

Notat

Dato: 27-02-2016
Opgave: Følgegruppe til BNBO
Afsender: Flemming Damgaard Christensen,
Modtager: NST

Kommentar til BNBO beregningen

Generelt

På vegne af DANVA deltager Flemming Damgaard Christensen i Naturstyrelsens tekniske følgegruppemøde for BNBO projektet, og dette notat er en opfølgning af det afholdte følgegruppemøde den 19/1 2016, hvor der bl.a. blev diskuteret "ikke administrerbare" BNBOer, overlappende BNBOer, og valg af parametreværdier.

Notatet her beskriver kort de parametre, som indgår i beregningen af BNBO, deres betydning for størrelse og form af BNBO samt argumenter for at der anvendes en kildepladsmodel til justering i forhold til overlappende BNBOer.

Parametre

For at kunne beregne BNBO kræves det fastlæggelse af følgende sæt af parametre:

Strømningstid	T
Indvindingsmængde	Q
Effektiv porøsitet	n_e
Magasinets Transmissivitet	T
Effektiv magasintykkelse	H_e
Gradient	I
Strømningsretning	α

Anbefaling:

I forbindelse med Naturstyrelsens BNBO projekt vil det være rart, at blive præsenteret for baggrund og metode for valg af parameterstørrelse evt. via en tabel. Herunder hvorledes boringer med sparsomt datagrundlag håndteres, samt hvordan boringer tilhørende samme kildeplads og magasin håndteres. Er der eksempelvis anvendt en beregnet middelværdi af transmissiviteterne eller en anden midling. Man risikerer, at BNBOer, som overlapper fra samme kildeplads og magasin får meget forskellig form, grundet forskellige estimeret (gættet) transmissivitet.

Dette skal ikke være en rigid tabel, idet der kan være gode grunde til at håndtere enkle boringer anderledes, men tabellen skal vise principperne i valget af størrelserne af de enkelte parametre. Dette gør også en evt. usikkerhedsanalyse nemmere.

Der bør i afrapporteringen, som minimum være en kort begrundelse, hvis man afviger fra den beskrevne metode for valg af parameterstørrelse.

BNBO Størrelse

Når infiltrationen ikke inddrages i beregningen af BNBO vil størrelsen af BNBO arealet bestemmes af indvindingsmængde (Q), den valgte strømningstid (t), effektiv porøsitet (n_e) og effektiv magasintykkelse (H_e). Hvis indvindingsmængde og strømningstiden er fastlagt vil usikkerheden på arealets størrelse alene udgøres af usikkerheden på den effektive porøsitet og effektiv magasintykkelse. Jo større porøsitet og magasintykkelse, des mindre BNBO-areal.

$$Areal = \frac{Q \cdot t}{(H \cdot n_e)}$$

BNBO Form

Formen af BNBO bestemmes af den dimensionsløse tid \bar{t} se /2/ og /3/, som er givet ved

$$\bar{t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (I \cdot T)^2 \cdot t}{n_e \cdot H_e \cdot Q}$$

Formen af BNBO bestemmes hovedsageligt af grundvandshastigheden dvs. produktet af gradient (I) og transmissivitet (T), hvilket ses ved leddet er i 2. potens. Jo højere grundvandshastighed (jo større produkt af gradient (I) og transmissivitet (T)) des mere langstrakt og tyndt BNBO-areal. Det samlede areal ændres ikke med gradienten eller transmissiviteten. Det er en fordel at tjekke, hvor stor den dimensionsløse transporttid inden beregningen i gang sættes. Erfaringerne med BNBO TOOL /2/ er, hvis den dimensionsløse tid er større end 75, bliver resultatet meget lange og tynde BNBO'er, og parametrene bør gennemgås igen – især gradient og transmissivitet /2/. I BNBO TOOL kommer der en advarsel i forhold til beregningerne, men grænsen for "ikke administrerbare" BNBO'er er sikkert lavere.

Anbefaling:

NST/Orbicon kunne undersøge dette nærmere ved at undersøge ved hvilke \bar{t} BNBO'erne er administrerbare. Administrerbare en subjektiv vurdering, som bør foretages sammen med slutmodtagerne af BNBO.

