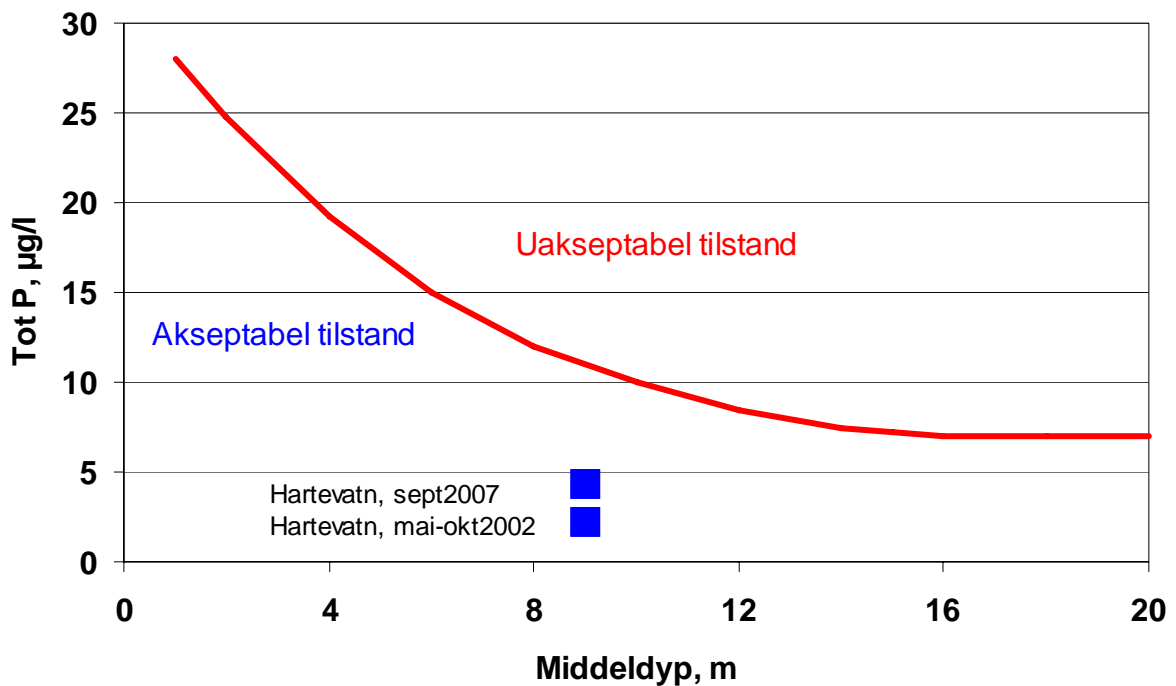




RAPPORT LNR 5552-2008

# Beregning av tilstand for Hartevatn i Bykle basert på framtidig fosforbelastning fra fritidsbebyggelse



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

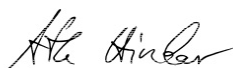
Tittel Beregning av tilstand for Hartevatn i Bykle basert på framtidig fosforbelastning fra fritidsbebyggelse	Løpenr. (for bestilling) 5552-2008	Dato 06.02.2008
	Prosjektnr. Undernr. O-27381	Sider Pris 13
Forfatter(e) Atle Hindar og Liv Bente Skancke	Fagområde Eutrofi - ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Bykle kommune v/Bykle & Hovden Vekst A/S	Oppdragsreferanse e-post Tveiten AS, 19.09.2007
--	---

Sammendrag

Det er forventet betydelig økning i aktivitetene i Hovdenområdet i Bykle kommune de nærmeste årene. Det er spesielt antall fritidsboliger som forventes å øke sterkt, og Bykle kommune vurderer derfor nye tiltak på avløpssektoren. I den forbindelse var det ønsket en vurdering av om Hartevatn fortsatt er egnet resipient. Innsjøen er i dag resipient for avløpet fra renseanlegget på Hovden. Økningen i fosfortilførsler basert på 90% renskapasitet ved eksisterende og eventuelt nytt renseanlegg for avløp er brukt til å beregne framtidige tilførsler. Størrelsen av utslippet er vurdert opp mot resipientkapasitet og konsekvenser for innsjøen. Målte fosforkonsentrasjoner på 2-4 µg/l total fosfor viser at Hartevatn i dag er lite påvirket av ekstra tilførsler fra avløp. Selv med den planlagte utbyggingen vil tilstanden være akseptabel i følge de belastningsmodeller som er brukt. Basert på krav i vannrammedirektivet anbefales imidlertid å kontrollere den økologiske tilstanden i innsjøen under og iallfall etter utbyggingen.

