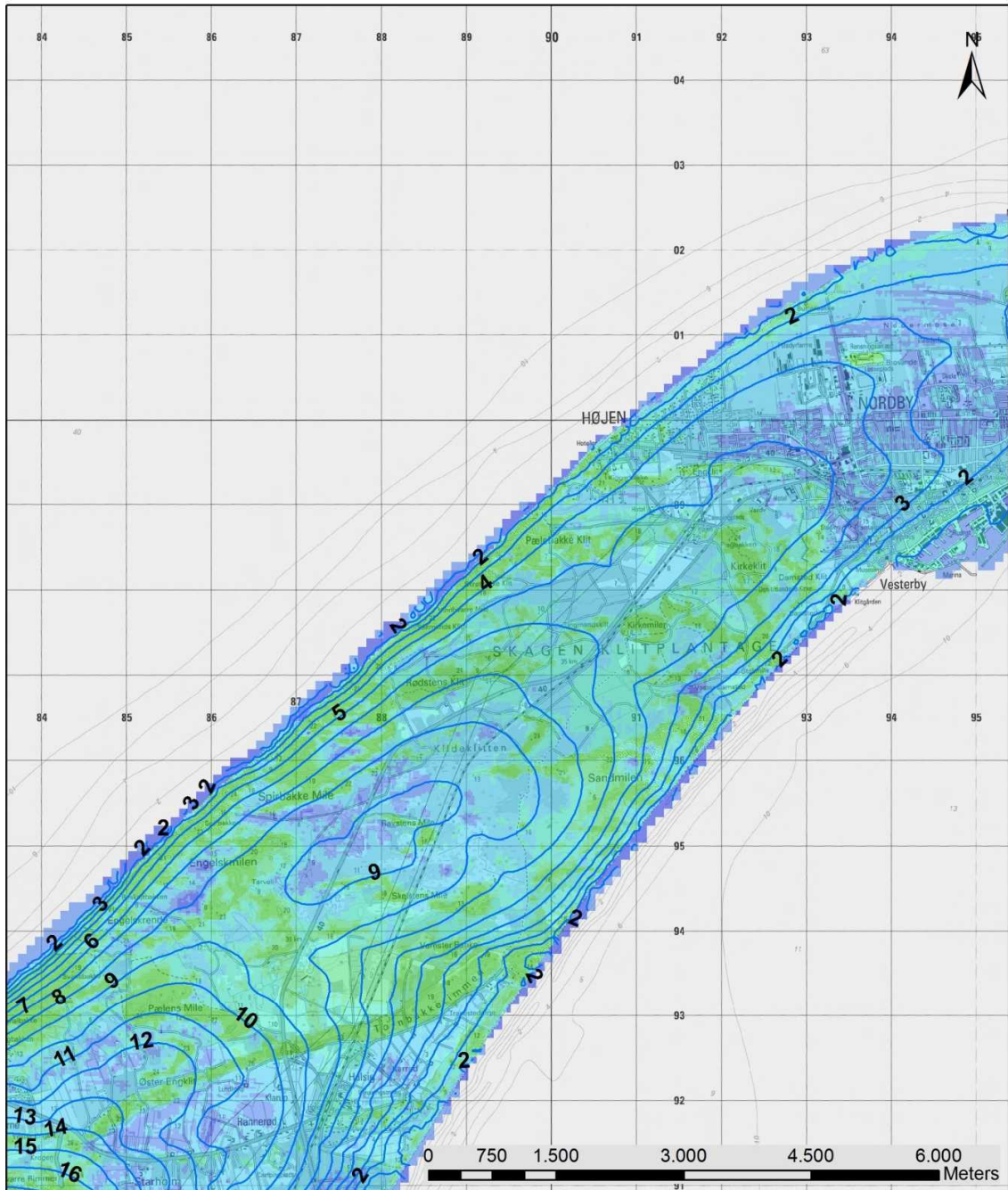
## 7. REFERENCER

/Ref. 1/: Opgradering af grundvandsmodel – Skagen Odde. Frederikshavn Forsyning A/S. NIRAS, juli 2009.

