

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Vurdering av fremtidig utslippsted for Brandbu rensesanlegg Bakteriologisk påvirkning i Randsfjorden av alternative utslipp i Vigga og i Røykenvika	Løpenr. (for bestilling) 4203-2000	Dato 28.02.00
	Prosjektnr. Undernr. O-20045	Sider Pris 24
Forfatter(e) Torulv Tjomsland	Fagområde Hydrologi	Distribusjon
	Geografisk område Oppland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Gran kommune	Oppdragsreferanse Erik Trehjørningen
----------------------------------	---

Sammendrag Dagens utslipp fra Brandbu rensesanlegg er ledet til Vigga. Alternativt utslippsted er Røykenvika i Randsfjorden. Vi har simulert bakteriologiske spredningsscenarier ved bruk av matematiske strøm- og spredningsmodeller. Vannkvaliteten i overflatevannet i Røykenvika vil bli betydelig bedre ved et dykket utslipp enn ved utslipp direkte til Vigga. Ved et dykket utslipp i Røykenvika vil det sannsynligvis bli en akseptabel vannkvalitet med hensyn til bading og jordvanning. Ved å plassere dyputslippet nord for Røykenvika blir resultatet ytterligere forbedret. Drikkevannsuttaget ved Askjumlandet blir ikke påvirket av bakterier uansett utslippsalternativ.

Fire norske emneord 1. Kommunalt avløpsvann 2. Vannkvalitet 3. Strøm- og spredningsmodeller 4. Randsfjorden	Fire engelske emneord 1. Municipal wastewater 2. Water quality 3. Current- and dispersion models 4. Lake Randsfjorden
---	---


 Torulv Tjomsland
 Prosjektleder


 Dag Berge
 Forskningsleder


 Nils Roar Sælthun
 Forskningsjef

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

O-20045

Vurdering av fremtidig utslippsted for Brandbu
renseanlegg

**Bakteriologisk påvirkning i Randsfjorden av utslipp
i Vigga og i Røykenvika**

Oslo 28.02.00
Prosjektleder : Torulv Tjomsland
Medarbeider : Gösta Kjellberg

Forord

Arbeidet inngår i en vurdering av hvor en skal plassere utslipp fra Brandbu renseanlegg. Oppdragsgiver er Gran Kommune v/ Erik Trehjørningen. Tore Fossum, Norconsult har skaffet bakgrunndata og bidratt i oppklarende diskusjoner.

Oslo, 28.02.2000

Torolv Tjomsland

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Simuleringer	7
2.1. Innlagringsdyp	7
2.2. Strøm- og spredningsimuleringer	9
3. Diskusjon og konklusjoner	12
4. Referanser	13

Sammendrag

Gran kommune skal oppgradere det eksisterende Brandbu renseanlegg. Tilknytningen er planlagt å kunne øke fra 7600 p.e. idag til 12000 p.e. Dagens utslipp er ledet til Vigga. Alternativt utslippsted er under overflaten i Røykenvika.

Målet for dette arbeidet har vært å vurdere hvordan den bakteriologiske vannkvaliteten i Røykenvika og i de nærliggende delene av Randsfjorden kan forventes å bli ved de to alternative utslippstedene. Dette for å finne et utslippsted som er gunstig for å oppnå tilfredstillende vannkvalitet ved den offentlige badeplassen og vann til jordvanning i Røykenvika samt drikkevann ved vannverksuttaket ved Askjumlandet et par kilometer sør for Røykenvika.

Vi har benyttet matematiske strøm- og spredningsmodeller for å simulere karakteristiske spredningssituasjoner.

Ved utslipp i Vigga må vi forvente at vannet i Røykenvika ifølge SFTs vannkvalitetsnormer kan karakteriseres som lite egnet til friluftsbading og jordvanning. Den offentlige badeplassen vil bli spesielt utsatt ved vind mot sør, mot øst og ved vindstille forhold, hvilket representerer de mest vanlige situasjonene. Ved vind mot nord og mot vest vil strendene på den motsatte siden av vika bli mest utsatt.

Et utslipp på 15 meters dyp vil få en sikker innlagring på dypt vann uten diffusor. Typisk stighøyde før innlagring vil kun være et par meter og en initialfortynning på 5 – 10 ganger.

Spredning av bakteriene fra dette utslippet vil stort sett foregå under 10 meters dyp. I Røykenvika ble overflatevannet ifølge simuleringene kun påvirket i neglisjerbar grad. Det er meget stor sannsynlighet for at overflatevannet får tilfredsstillende kvalitet både til bading og jordvanning

Dersom dyputslippet plasseres lengere inn i Røykenvika, til f.eks. 10 meters dyp vil dette føre til betydelig større påvirkning av overflatevannet. Dersom utslippet plasseres lengere utover, for eksempel til nord for Røykenvika og fortsatt på 15 meters dyp, vil påvirkningen av overflatevannet i Røykenvika bli ytterligere forbedret.

Samtlige simuleringer tyder på at vannuttaket ved Askjumlandet sør for Røykenvika på 50 meters dyp ikke vil bli påvirket av bakterier fra renseanlegget uansett alternativ.

Konklusjon

Vannkvaliteten i overflatevannet i Røykenvika vil bli betydelig bedre ved et dykket utslipp enn ved utslipp direkte til Vigga. Ved et dykket utslipp vil det sannsynligvis bli en akseptabel vannkvalitet med hensyn til bading og jordvanning. Dette gjelder både ved å plassere utslippet på 15 meters dyp ca. 1 kilometer utenfor badeplassen og på 20 meters dyp 500 meter utenfor badeplassen. Ved å plassere dyputslippet nord for Røykenvika blir resultatet ytterligere forbedret.

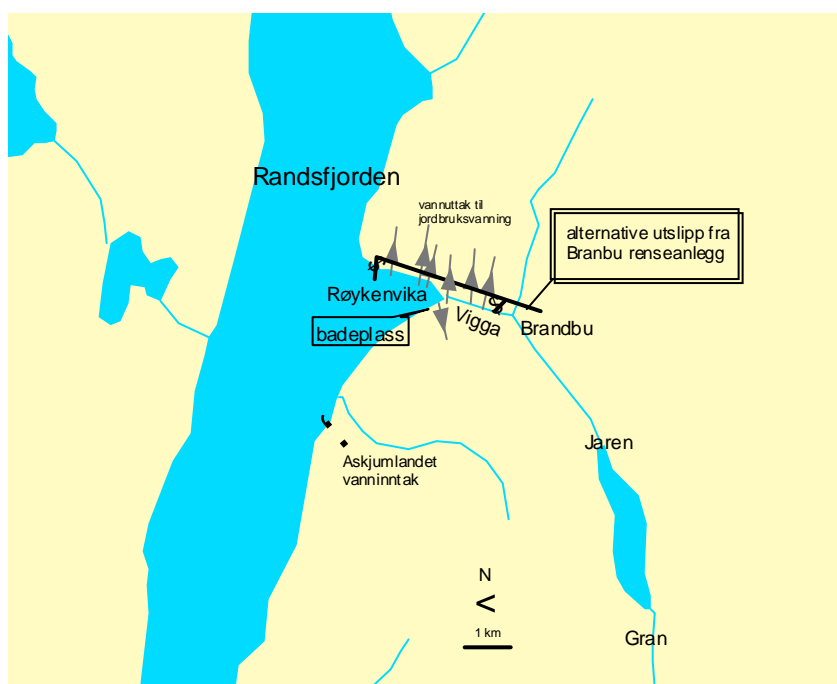
Drikkevannsuttaget ved Askjumlandet blir neppe påvirket av bakterier uansett utslippsalternativ.

1. Innledning

Gran kommune skal oppgradere det eksisterende Brandbu rensanlegg. Tilknytningen er planlagt å kunne øke fra 7600 p.e. idag til 12000 p.e. Dagens utslipp er ledet til Vigga. Alternativt utslippsted er under overflaten i Røykenvika, **Figur 1**. NIVA har i notat av 20. november 1999 anbefalt at dette plasseres på 15 meters dyp.

Røykenvika ligger ved utløpet av Vigga, nær Brandbu, på østsiden av Randsfjorden. Røykenvika er i dag uttaksted for vann til jordvanning. Ved Ulsnestangen er det en offentlig badeplass. Røykenvika er forøvrig benyttet til bading. Ved Askjumlandet, et par kilometer sør for Røykenvika, er det et drikkevannsuttak på 50 meters dyp.

Målet for dette arbeidet har vært å vurdere hvordan den bakteriologiske vannkvaliteten i Røykenvika og de nærliggende delene av Randsfjorden kan forventes å bli ved de to alternative utslippene. Dette for å finne et utslippsted som er gunstig for å oppnå tilfredstillende vannkvalitet ved den offentlige badeplassen og vann til jordvanning i Røykenvika samt drikkevann ved vannverksuttaket ved Askjumlandet.



Figur 1. Oversiktskart

2. Simuleringer

Vi har beregnet innlagringsdyp og initialfortynning av alternative dykkede utslipp i Røykenvika. Ved bruk av matematiske modeller har vi så simulert karakteristiske strøm- og spredningsforløp ved ulike vindretninger av termotolerante bakterier ved både dyputslipp i Røykenvika og utslipp direkte i Vigga.