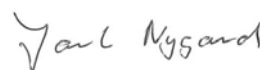
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Vannkjemi	1. Water chemistry
2. Økologisk tilstand	2. Ecological status
3. Resipientkapasitet	3. Resipient capacity
4. Avløp	4. Discharge



Atle Hindar  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør



# **Beregning av tilstand for Hartevatn i Bykle basert på framtidig fosforbelastning fra fritidsbebyggelse**



## Forord

Rådgivingsfirmaet Tveiten AS v/Jørund Ofte henvendte seg i begynnelsen av september 2007 til NIVAs Sørlandsavdeling med forespørsel om nye beregninger av resipientkapasitet for Hartevatn. Hartevatn er resipient for avløp fra eksisterende renseanlegg ved Hovden i Bykle kommune, og med nye planer for hyttebygging og annet er det forventet større fosfortilførsler til innsjøen.

NIVAs tilbud ble akseptert av Bykle kommune 17.09.2007 og meddelt i e-post fra Tveiten AS den 19.09.2007. Bykle kommune v/Bykle & Hovden Vekst A/S har finansiert prosjektet.

Prøvetaking i Hartevatn ble gjennomført av Einar Kleiven og Jarle Håvardstun, begge NIVA.

Grimstad, 6. februar 2008

*Atle Hindar*

---



# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Bakgrunn</b>	<b>6</b>
<b>2. Hartevatn</b>	<b>6</b>
<b>3. Vannkjemisk status</b>	<b>7</b>
3.1 Innsamling av vannprøver	7
3.2 Analyser	8
3.3 Resultater	8
<b>4. Fosforbelastning</b>	<b>9</b>
<b>5. Konklusjon</b>	<b>12</b>
<b>6. Referanser</b>	<b>12</b>
<b>Vedlegg A. Vannkjemi</b>	<b>13</b>





## Sammendrag

Det er forventet betydelig økning i aktivitetene i Hovdenområdet i Bykle kommune de nærmeste årene. Det er spesielt antall fritidsboliger som forventes å øke sterkt, og Bykle kommune vurderer derfor nye tiltak på avløpssektoren. I den forbindelse var det ønsket en vurdering av om Hartevatn fortsatt er egnet resipient. Innsjøen er i dag resipient for avløpet fra renseanlegget på Hovden.

Det rådgivende ingeniørformaet Tveiten AS har gjort beregninger av framtidig økning i fosfortilførsler basert på 90% renskapasitet ved eksisterende og eventuelt nytt renseanlegg for avløp. Økningen er fra 160 kg per år (beregnet i 1989) til nær 800 kg fosfor per år. Økningen i fosfortilførsler vurderes i denne rapporten opp mot resipientkapasitet og konsekvenser for innsjøen.

Målte fosforkonsentrasjoner på 2-4 µg/l total fosfor viser at Hartevatn i dag er lite påvirket av tilførsler fra avløp. Selv med den planlagte utbyggingen vil tilstanden være akseptabel i følge de belastningsmodeller som er brukt. Hartevatn vil også ha "noe å gå på" etter at utbyggingen er realisert. Basert på krav i vannrammedirektivet anbefales imidlertid å kontrollere den økologiske tilstanden i innsjøen under og iallfall etter utbyggingen.

## 1. Bakgrunn

Det er forventet betydelig økning i aktivitetene i Hovdenområdet i Bykle kommune de nærmeste årene. Det er spesielt antall fritidsboliger som forventes å øke sterkt, og Bykle kommune vurderer derfor nye tiltak på avløpssektoren. I den forbindelse ønskes en vurdering av om Hartevatn fortsatt er egnet resipient. Innsjøen er i dag resipient for avløpet fra renseanlegget på Hovden.