Overlap mellem BNBO'er

Håndtering af overlap mellem BNBO er ganske svært, når der anvendes disse simple analytiske/semianalytiske metoder. I Vejledningen /1/ foreslås "den mindste polygon", som omkranser de individuelle boringers BNBO'er. Vandbalancen er herved sandsynligvis **ikke** opfyldt og man får et areal af det samlede BNBO, som typisk er mindre end summen af de individuelle BNBO'er.

Orbicon bruger "Kildepladsmodellen" til at beregne de gensidige påvirkninger mellem indvindingsboringerne til at korrigere for overlap. Sænkningen i boring kommer dels fra egen sænkning, sænkninger fra naboboringer, og evt. nabokildepladser. Orbicon forøger indvindingen i den aktuelle boring således dennes egen sænkning bliver lig det oprindelige indvindings "egen sænkning" og naboboringernes sænkning bidrag. Herved kommer boringens (og naboboringernes) transmissivitet til direkte at betyde noget for størrelsen af BNBO. Ved mødet den 19/1 2016 fortalte Orbicon, at denne metode blev brugt uanset om der var overlap mellem boringernes BNBO!

For at illustrere, at dette ikke er hensigtsmæssigt er der beregnet BNBO for to nærliggende fiktive boringer med ens parametre angivet i tabel 1.

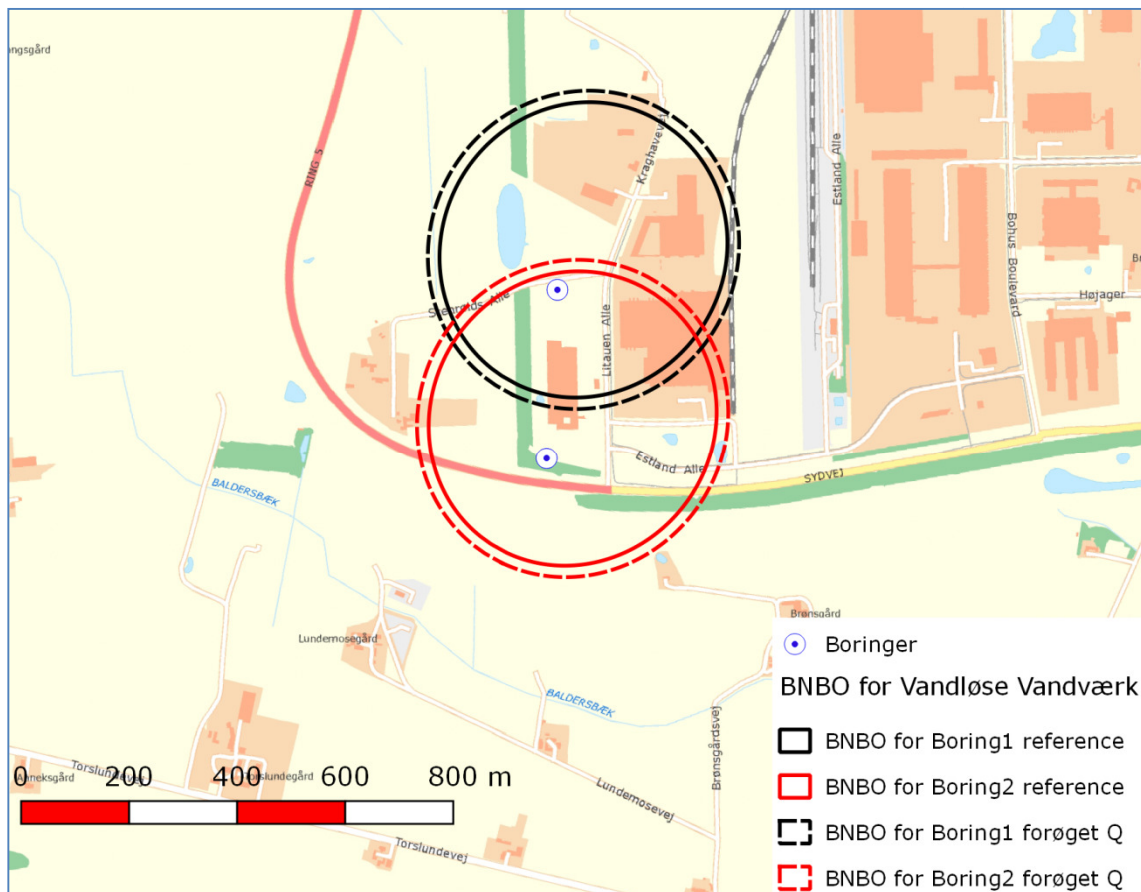
HOFOR A/S

Indvindingsanlæg	Boring ID	Q [m ³ /t]	n _e [-]	H _e [m]	t [dage]	T [m ² /s]	I [%cc]
Vandløse Vandværk	Bor 1	25,7	0,1	10	365	4,3·10 ⁻³	1,0
	Bor 2	25,7	0,1	10	365	4,3·10 ⁻³	1,0