2.1 Innlagringsdyp

Vannet i Vigga vil i sommersesongen, og for øvrig i resten av året med kortvarige unntak, blande seg med overflatevannet i Randsfjorden og deretter følge innsjøvannets bevegelser.

Ved et dykket utslipp vil strålen som kommer ut av røret blande seg med innsjøvannet og innlagres i et nivå avhengig av innsjøens temperaturprofil og strålens vannføring, fart og temperatur. En slik stråle kalles en jetstråle. Vi har benyttet en matematisk modell Jetmix for å beregne dette forløpet.

Utslippsberegningene ble utført for ulike temperaturprofiler i Randsfjorden med vekt på sommerhalvåret, Tabell 1. Vi antok at temperaturen i vannet fra det tenkte utslippet fra renseanlegget var lik temperaturen i overflaten i Randsfjorden. Vi har videre antatt en utslippsvannføring på 42 l/s og en rørdiameter på 400 mm.

Ved utslipp på 15 meters dyp steg strålen ca. 2 meter og ble fortynnet 5-10 ganger, Tabell 2. Ved å gjøre enden av røret trangere, diffusor med ett hull, øker farten på strålen slik at stighøyden ble noe mindre og initialfortynningen noe større. Også utslipp på 10 meters dyp ga en beregnet innlagring under overflaten uten diffusor, Tabell 3.

Beregningene viser at vi får en sikker innlagring på dypt vann ved å slippe vannet direkte fra utslippsrøret på 15 meters dyp. Usikkerhet angående temperaturen på utslippsvannet m.m. vil ikke endre dette. Om sommeren, da det er mest aktuelt å bade og ta ut vann til jordvanning, er temperaturgradienten fra overflate til bunn på sitt største og følgelig er vannmassene mest stabile mot opptrengning av utslippsvann fra renseanlegget.

Tabell 1. Temperaturprofiler ved Askjumlandet vannverksuttak 2 km sør for Røykenvika

<i>Dyp (m)</i>	<i>25.01.78</i>	<i>17.07.78</i>	<i>08.08.78</i>	<i>29.08.78</i>	<i>02.10.78</i>
1	0.0	14.8	17.9	14.2	8.4
10	1.0	13.2	16.0	13.7	7.8
30	4.0	5.8	5.7	9.0	7.0
50	4.0	5.1	5.3	6.1	6.6

Tabell 2. Innlagring ved vannføring 42 l/s og utslippsdyp 15 m

RØR DIAMETER MM	TID DD.MM.ÅÅ	INNLAGRINGS- DYP M	STRÅLE- BREDDE M	SENTER FORTYNNING
400	25.01.78	13.5	3.3	6
400	17.07.78	13.1	2.3	5
400	08.08.78	13.1	2.0	4
400	29.08.78	13.8	2.4	5
400	02.10.78	13.1	4.4	9
300	25.01.78	14.0	3.8	10
300	17.07.78	13.7	2.6	7
300	08.08.78	13.6	2.3	6
300	29.08.78	14.2	2.8	7
300	02.10.78	13.7	5.1	13
200	25.01.78	14.5	4.6	18
200	17.07.78	14.3	3.3	13
200	08.08.78	14.2	2.9	11
200	29.08.78	14.6	3.4	13
200	02.10.78	14.3	6.3	25
100	25.01.78	14.8	6.5	52
100	17.07.78	14.7	4.6	37
100	08.08.78	14.7	4.0	32
100	29.08.78	14.8	4.8	38
100	02.10.78	14.8	8.9	71

Tabell 3. Innlagring ved vannføring 42 l/s og utslippsdyp 10 m

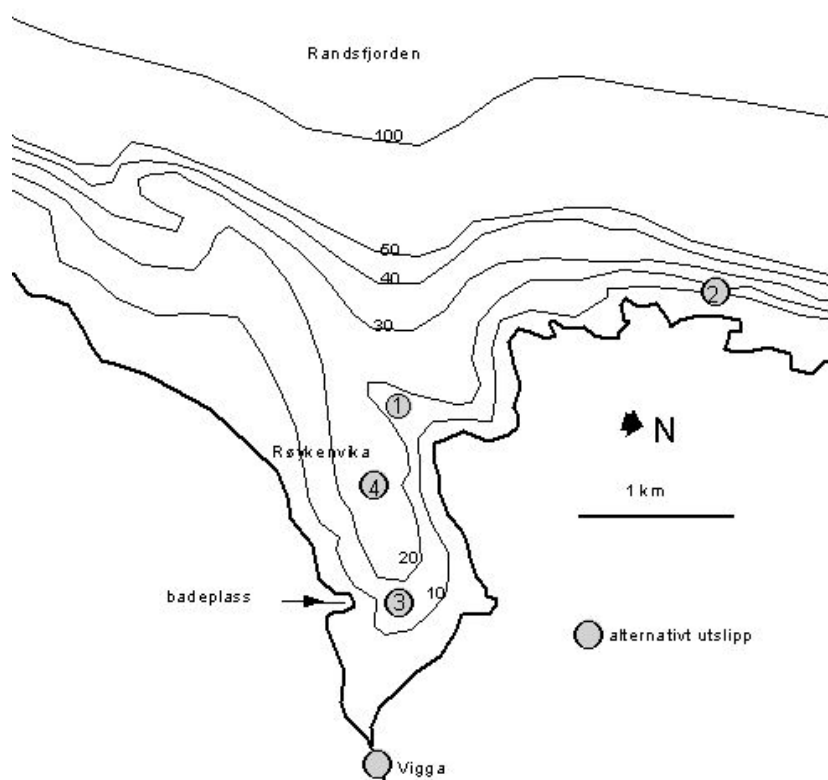
RØR DIAMETER MM	TID DD.MM.ÅÅ	INNLAGRINGS- DYP M	STRÅLE- BREDDE M	SENTER FORTYNNING
400	25.01.78	9.0	3.4	6
400	17.07.78	8.7	2.4	5
400	08.08.78	8.5	2.2	4
400	29.08.78	9.0	3.2	6
400	02.10.78	9.1	3.8	7
300	25.01.78	9.3	3.9	10
300	17.07.78	9.1	2.8	7
300	08.08.78	9.0	2.5	6
300	29.08.78	9.3	3.7	10
300	02.10.78	9.4	4.3	11
200	25.01.78	9.6	4.8	19
200	17.07.78	9.5	3.4	13
200	08.08.78	9.4	3.1	12
200	29.08.78	9.6	4.6	18
200	02.10.78	9.7	5.3	21
100	25.01.78	9.9	6.7	54
100	17.07.78	9.8	4.8	39
100	08.08.78	9.8	4.4	35
100	29.08.78	9.9	6.4	52
100	02.10.78	9.9	7.5	60

2.2 Strøm- og spredningsimuleringer

Vi benyttet Simons strømningsmodell og en spredningsmodell utviklet ved NIVA. Modellene er testet mot observasjoner med tilfredsstillende resultater i Tyrifjorden (Tjomsland 1982).

Det ble simulert karakteristiske strømforhold ved stabil vind, 3 m/s 10 meter over vannflaten, på langs og på tvers av Randsfjorden, det vil si mot nord, sør, øst og vest, samt under vindstille forhold ved kun gjennomstrømning av vann fra elvene. Vindstyrken er relatert til 10 m over vannoverflaten. For hver av disse strømsituasjonene ble det simulert hvordan termotolerante bakterier utslipp i Vigga og på 15 meters dyp i Røykenvika, dyputslipp alternativ 1, ble spredt i Randsfjorden, **figur 2**.

Temperaturgradienten i Randsfjorden tilsvarte en sommersituasjon. Vi antok at bakterieinnholdet i Vigga stammer fra kommunalt avløp. I beregningene benyttet vi den nest største bakteriefluksen (konsentrasjon x vannføring) som ble observert i 1994. Dette tilsvarer en konsentrasjon i dyputslippet på 100 000 bakt./100 ml og 200 000 bakt./100 ml ved en vannføring på henholdsvis 42 l/s og 22 l/s, og i Vigga 4200 bakt./100 ml ved middelvannføring på 1 m³/s. Dette er noe lavere enn bakterieinnholdet i prøver av avløpsvannet fra Brandbu renseanlegg 7., 9. og 10. februar 2000 på henholdsvis 320 000, 520 000 og 310 000 bakt./100 ml i en vannføring på 22 l/s.



Figur 2. Dybdekart med inntegning av alternative utslippsteder

Innsjøen ble delt inn i celler med en horisontal utstrekning på 100 m x 100 m. I dybderetningen ble det delt inn i fire lag: 0-5 m, 5-10 m, 10-15 m og 15 m – bunn.

De presenterte resultatene på kartene representerer en likevektsituasjon ved konstante tilførsler. Konsentrasjonene er delt inn i fem klasser i samsvar med SFTs generelle klassifisering av miljøkvalitet, **Tabell 4**. Klasifisering av i hvilken grad vannet er egnet til friluftsbading og jordvanning er vist i **Tabell 5**. For en mer omfattende beskrivelse viser vi til SFT 1997.