Det rådgivende ingeniørformaet Tveiten AS har gjort beregninger av økningen i tilførsler basert på en gitt renskapasitet (Tveiten AS, 2007), og denne økningen brukes i rapporten for å beregne framtidige tilførsler og konsekvenser for innsjøen.

## 2. Hartevatn

Hartevatn ligger ved Hovden øverst i Setesdalen. Innsjøen ligger i fjellterreng 758 moh, er resipient for utslipp fra Hovdenområdet og Hovden renseanlegg og er svakt regulert som del av reguleringen av Øvre Otra mot Brokke kraftverk.

Grunnlagsdata for Hartevatn er gitt i **Tabell 1**. Slike data kan hentes fra tidligere rapporter, for eksempel Hindar m.fl. (1990), og dels fra NVEs Atlas (nve.no). Men vi har sett oss nødt til å gjøre en del beregninger på nytt i forbindelse med det foreliggende arbeidet.

Overflatearealet oppgitt av NVE er 5,86 km<sup>2</sup>, som er beregnet ved høyeste regulerte vannstand HRV (som er 758,9 moh). LRV er på 757,3 moh, slik at reguleringshøyden i Hartevatn er 1,6 m. Data fra regulanten viser at vannstanden i middel kan ligge ca. en halv meter under HRV.

Nedbørfeltet og områdets spesifikke avrenning gir et naturlig tilsig på 612,7 mill. m<sup>3</sup>/år (Hindar m.fl. 2003). Rørslett m.fl. (1978) oppga at reguleringen fører til at tilsiget er redusert til ca. 290 mill. m<sup>3</sup>/år, mens Hindar m.fl. (2003) oppgir at tilsiget er redusert med 241 mill. m<sup>3</sup>/år og dermed til 371,7 mill. m<sup>3</sup>/år. Vi har her valgt å forholde oss til denne siste verdien. Etter dybdekartet gitt i Rørslett m.fl. (1978) er trolig maksimalt dyp ved kote 715 moh, slik at det maksimale dypet blir ca. 42-43 m.

Hindar m.fl. (1990) og Hindar m.fl. (2003) oppgir middeldypet til 10,7 m og innsjøvolumet til 45,6 mill. m<sup>3</sup>. Disse dataene harmonerer ikke med overflatearealet fra NVE. Siden middeldypet er så sentralt og fordi stor usikkerhet har en direkte konsekvens for vurdering av akseptabel tilstand, har vi derfor beregnet dette på nytt. Beregningen er basert på det detaljerte dybdekartet gitt av Rørslett m.fl. (1978). Kartet ble først forstørret opp til A3-format. Oppgitt målestokk i kartet ble kvalitetsikret ved å gjøre lengdeberegninger i NVEs Atlas for to avstander i Hartevatn. Deretter er overflatearealet ved 757,3 moh (LRV) og arealene ved hhv. kote 750 og 740 m regnet ut. Overflatearealet ble 6,24 km<sup>2</sup>, dvs. noe større enn NVEs overflateareal. Basert på en typisk kurveprofil for forholdet mellom areal og dyp ble det konstruert en batygrafisk kurve og deretter regnet ut volum og middeldyp. Middeldypet ble beregnet til 9,0 m, og denne verdien er brukt i de videre beregningene. Det gjøres oppmerksom på det betydelige avviket fra 10,7 m som tidligere er brukt. Innsjøvolumet er også betydelig korrigert, se **Tabell 1**.

### 3. Vannkjemisk status

#### 3.1 Innsamling av vannprøver

Det ble foretatt prøvetaking på én stasjon i Hartevatn 24. september 2007. Det ble tatt prøver ved fire ulike dyp; overflate, 5 m, 10 m, 20 m. Prøvepunktet er markert i **Figur 1** (koordinater N59°31.914, E007°20.826).