Tabel 1 Parametre til beregning af BNBO for Vandløse Vandværk

På figur 1 ses det, at BNBO for de to borer overlapper hinanden (fuldoptrukne linjer) og overlappets størrelse er ca. 7 ha, se tabel 2.

Sænkningen i borerne er beregnet til en egen sænkning på 2,72 meter og en gensidig sænkning på 0,55 meter, hvilket giver en total sænkning på 3,27 meter¹. Pumpeydelse forøges til 30,3 m³/t for, at egen sænkningen bliver 3,27 meter og der beregnes et nyt sæt BNBO'er. Ved at forøge indvindingsmængden til 30,3 m³/t per boring forøges de individuelle BNBO ca. 4 ha. ~i alt 8 ha., men der stadig et betydeligt overlap. Det er lidt tilfældigt, hvor godt det justeret BNBO areal bliver og det er ikke sikret, at vandbalancen er overholdt.



Figur 1 Fuldoptrukne linjer er med oprindelig pumpeydelse, mens de stiplede linjer er, hvor pumpeydelsen er forøget.

¹ Beregnet med GWM, /4/, med Hantush-Jacob lækageløsning, hvor der er anvendt et magasintal på $1 \cdot 10^{-4}$, en lækagekoefficient på $3 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$ samt en virkningsgrad på 100 %. Sænkningen er taget efter 90 dage. (er blevet stationær)

Beregning	Areal pr. boring	Overlappende areal
Reference	22.5 ha. (45 ha. i alt)	7 ha.
Forøget	26.5 ha. (53 ha. i alt)	X ha.

Tabel 2 Areal af BNBO for det fiktive Vandløse Vandværk

Anbefaling:

Der er flere problemer i at anvende kildepladsmodellen på nuværende grundlag

- Størrelsen af BNBO kommer til at afhænge af transmissiviteten
- Indvindingsmængden forøges i de individuelle boringer, selvom der ikke er overlap mellem BNBOerne. BNBOerne beregnes for store.
- Metoden sikrer ikke, at vandbalancen er overholdt ved overlap.
- Der anvendes Orbicons Kildepladsmodel.
 - Det betyder yderligere parametre skal bestemmes og metoder skal beskrives. Dette er ikke oplyst for følgegruppen.
 - F.eks. er det ikke oplyst hvilken løsning, der anvendes i Kildepladsmodellen (Thies løsning, Hantush-Jacob lækageløsning, eller en anden brøndløsning)
 - Hvilket magasintal, pumpeid, og evt. lækagekoefficient anvendes der?
 - Hvorledes beregnes den gensidige sænkninger mellem indvindingsboringerne? Er det med en middel transmissivitet mellem boringerne eller de individuelle borings transmissiviteter?
 - Dette er vigtig baggrundsinformation for at gøre BNBO reproducerbare

Der bør overvejes at anvende en anden metode ved overlappende BNBOer, som sikrer vandbalance er overholdt og som ikke kræver for mange yderlige parametre. Det er naturligvis afvejning, som bør udføres i projektet. Det overlappende areal kunne bare tilføjes BNBO i en bufferzone omkring foreningsmængden af BNBO, som en tilnærmet løsning.

Referencer

- /1/ Miljøstyrelsen, 2007, Boringsnære beskyttelsesområder - BNBO, Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr, 2 2007
- /2/ Damgaard Innovation (2015): Teknisk Reference Manual til BNBO TOOL
- /3/ Ceric, A, and Haitjema, H, (2005), *On using simple time-of-travel capture zone delineation methods*, Ground Water, 43(3) p408-412.
- /4/ Damgaard Innovation (2015): *Analytisk Grundvandsmodel (GWM)*, se <http://www.damgaardinnovation.dk/analytisk-grundvandsmodel-gwm/>