Tabell 4. Klassifisering av tilstand
Termotolerante koliforme bakterier pr. 100 ml

TILSTANDSKLASSE	TILSTANDSKLASSE	
1	Meget god	<5
2	God	5-50
3	Mindre god	50-200
4	Dårlig	200-1000
5	Meget dårlig	>1000

Tabell 5. Klassifisering av egnethet til friluftsbading og jordvanning
Termotolerante koliforme bakterier pr. 100 ml

EGNETHETSKLASSE	EGNETHETSKLASSE	FRILUFTSBAD	JORDVANNING
1	Godt egnet	<100	<2
2	Egnet	<100	2-20
3	Mindre egnet	100-1000	20-100
4	Ikke egnet	>1000	>100
kommentar		Gjelder 9 av 10 prøver	

Vind mot sør

Ved vind mot sør på 3 m/s strømmet vannet sørover i overflaten og med en komponent noe utover fra land på grunn av jordrotasjonens avbøyende kraft mot høyre, mens det i de dypere lag gikk norgående returstrømmer,. Fralandsstrøm på overflaten langs vestsiden av Randsfjorden/inkludert Røykenvika resulterer i inngående strømmer langs bunnen og oppoverrettede stømmer langs land.

Utslipet i Vigga fulgte overflatevannet langs strendene sørover med betydelig forurensing av den offentlige badeplassen og jordvanninguttakene . I følge SFTs krav var vannet mindre egnet til friluftsbading og jordvanning (gul farge på kartet). Utslipp på 15 meters dyp ble spredt innover i bukta på dypt vann uten å trenge opp til overflaten.

Ingen av de to alternative utslippene påvirket drikkevannsutaket ved Askjumlandet sør for Røykenvika.

Vind mot nord

I store trekk strømmet vannet i overflaten på skrå mot vestbredden og inn i Røykenvika, nedoverrettede strømmer langs denne bredden og returstrømmer dypere ned,.

Bakterier i Vigga ble spredt i overflaten langs nordsiden av Røykenvika hvor de representerte en betydelig forurensning,. Dyputslippet ble stort sett spredt utover i Randsfjorden på dypt vann. Overflatevannet ytterst på nordsiden av i Røykenvika ble svakt påvirket.

Ingen av de to alternative utslippene påvirket drikkevannsutttaket sør for Røykenvika.

Vind mot øst

Ved vind mot øst på 3 m/s, d.v.s. på tvers av Randsfjorden fra Røykenvika, strømmet overflatevannet utover fra Røykenvika i overflaten og innover dypere ned, **Figur 6**.

Bakteriene i Vigga ble spredt i overflaten langs strendene i sør og vest, **Figur 7**. Den offentlige badeplassen ble betydelig forurenset. Bakteriene i dyputslippet ble spredt innover i vika på dypt vann. Overflatevannet ved badeplassen ble svakt påvirket.

Vind mot vest

Ved vind mot vest på 3 m/s, d.v.s. på tvers av Randsfjorden mot Røykenvika, strømmet overflatevannet inn i Røykenvika og utover dypere ned, **Figur 6**.

Bakterier i Vigga ble fortrinnsvis spredt i overflaten innerst i bukta,. Konsentrasjonene var meget høye. Bakteriene i dyputslippet ble spredt utover på dypt vann.

Ingen av de to alternative utslippene påvirket drikkevannsutttaket sør for Røykenvika.

Vindstille

Strømmene ble drevet av vannføringer i elvene inn og ut av Randsfjorden. Vi antok en utløpsvannføring i Randselva på 100 m³/s. Vannet strømmet fra nord mot sør i alle lagene,.

Bakteriene i Vigga ble spredt i overflaten langs strendene på sørsiden av Røykenvika,. Badeplassen ble betydelig forurenset. Bakteriene i dyputslippet ble spredt innover i Røykenvika på dypt vann uten å nå overfaten.

Ingen av de to alternative utslippene påvirket drikkevannsutttaket sør for Røykenvika.

Meget sterk vind, 10 m/s, mot sør

Resultatene avvek lite i forhold til ved vind på 3 m/s i samme retning. De simulerte resultatene synes ikke å være særlig følsomme for endret vindstyrke. Simuleringer med meget sterk vind i andre i retninger ga tilsvarende resultater, **figur 11**.

Alternative dyputslipp

Hovedalternativene for simuleringene har vært utslipp i Vigga og utslipp på 15 meters dyp i ytre del av Røykenvika merket som **utslipp1** på, vind mot sør ga ugunstige bakteriologiske forhold i Røykenvika. Vi har derfor benyttet denne vindretningen for å sammenligne spredningsforholdene ved alternative plasseringer av av uslippet.

Dersom utslippet plasseres på 15 meters dyp like ved badeplassen, **utslipp3**, inngikk bakteriene i de oppoverrettede strømmene innerst i vika og førte til bakteriologisk forurensning av overflatevannet ved badeplassen, **figur 12**.

Utslipp 4 er plassert på 20 meters dyp ca 500 meter innenfor alternativ1. Bakteriene ble fortrinnsvis værende under 10 meter. Det ble i likhet med alternativ1 ikke påvist bakterier i overflatelaget og påvirkningen av laget 5-10 meter var nor mindre en alternativ1, **Figur 13**.

Utslipps2 var plassert nord for Røykenvika på 15 meters dyp. Bakteriene ble spredt innover i de ytre delene av vika uten å nå overflaten.

3. Diskusjon og konklusjoner

Strøm- og spredningsberegningene representerer karakteristiske situasjoner. I virkeligheten vil vinden stadig endres både i styrke og retning og strømmene vil også endres i mange døgn selv ved stabil vind. I Røykenvika blir det generelle strømningsmønsteret for Randsfjorden komplisert av topografien. Videre er resultatene enkelte steder avhengig av lagdelingen vi har foretatt i modellen, valg av koeffisienter som beskriver turbulens m.m. Vi må følgelig ikke legge avgjørende vekt på hver detalj i resultatene, særlig ikke langs land inne i Røykenvika. Imidlertid mener vi at simuleringene viser karakteristiske trekk som gir nyttig informasjon om i hvilken grad alternative utslipp kan forventes å påvirke vannet i Røykenvika og Randsfjorden for øvrig.

Ved utslipp i Vigga må vi forvente at vannet i Røykenvika ifølge SFTs vankvalitetsnormer kan karakteriseres som dårlig egnet til friluftsbading og jordvanning. Den offentlige badeplassen vil bli spesielt utsatt ved vind mot sør, mot øst og ved vinstille forhold, hvilket representerer de mest vanlige situasjonene. Ved vind mot nord og mot vest vil strendene på den motsatte siden av vika bli mest utsatt. Reduserte tilførsler reduserer konsentrasjonene i innsjøen i tilsvarende grad. Imidlertid gjelder denne karakteristikken av badevann selv om bakterieutslippet var redusert 1/10 av hva som ble benyttet i disse beregningene. Dette vil være en vanlig forekommende situasjon dersom observasjonene i 1994 fortsatt er representative og en meget gunstig situasjon dersom de tre stikkprøvene i februar 2000 er representative. Imidlertid varierer termotolerante bakterier mye i tid slik at det er vanskelig å få et pålitelige anslag på karakteristiske mengder og den tiden disse konsentrasjonene overskrides.

Et utslipp på 15 meters dyp vil få en sikker innlagring på dypt vann. Typisk stighøyde før innlagring vil kun være et par meter. Innlagringsberegningene forutsetter stillestående vann, i det minste uten vertikal bevegelse. I perioder med sirkulasjon i vannmassene vår og høst kan vi imidlertid forvente at utslippsvannet fordeles i hele dybdeprofilen og dermed også kommer til overflaten.

Spredning av bakteriene fra dette utslippet vil stort sett foregå under 10 meters dyp. Ved vind mot sør og mot øst beveger utslippet seg innover i Røykenvika på dypt vann og påvirket overflatevannet kun i neglisjerbar grad. Det er spesielt vanskelig å simulere nøyaktig vertikale strømmer, turbulente virvler m.m. innerst i vika slik at vi av forsiktighetshensyn bør regne med at en større andel enn konsentrasjonskartene viser iblant kan nå overflaten og føre til utilfredstillende vannkvalitet der.

Kvaliteten på vannet i Vigga vil selvfølgelig bli langt bedre ved et dyputslipp. Vann fra Vigga benyttes idag til jordvanning.

Dersom dyputslippet plasseres lenger inn i Røykenvika, f.eks. til 15 meter like utenfor badeplassen, vil dette føre til at betydelig større påvirkning av overflatevannet. Påvirkningen vil bli ytterligere forsterket ved å slippe avløpsvannet ut på grunnere vann, f.eks. på 10 meters dyp. Det er viktig at utslippet inngår i returstrømmen langs bunnen og ikke direkte inngår i den vinddrevne overflatestrømmen. Dette vil

være langt sikrere ved å plassere utslippet på 15 meter. Om sommeren når badesessongen er på sitt beste vil 15 meter ligge under sprangsjiktet hvor tetthetsgradientene sterkt motvirker vertikal blanding.