**Tabell 1.** Data for Hartevatn (innsjønummer 1072 i NVEs REGINE).

Parameter		
Overflateareal*	6,24	km <sup>2</sup>
Naturlig nedbørfelt (NVE)	459	km <sup>2</sup>
Naturlig tilsig**	612,7	mill. m <sup>3</sup> /år
Tilsig etter regulering**	371,7	mill. m <sup>3</sup> /år
Teoretisk oppholdstid, inkl. reguleringseffekter*	0,15	år
Maksimalt dyp, kote757-kote715	42	m
Middeldyp*	9,0	m
Innsjøvolum*	56,1	mill. m <sup>3</sup>

\* beregnet på nytt her; \*\* Hindar m.fl. 2003



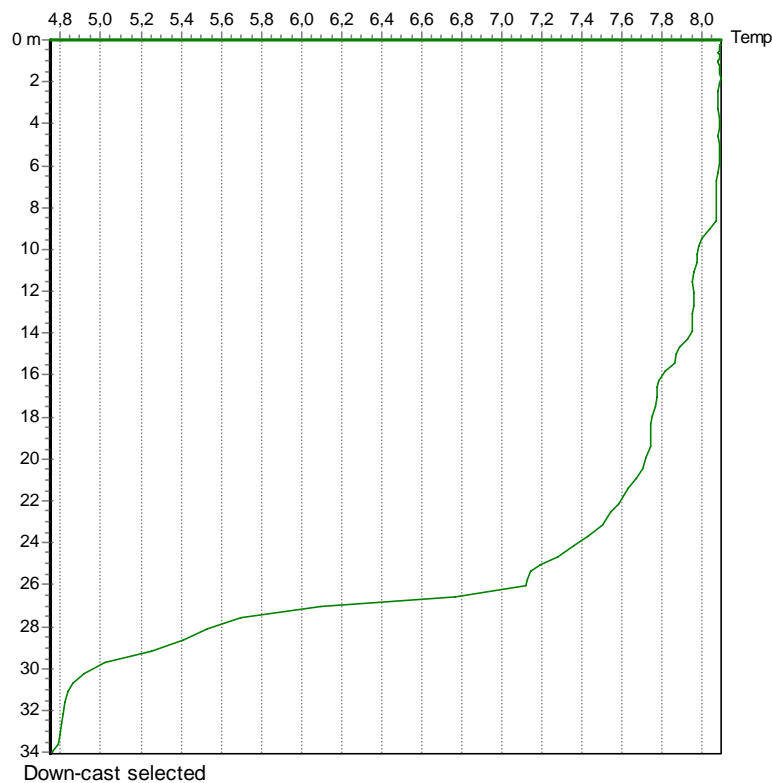
**Figur 1.** Kart over Hartevatn med inntegnet prøvetakingspunkt. Kilde: Kystverket.

### 3.2 Analyser

Prøvene ble analysert etter standard analysemetoder på NIVA mht. pH, konduktivitet, alkalitet, total fosfor (tot P), total nitrogen (tot N), nitrat, totalt organisk karbon (TOC), klorid, sulfat, reaktivt aluminium, ikke-labil aluminium, kalsium, kalium, magnesium og natrium. I tillegg ble det i felt registrert siktedyp og temperatur ved hvert prøvetakingsdyp.

### 3.3 Resultater

Temperaturprofil ved prøvetakingspunktet er vist i **Figur 2**. Vannmassene over 20 m har tilnærmet lik temperatur (7,7-8,1 °C), mens den på 34 m var 4,8 °C. Dette viser at innsjøen ikke hadde sirkulert fullstendig ved prøvetakingstidspunktet.