---

## 8. BILAG

## BILAG 1A: UPÅVIRKET GRUNDEVANDSPOTENTIALE (M) OG VANDSTAND I FORHOLD TIL TERRÆN – SCENARIO 1



### Upåvirket grundvandspotentiale - modelberegnet

#### Tegnforklaring

Beregnet referencevandstand uden indvinding på Skagen Kildeplads. 1 m potentialelinier samt vandstand i forhold til terræn

<b>Dybde til naturligt vandspejl (m)</b>	1,1 - 2
-6,8 - -1	2,1 - 3
-0,9 - 0	3,1 - 10
0,01 - 1	

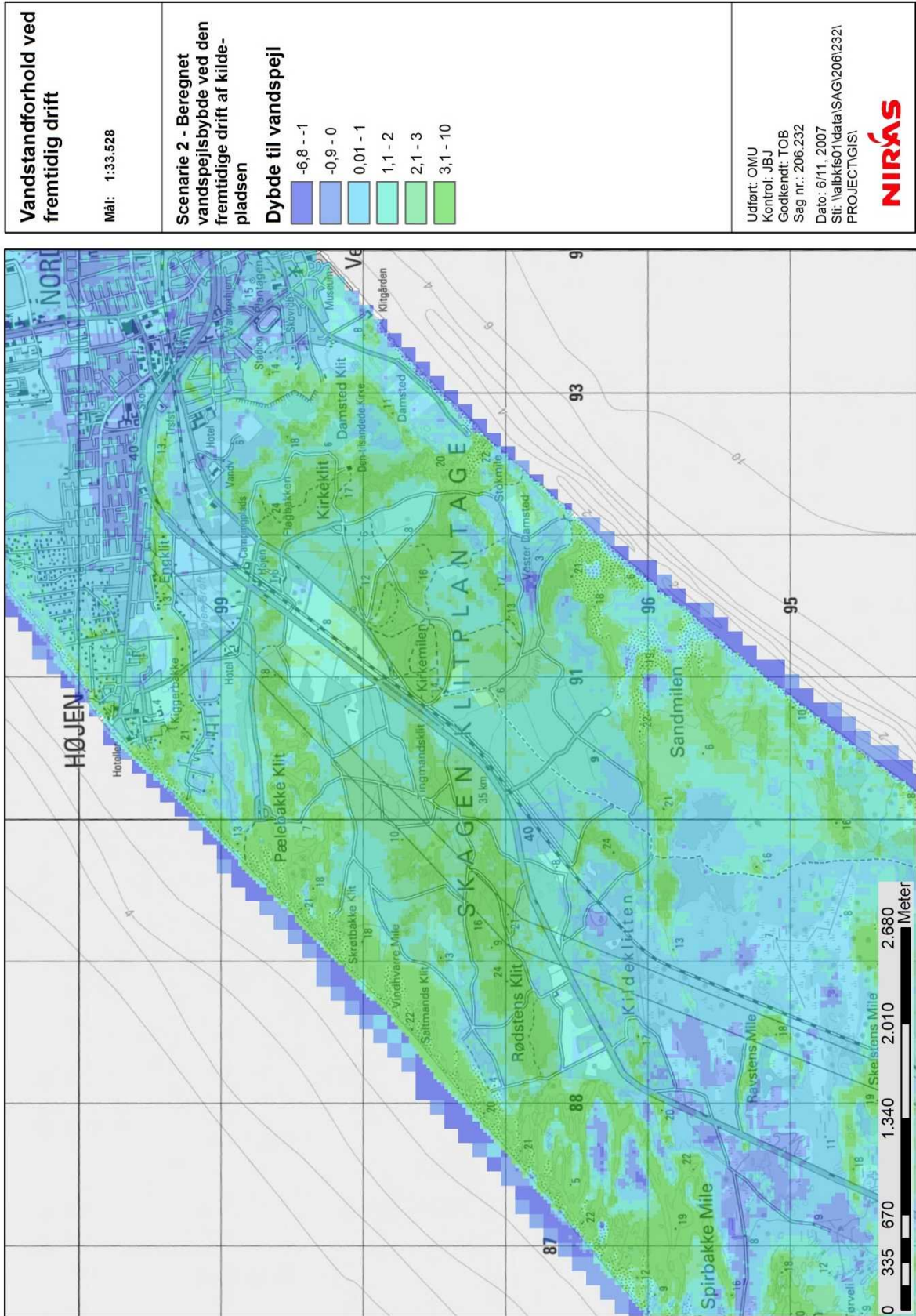
Mål: 1:62.098

Udført: OMU  
Kontrol: JBJ  
Godkendt: TOB  
Sag nr.: 206232

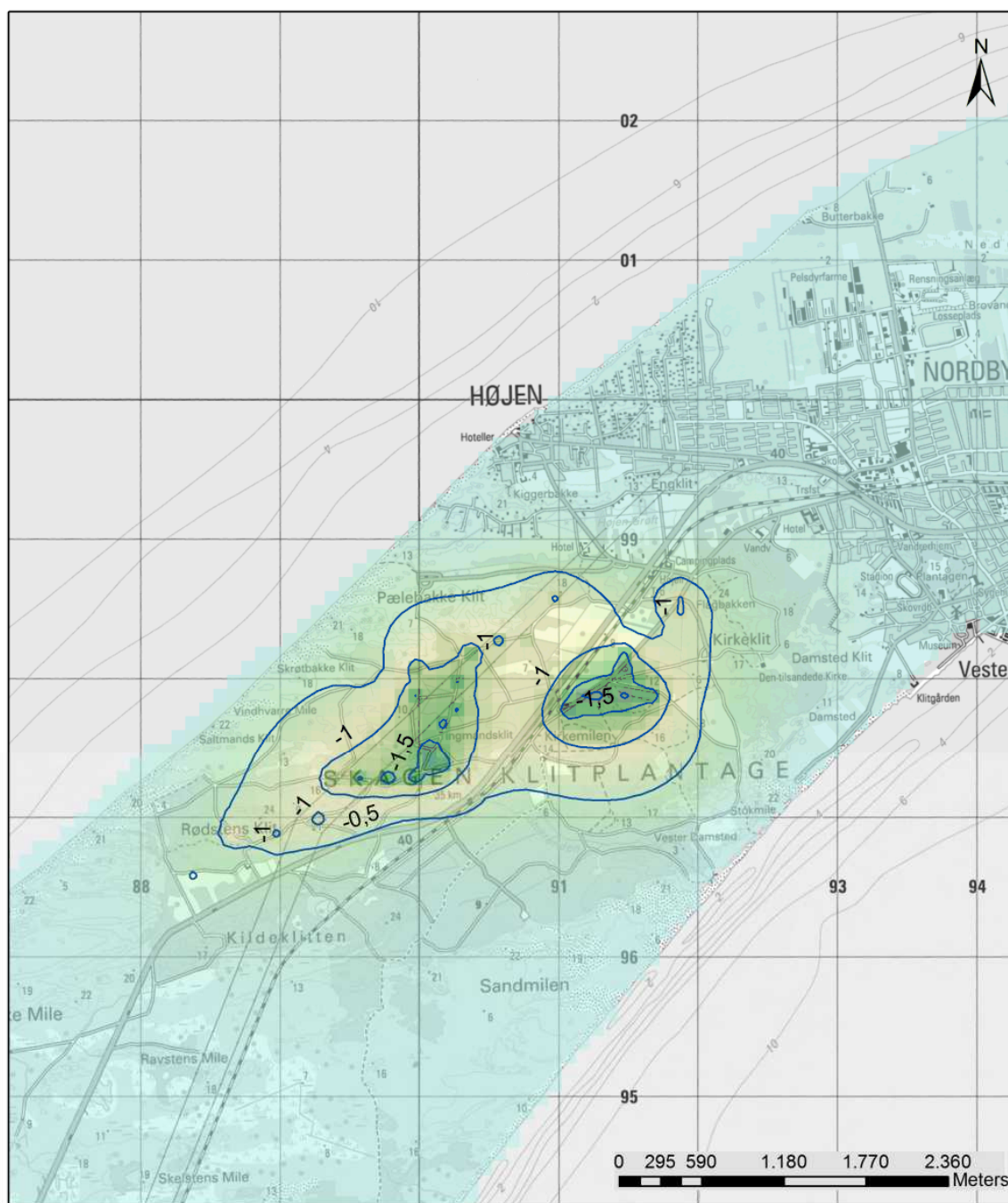
Dato: 9/12, 2011  
Sti: \\albks01\data\SAG\206\232\  
PROJECT\GIS\ModelResultater.mxd