Ved å plassere utslippet på 20 meters dyp ca 500 meter utenfor badeplassen ble konsentrasjonene over 10 meter like gode eller noe bedre enn ved utslipp på 15 meters dyp ytterligere 500 meter lenger utover. Konsentrasjonene på dypt vann, 15-20 meter, like ved badeplassen ble imidlertid høyere. Dersom de oppoverrettede strømmene der iblant skulle være sterkere enn simuleringene viser, vil badeplassen i så fall være mer utsatt.

Plassering av utslippet til for eksempel til nord for Røykenvika ville være en ytterligere forsikring for å opprettholde god vannkvalitet i overflatevannet i Røykenvika.

Samtlige simuleringer tyder på at vannuttaket ved Askjumlandet sør for Røykenvika på 50 meters dyp vil neppe bli påvirket av bakterier fra renseanlegget uansett alternativ. Vi kan ikke se helt bort ifra dette kan skje i sirkulasjonsperiodene vår og høst, imidlertid vil forholdene ikke bli dårligere på grunn av dyputslippet.

Konklusjon

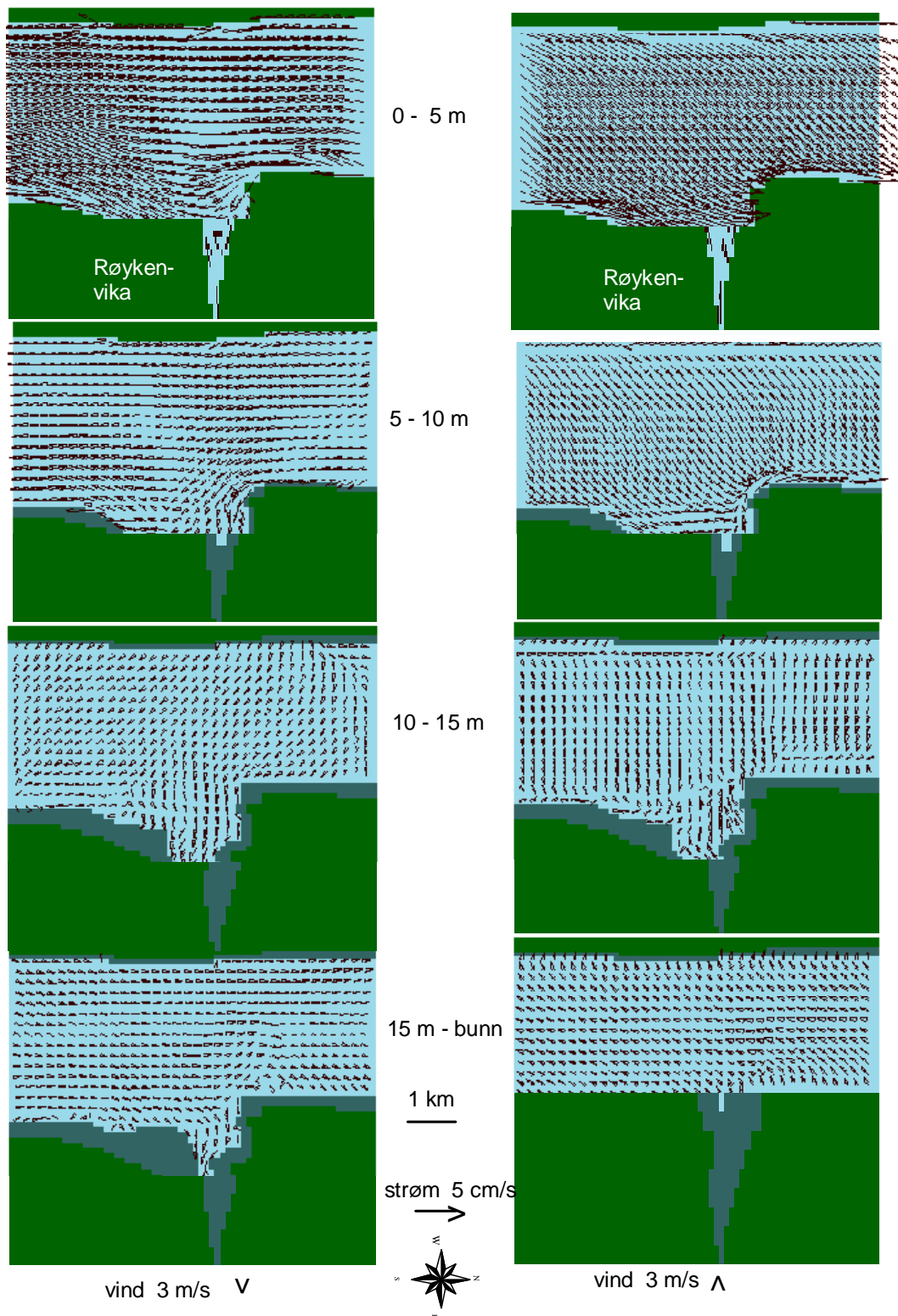
Vannkvaliteten i overflatevannet i Røykenvika vil bli betydelig bedre ved et dykket utslipp enn ved utslipp direkte til Vigga. Ved et dykket utslipp vil det sannsynligvis bli en akseptabel vannkvalitet med hensyn til badind og jordvanning. Dette gjelder både ved å plassere utslippet på 15 meters dyp ca. 1 kilometer utenfor badeplassen og på 20 meters dyp 500 meter utenfor badeplassen. Ved å plassere dyputslippet nord for Røykenvika blir resultatet ytterligere forbedret.

Drikkevannsutttaket ved Askjumlandet blir neppe påvirket av bakterier uansett utslippsalternativ.

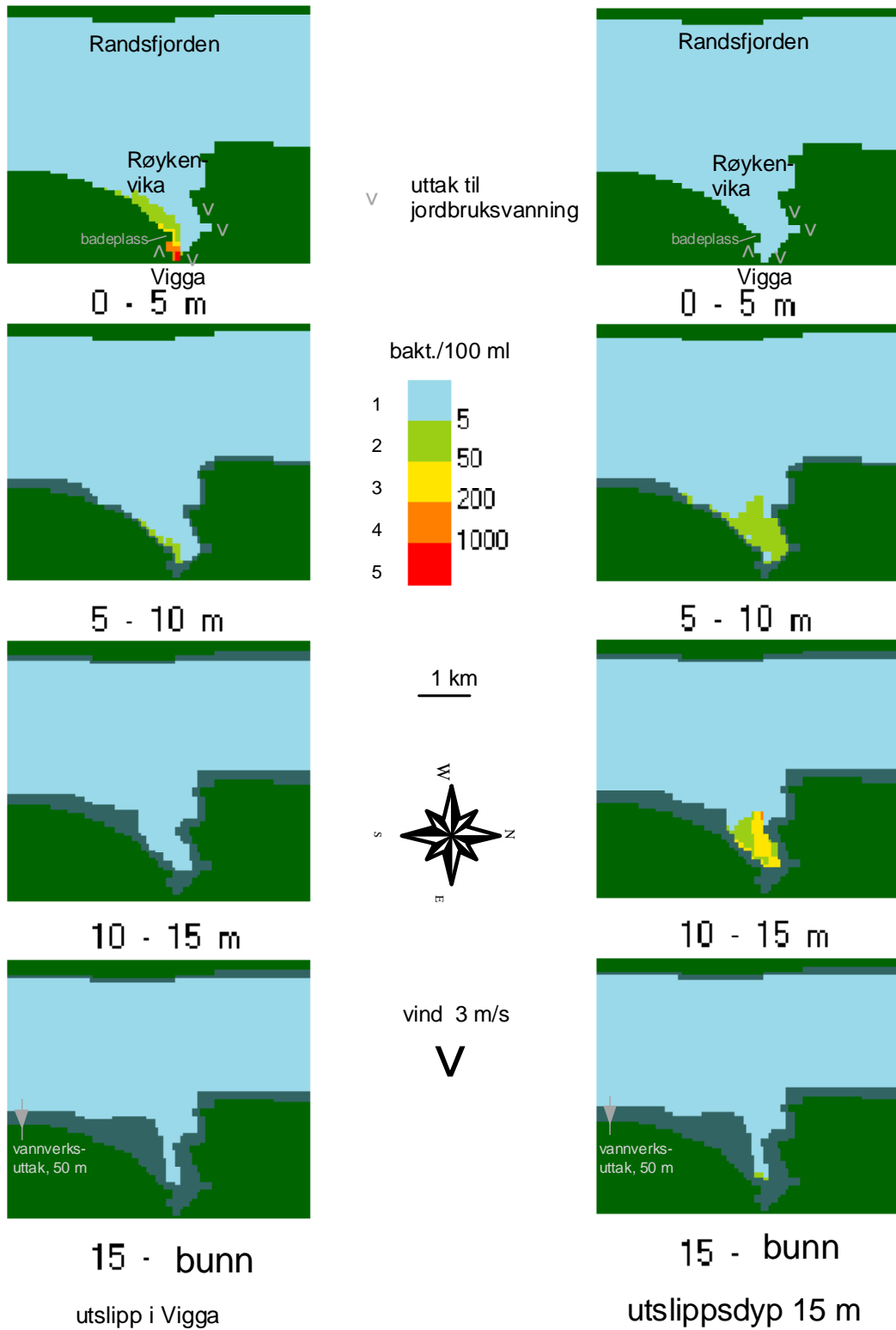
4. Referanser

SFT 1997. Veiledning. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann, Statens forurensningstilsyn, Oslo