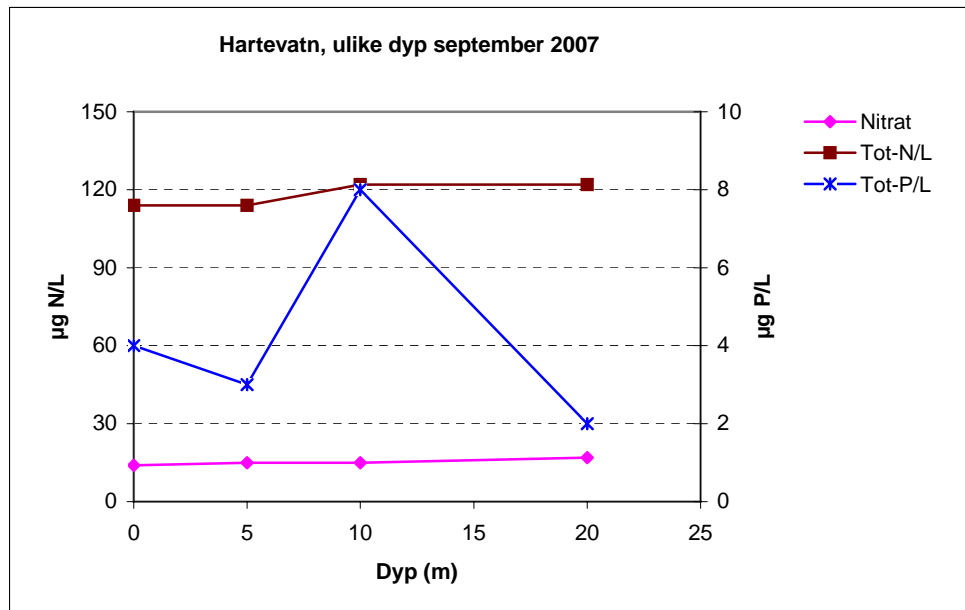


**Figur 2.** Temperaturprofil fra CTD-sonde ved prøvetaking i Hartevatn 24. september 2007.

Alle analyseresultatene er vist i vedlegg bak i rapporten. Generelt viser resultatene prøver med lav ionekonsentrasjon og at det er liten spredning mellom de ulike dypene. Verdiene for tre sentrale parametre er fremstilt i **Figur 3**.

Fosfor er en viktig parameter da dette næringssaltet som oftest begrenser plantevekst i ferskvann. Tidligere undersøkelser i Hartevatn (Hindar m. fl. 1990, Hindar m. fl. 2003) har gitt middelverdier for total fosfor på ca 2 µg P/L i perioden mai/juni-oktober på en til to stasjoner. I denne undersøkelsen ga prøvene noe variasjon mellom prøvedypene mht. total fosfor, og det var lavest verdi på 20 m (2 µg P/L) og høyest på 10 m (8 µg P/L). Det gir en volumveiet middelkonsentrasjon på 4 µg P/L, som er høyere enn resultatene fra 2002. Bakgrunnskonsentrasjonen av fosfor er trolig 2-3 µg P/L, og måleverdiene viser at Hartevatn også er noe påvirket av andre fosforkilder.

Verdiene for total nitrogen lå i området 114-122 µg N/L for de fire dypene og for nitrat var verdiene 14-17 µg N/L. Dette er noe lavere enn det som ble registrert i 2002-undersøkelsen.



**Figur 3.** Nitrat, total nitrogen og total fosfor i prøver tatt ved ulike dyp i Hartevatn høsten 2007.

## 4. Fosforbelastning

Akseptabel fosforkonsentrasjon i innsjøer kan vurderes med en innsjømodell som er utviklet for dette formålet (Berge 1987). Modellen gjelder for grunne og middels grunne innsjøer, som har et middeldyp på opp mot 15 m. Vi har lagt inn målte P-konsentrasjoner i denne modellen, se **Figur 4**. Alle målte data for Hartevatn viser at tilstanden med dagens belastning på 160 kg P fra kloakk (**Tabell 2**) er akseptabel og at det er ”mye å gå på”. Dette gjelder om middeldypet er 10,7 m (fra tidligere rapporter) eller 9,0 m (denne rapporten).