**NIRAS**

**BILAG 1B: BEREGNET AFSTAND FRA TERRÆN TIL VANDSPEJL  
(M) VED DEN FREMTIDIGE INDVINDINGSMÆNGDE – SCENARIO 2**

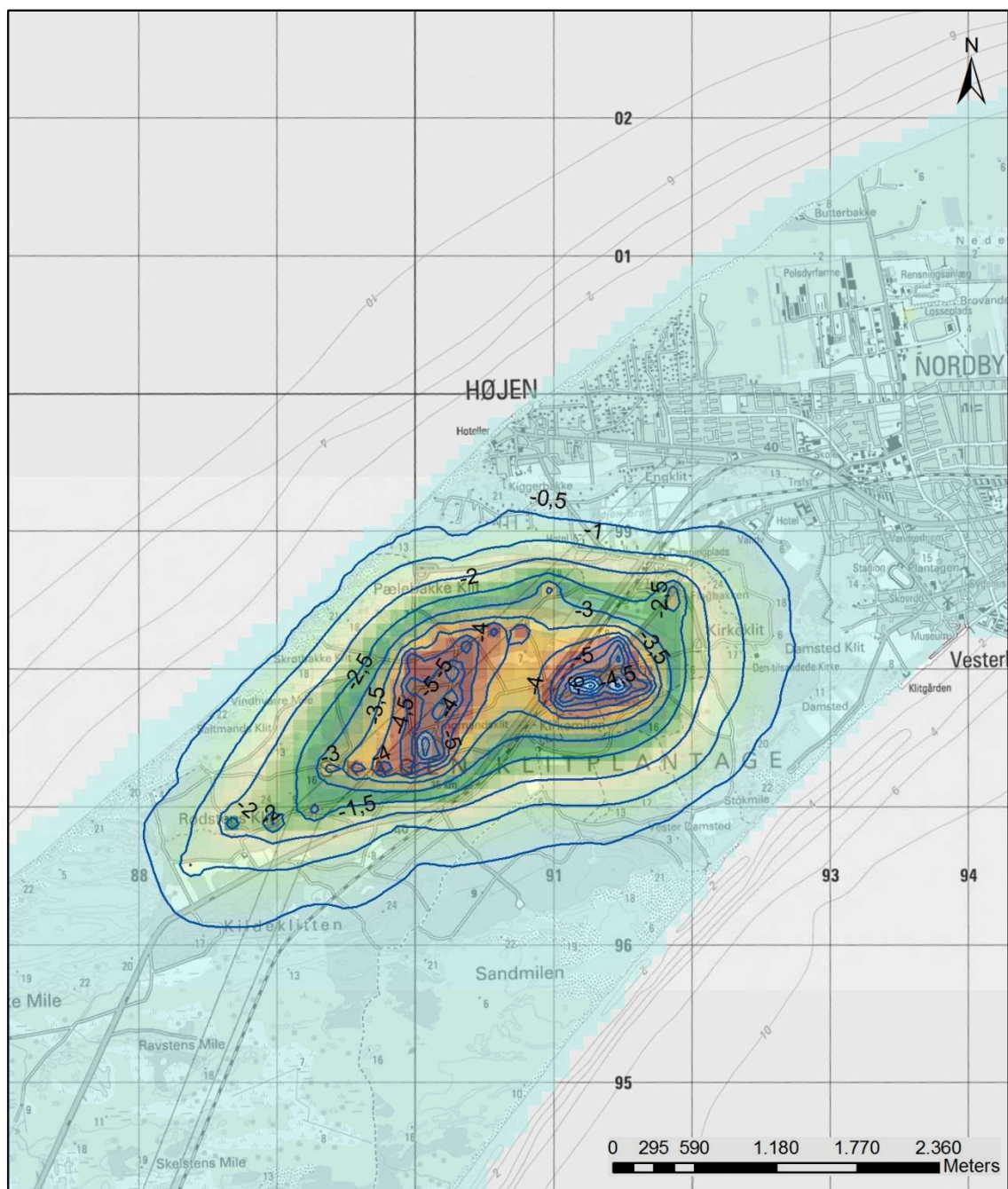


**BILAG 1C: SÆNKNING (M) VED SCENARIO 2 – 975.000 M3 JÆVNT FORDELT PÅ 32 INDVINDINGSBORINGER**



<p><b>Grundvandssænkning - modelberegnet</b></p>		<p>Mål: 1:38.134 &lt;indtast bilags navn/nr.&gt;</p>
<p>Tegnforklaring</p> <p><b>Scenario 2 - 975.000 m3 jævnt fordelt</b></p> <p><b>Value</b></p> <p>High : 0</p> <p>Low : -7</p>		<p>Udført: OMU Kontrol: JBJ Godkendt: TOB Sag nr.: 206232</p> <p>Dato: 9/12, 2011 Sti: \\albks01\data\SAG\206\232\ PROJECT\GIS\ModelResultater.mxd</p> <p><b>NIRÅS</b></p>