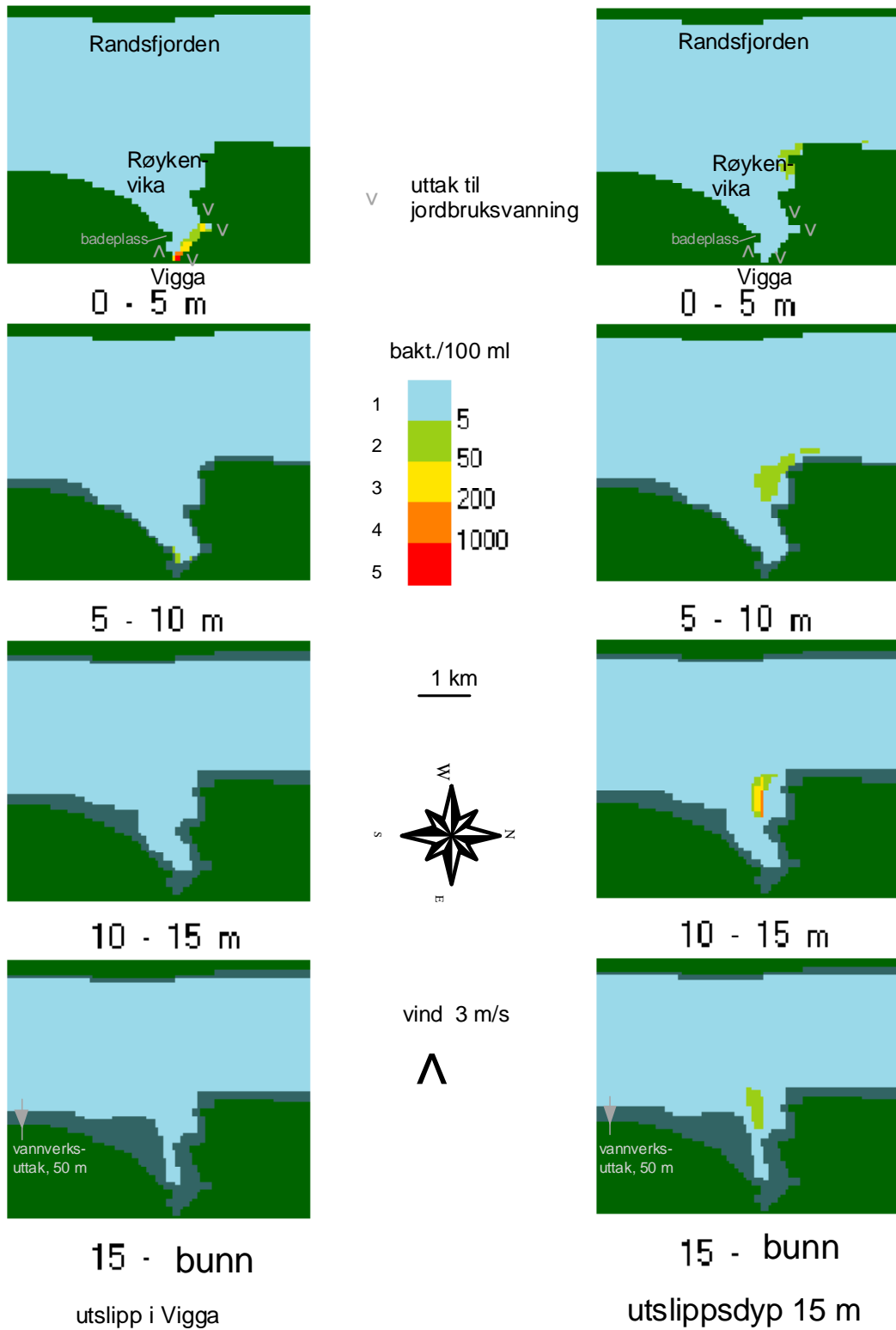
Tjomsland, T. 1982. Strøm og spredningsstudier i Tyrifjorden, Rapport nr.2, løpenr. 1191, Norsk institutt for vannforskning, Oslo.



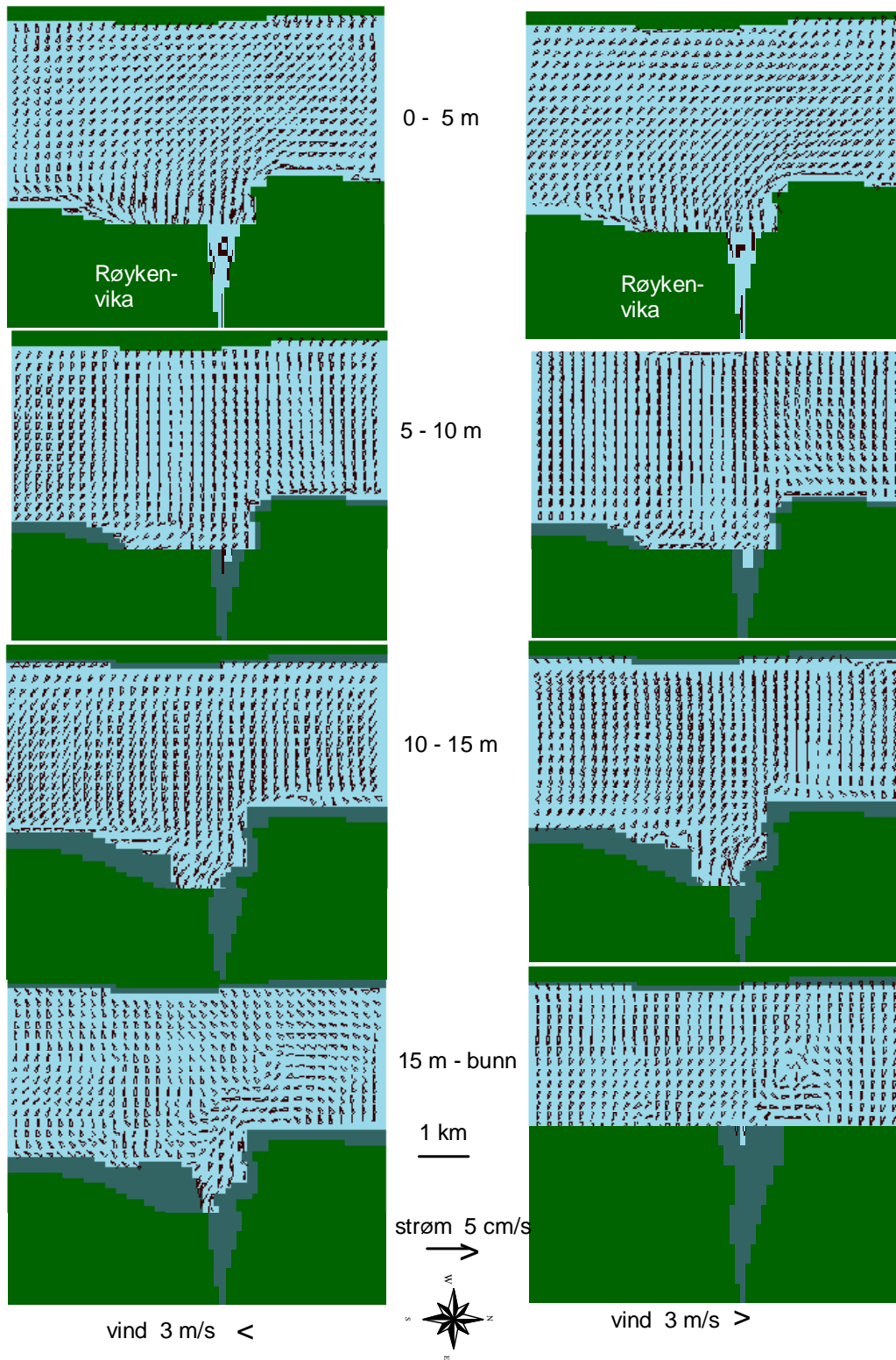
Figur 3. Strøm ved vind (3 m/s) på langs av Randsfjorden, mot sør og mot nord