**BILAG 1D: SÆNKNING (M) VED SCENARIO 3 – 1.950.000 M3 JÆVNT FORDELT PÅ 32 INDVINDINGSBORINGER**

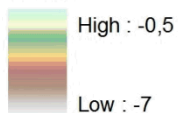


**Grundvandssænkning - modelberegnet**

Tegnforklaring

**Scenario 3 - 1.950.000 m3 jævnt fordelt**

**Value**



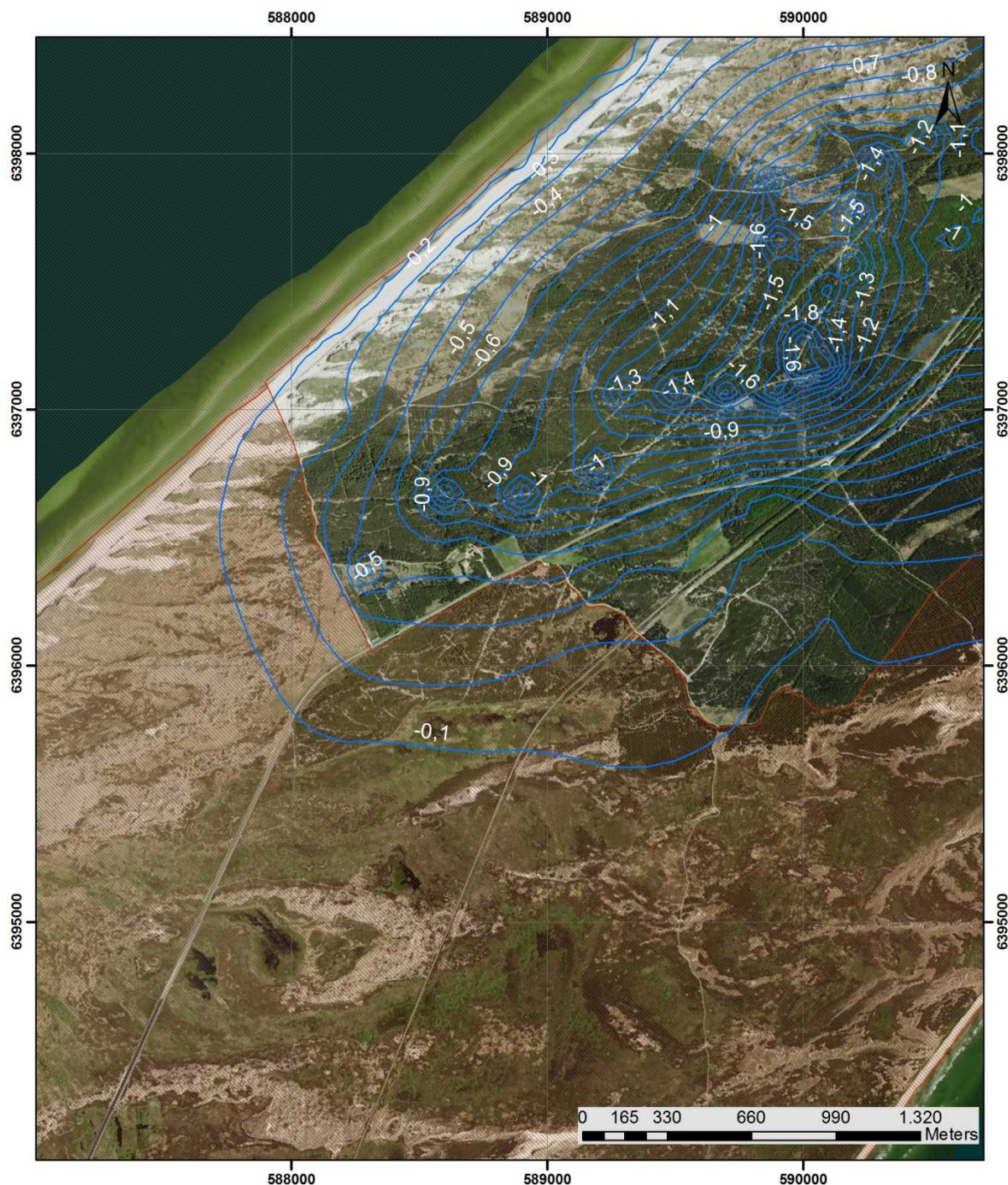
Mål: 1:38.134 <indtast bilags navn/nr.>

Udført: OMU  
 Kontrol: JBJ  
 Godkendt: TOB  
 Sag nr.: 206232

Dato: 9/12, 2011  
 Sti: \\albks01\data\SAG\206\232\  
 PROJECTGIS\ModelResultater.mxd