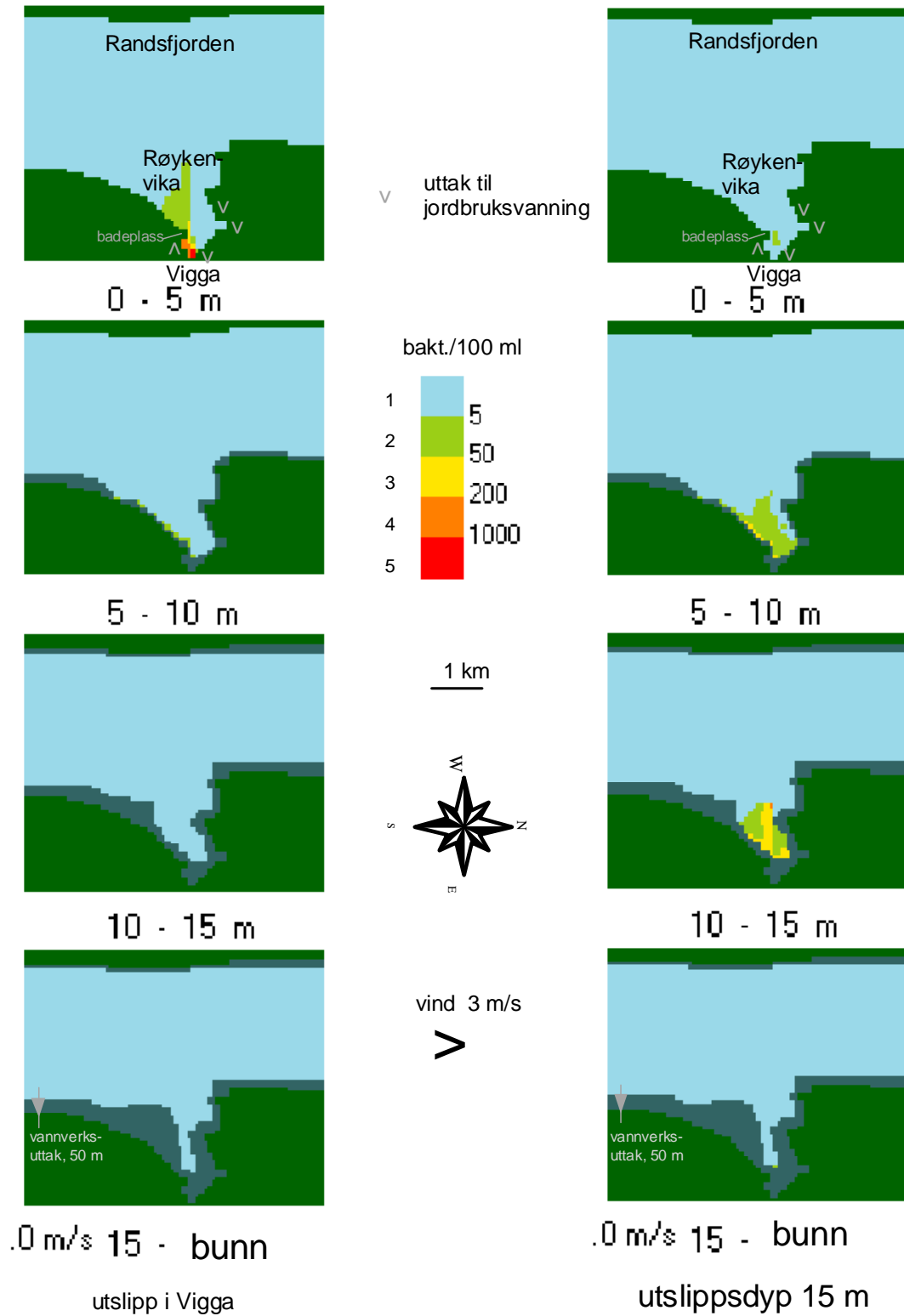
Figur 4. Bakteriekonsentrasjoner ved vind mot sør



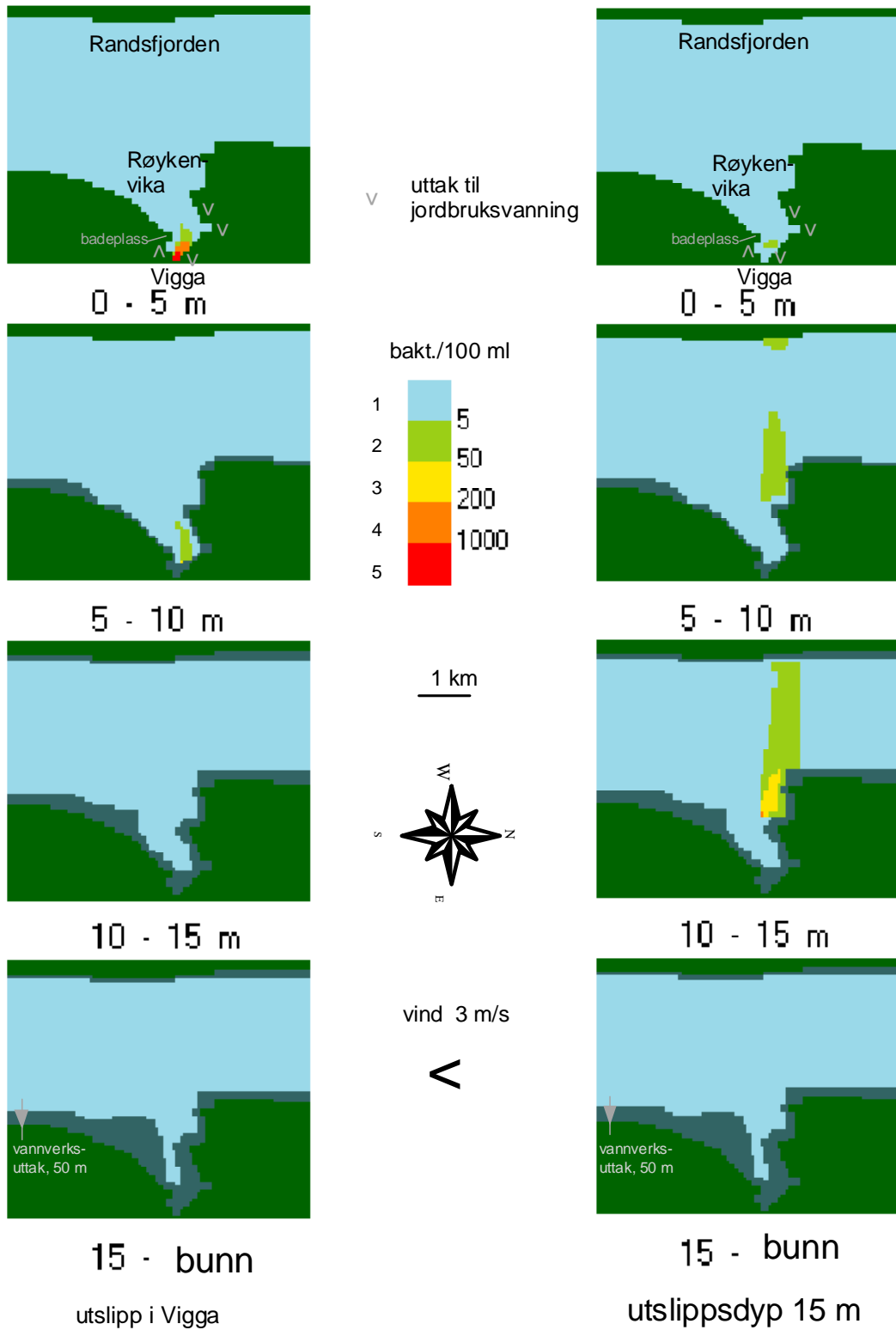
Figur 5. Bakteriekonsentrasjoner ved vind mot nord