## BILAG 2A: PÅVIRKNING PÅ HABITATOMRÅDET SYD FOR SKAGEN KLITPLANTAGE VED SCENARIO 2 – FREMTIDIG INDVINDING



### Grundvandssænkning - modelberegnet

Tegnforklaring

**Påvirkning på habitatområdet mod syd  
ved fremtidig indvinding**

**Scenario 2 - 975.000 m<sup>3</sup> jævnt fordelt**

**0,1 m sænkingskonturer**

**Luftfoto Blominfo 2008**

Mål: 1:19.486

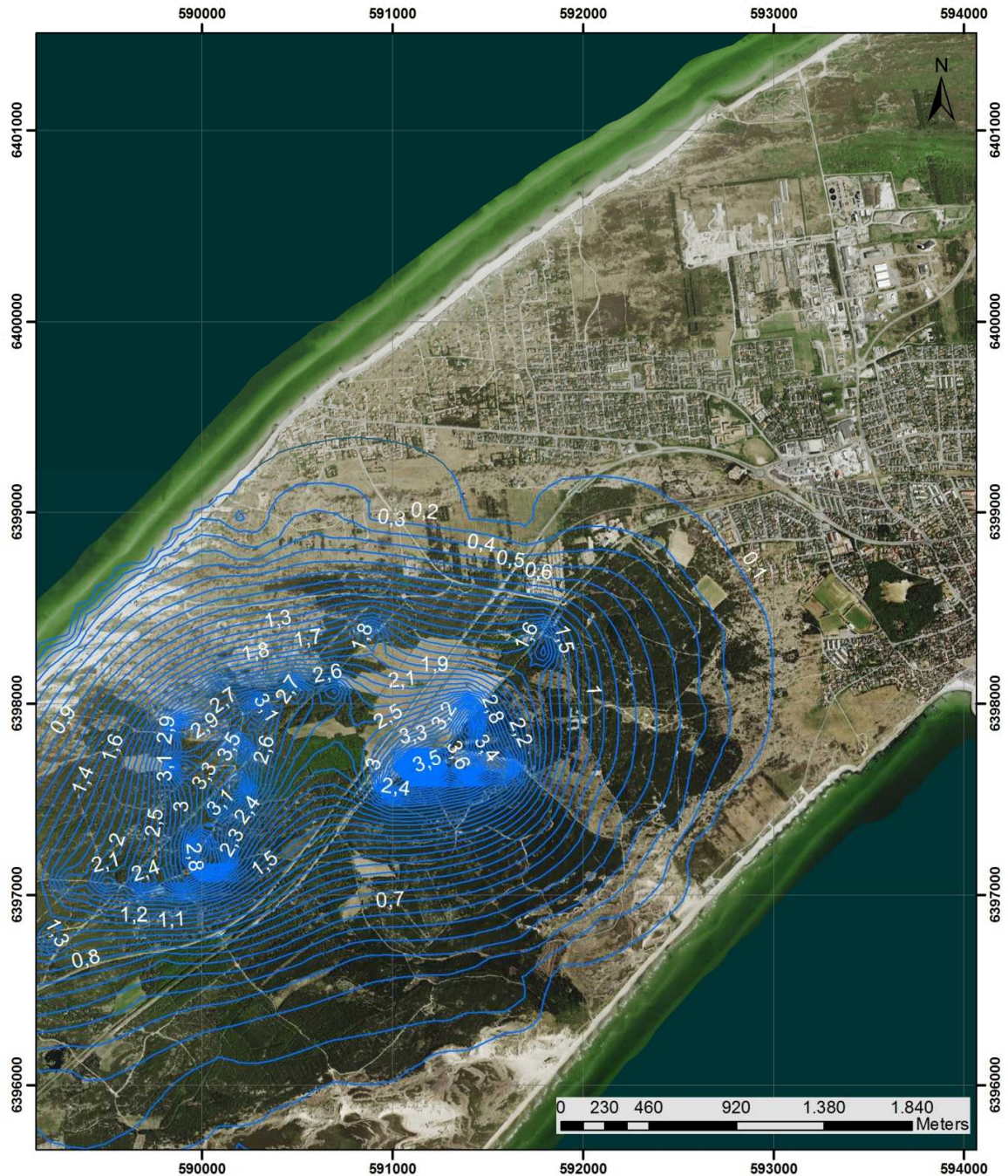
Udført: OMU  
Kontrol: JBJ  
Godkendt: TOB  
Sag nr.: 206232

Dato: 9/12, 2011  
Sti: \\albks01\data\SAG\206\232\  
PROJECT\GIS\ModelResultater.mxd

**NIRAS**



**BILAG 2B: VANDSTANDSSTIGNING I SKAGEN BY OG I DEN  
NORDLIGE DEL AF KILDEPLADSEN VED SCENARIO 2, FREMTIDIG  
INDVINDING, I FORHOLD TIL SÆNKNINGEN VED DET TIDLIGERE  
INDVINDINGSBEHOV, SCENARIO 3.**



**Vandstandsstigning - modelberegnet**

Mål: 1:25.981

Tegnforklaring

**Vandstandsstigning i Skagen by og nordlig klitplantage,  
ved fremtidig invindingssituation**

**Scenario 2 - 975.000 m<sup>3</sup> jævnt fordelt**

**0,1 m konturer**

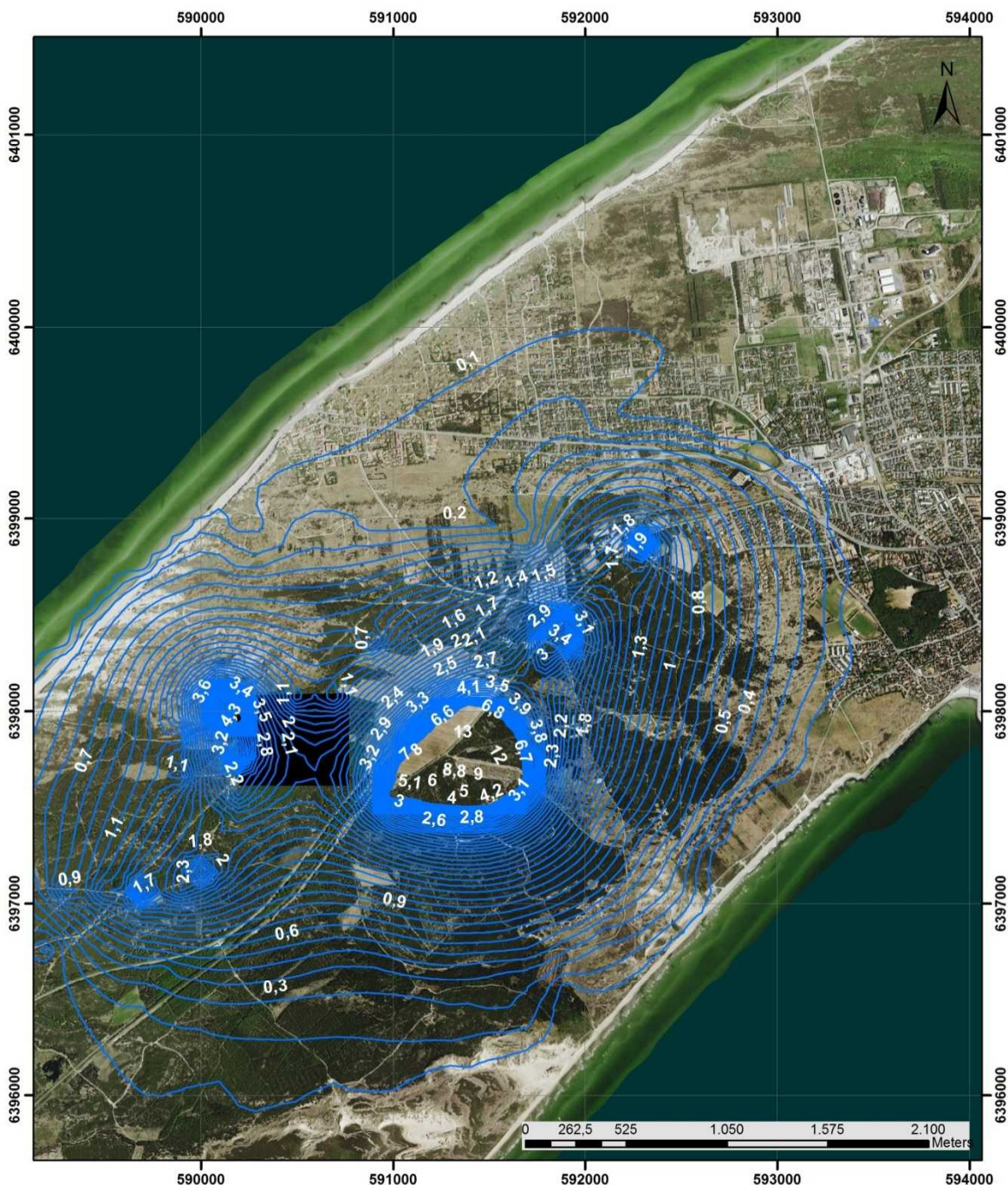
**Luftfoto Blominfo 2008**

Udført: OMU  
Kontrol: JBJ  
Godkendt: TOB  
Sag nr.: 206232

Dato: 9/12, 2011  
Sti: \\albkfs01\data\SAG\206\232\  
PROJECT\GIS\ModelResultater.mxd

**NIRÅS**

**BILAG 2C: VANDSTANDSSTIGNING I SKAGEN BY OG I DEN  
NORDLIGE DEL AF KILDEPLADSEN VED FREMTIDIG INDVINDING,  
(SCENARIO 2) I FORHOLD TIL SÆNKNINGEN FORÅRSAGET AF  
INDVINDINGEN I PERIODEN 2003-2008 (SCENARIO 4).**