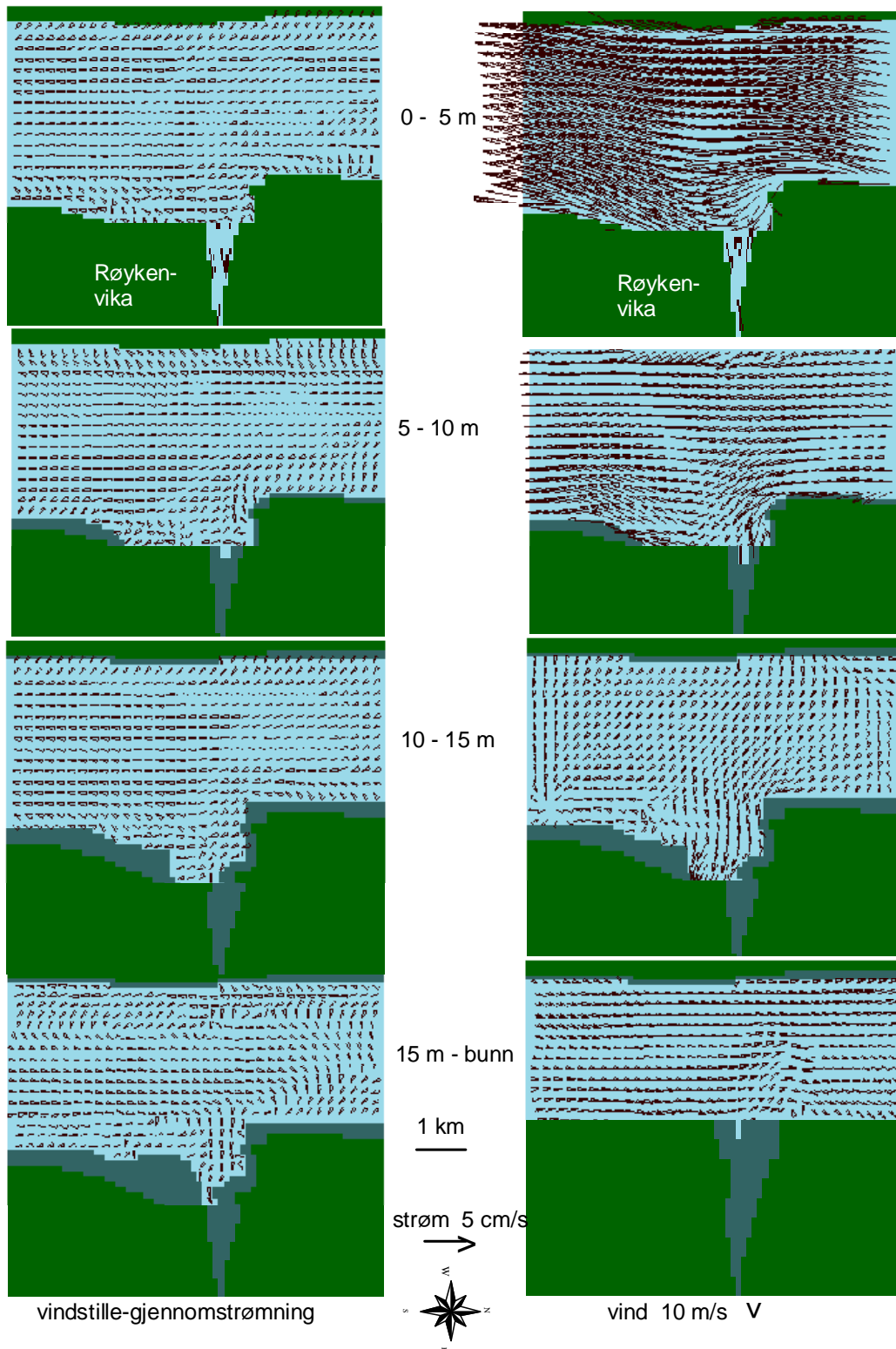
Figur 6. Strøm ved vind (3 m/s) på tvers av Randsfjorden, mot øst og mot vest



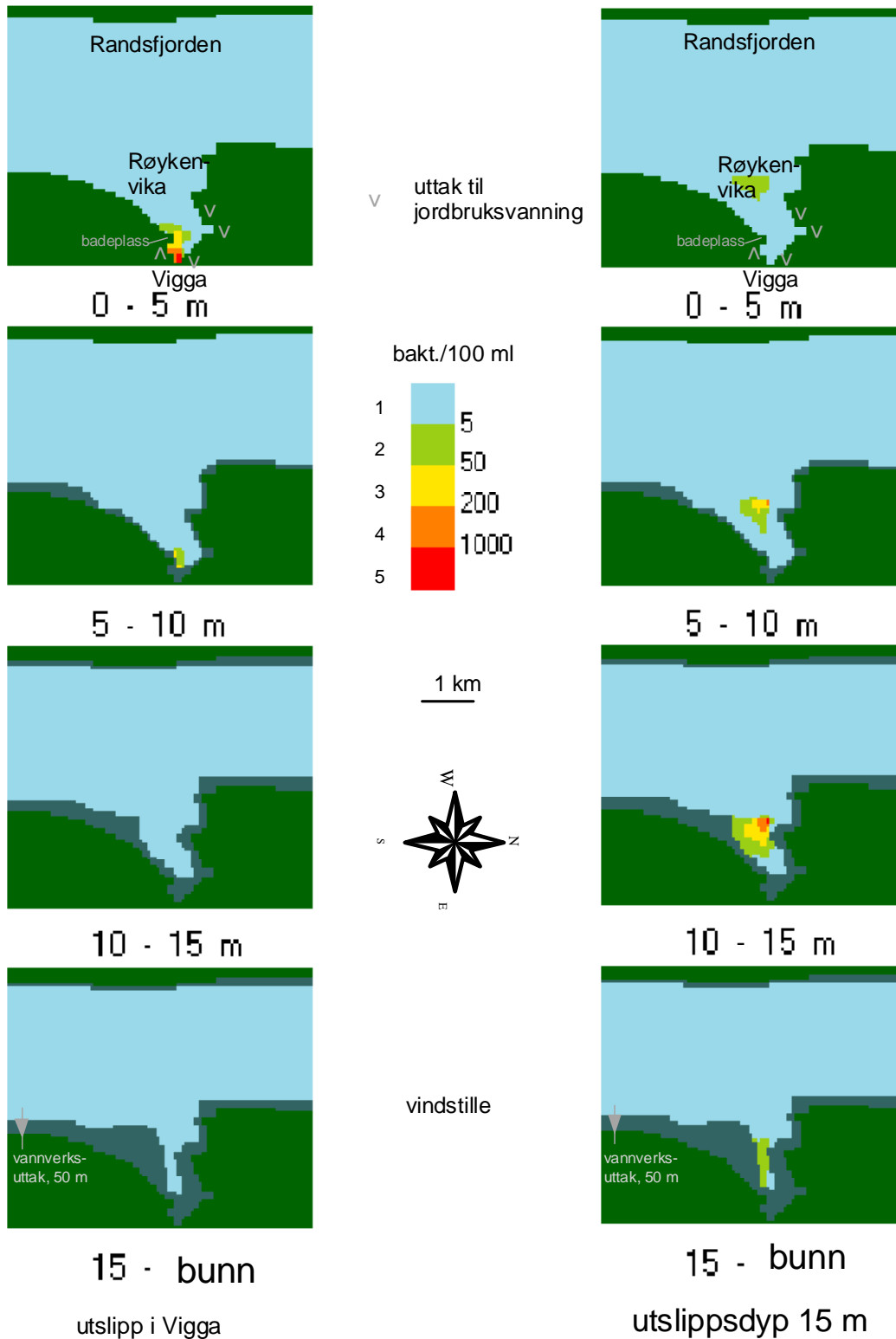
Figur 7. Bakteriekonsentrasjoner ved vind mot øst



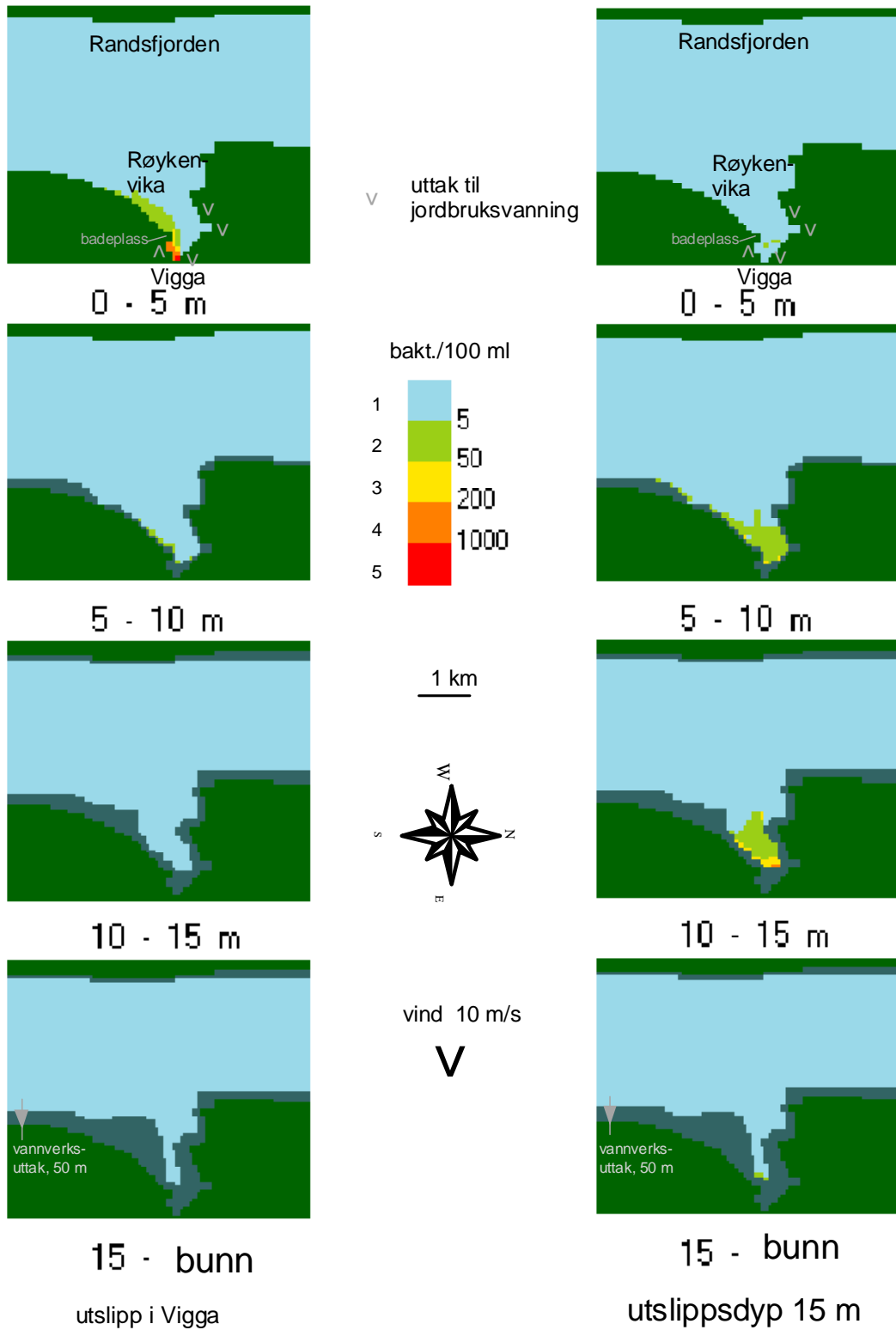
Figur 8. Bakteriekonsentrasjoner ved vind mot vest