**Vandstandsstigning - modelberegnet**

Tegnforklaring

**Vandstandsstigning i Skagen by og nordlig klitplantage,  
ved den fremtidige indvindingsmængde (scenario 2)**

**Stigningen ses her i forhold til indvindingsituationen som den  
var i årene 2003-2008**

Luffoto Blominfo 2008

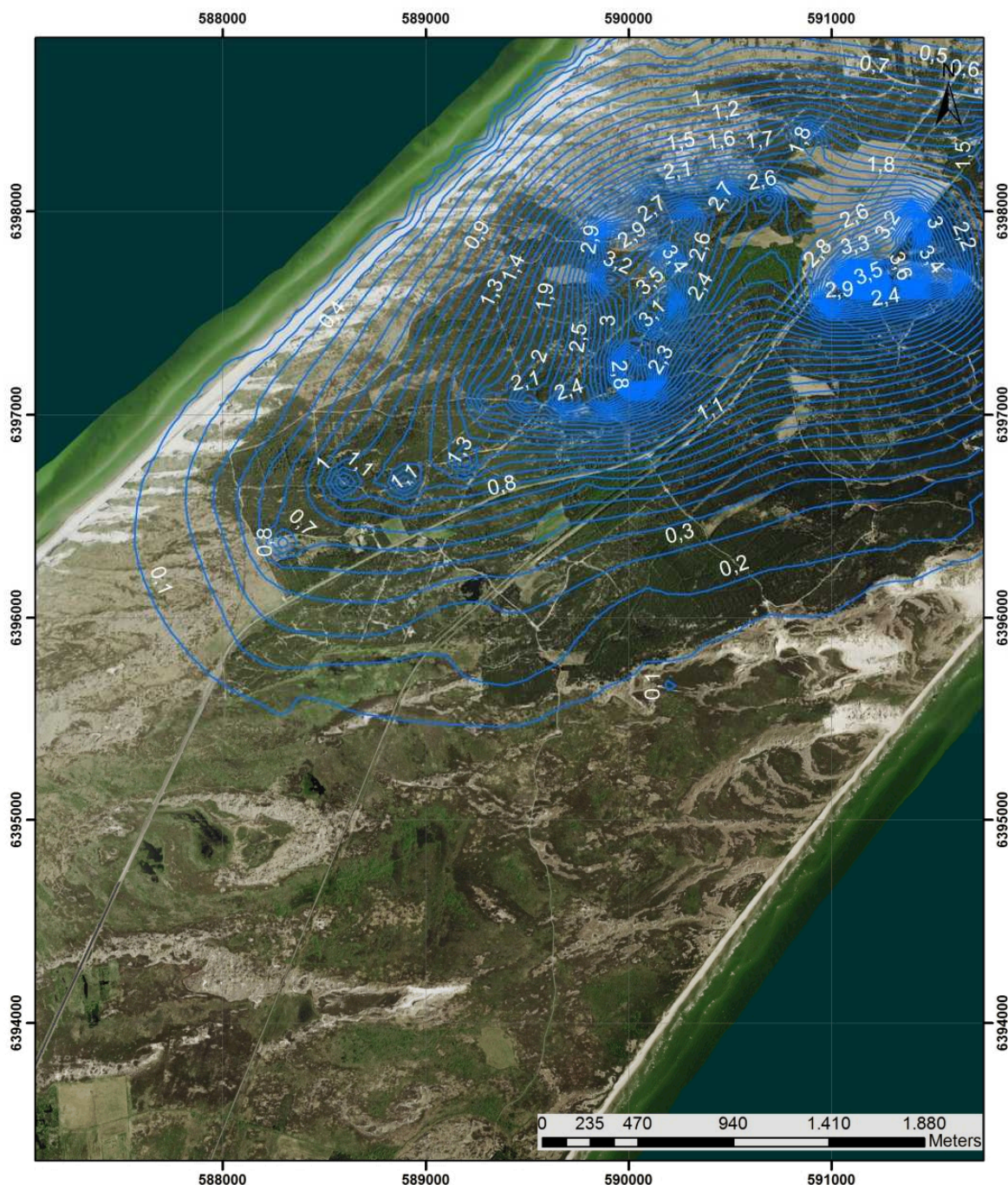
Mål: 1:25.981

Udført: OMU  
Kontrol: JBJ  
Godkendt: TOB  
Sag nr.: 206232

Dato: 19/12, 2011  
Sti: \\albks01\data\SAG\206\232\  
PROJECT\GIS\

**NIRÅS**

**BILAG 2D: VANDSTANDSSTIGNING I HABITATOMRÅDET OG DEN SYDLIGE DEL AF KILDEPLADSEN VED SCENARIO 2, FREMTIDIG INDVINDING, I FORHOLD TIL SÆNKNINGEN VED DET TIDLIGERE INDVINDINGSBEHOV SCENARIO 3.**



**Vandstandsstigning - modelberegnet**

Mål: 1:24.588

Tegnforklaring

**Vandstandsstigning i habitatområdet og den sydlige klitplantage ved den fremtidige drift.**  
**Scenario 2 - 975.000 m<sup>3</sup> jævnt fordelt**  
**0,1 m konturer**  
 Luftfoto Blominfo 2008

Udført: OMU  
 Kontrol: JBJ  
 Godkendt: TOB  
 Sag nr.: 206232

Dato: 9/12, 2011  
 Sti: \\albks01\data\SAG\206\232\  
 PROJECT\GIS\ModelResultater.mxd