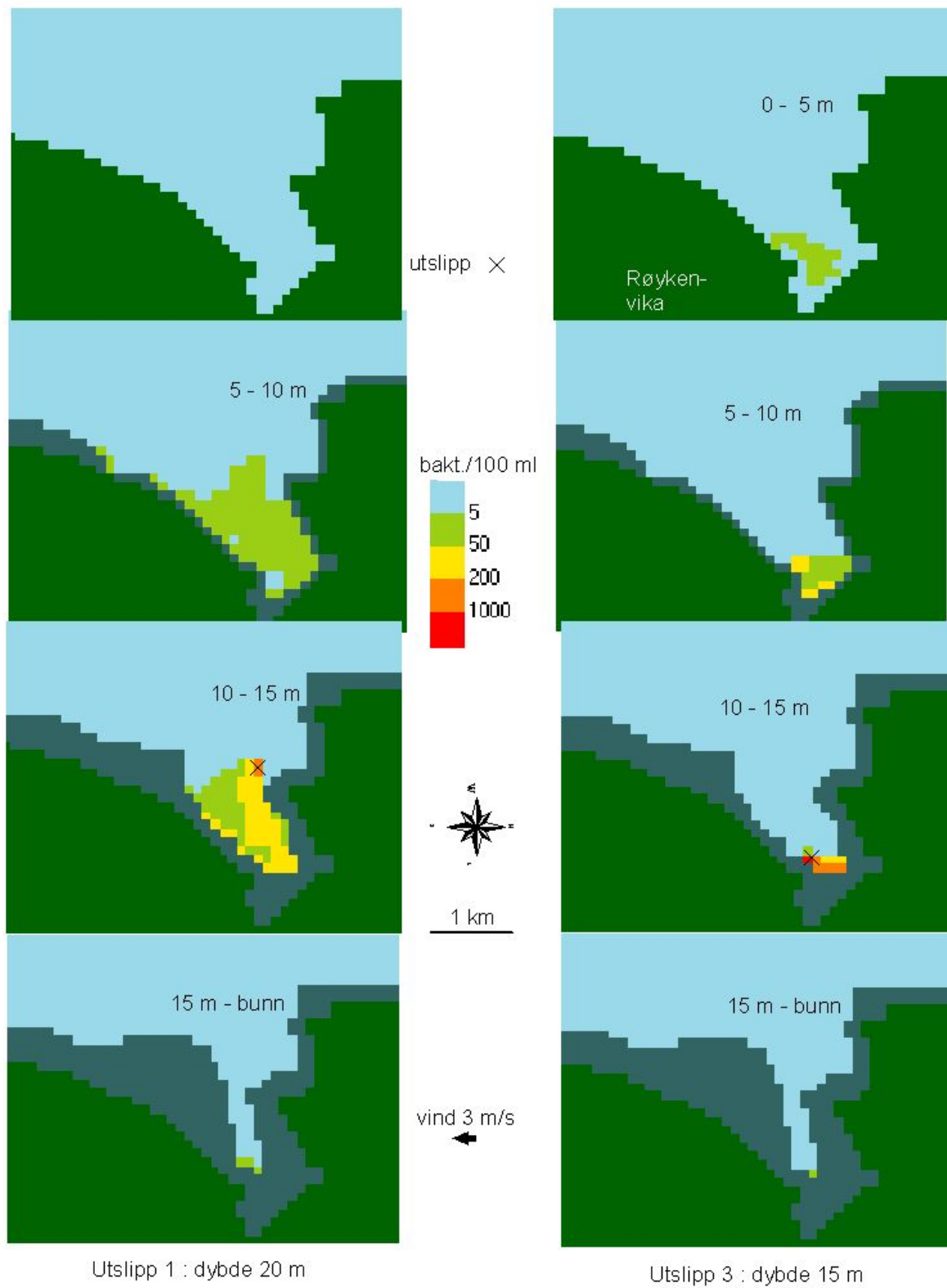
Figur 9. Strøm ved vindstille forhold og ved meget sterk vind (10 m/s) mot sør



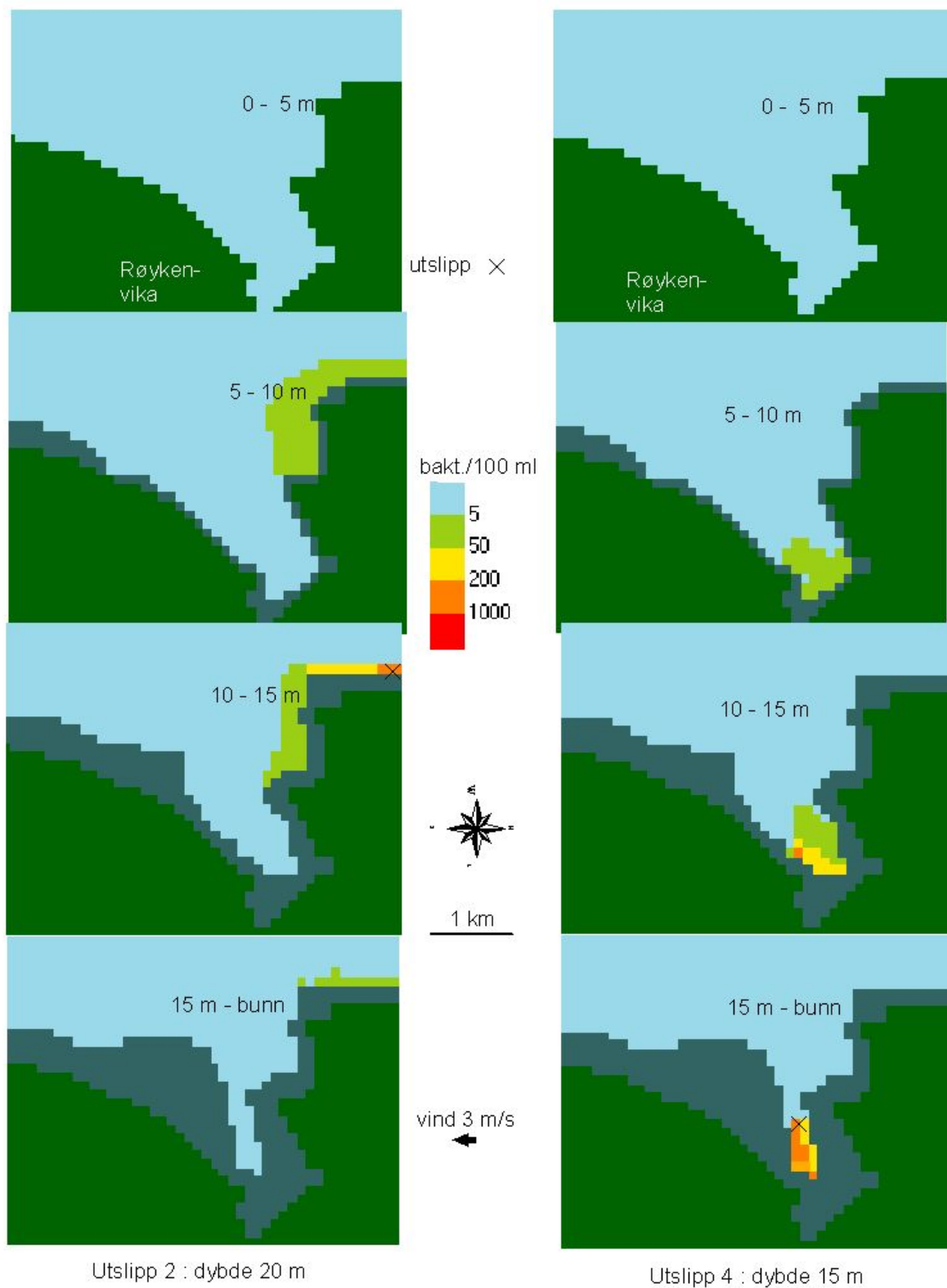
Figur 10. Bakteriekonsentrasjoner ved vindstille forhold, kun gjennomstrømming av vann fra elver



Figur 11. Bakteriekonsentrasjoner ved meget sterk vind (10 m/s) mot sør



Figur 12. Bakteriekonsentrasjoner ved vind mot sør. Alternativ 1 og alternativ 3, utslippsdyp 15 m.



Figur 13. Bakteriekonsentrasjoner ved vind mot sør. Alternativ 2 utslippsdyb 15 m og alternativ 4 utslippsdyb 20 m.