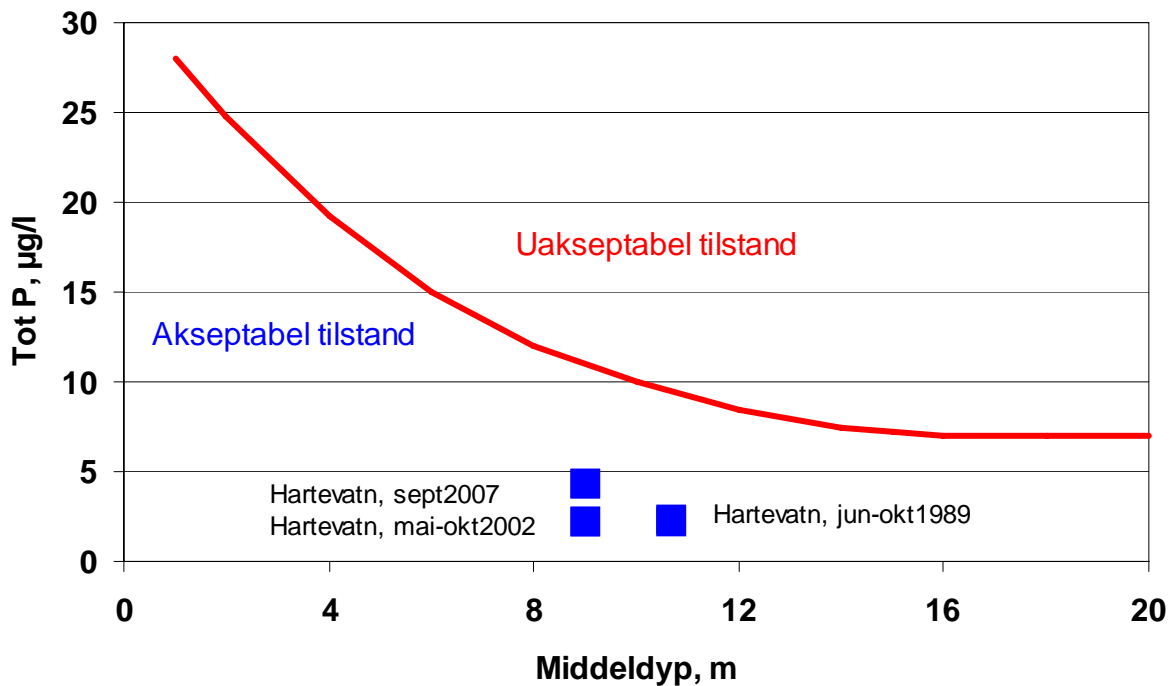
Fosforkonsentrasjonen (P) i Hartevatn kan beregnes etter Rognerud, Berge og Johannessen (RBJ) -modellen om man kjenner midlere fosforkonsentrasjon i tilførsler og innsjøens oppholdstid (Berge 1987):

$$P(\text{innsjø}) = 0,63 * P(\text{innløp}) * e^{-0,067 * T}$$

der T er teoretisk oppholdstid,

se f.eks. Hindar m.fl. (2003). I **Tabell 1** er alle vesentlige informasjonen om innsjøen gitt, mens Tveiten AS har gitt data for fosforbelastning med ny utbygging og rensetiltak med 90 % renseeffekt (Tveiten AS, 2007).

Siden vi har justert ned middeldypet fra 10,7 m til 9,0 m, går det fram av **Figur 4** og Bergemodellen at kritisk P-konsentrasjon kan økes fra 9,6 µg/l til 11,1 µg/l. I det videre har vi brukt intervallet 9-13 µg/l P som kritisk intervall.



**Figur 4.** Grense for akseptabel og uakseptabel tilstand basert på fosfor for innsjøer. Fosforkonsentrasjoner for Hartevatn fra 1989, 2002 og 2007 er lagt inn. Data fra 1989 er lagt inn sammen med det middeldypet som ble brukt i Hindar m.fl. (1990).

Beregninger av midlere P-konsentrasjon i innsjøen for ulike situasjoner er vist i **Tabell 2**. Beregnet P(innsjø) for 1989-situasjonen er noe høyere enn den P-konsentrasjonen som ble målt den gangen og i 2002. Med planlagt utbygging kan midlere P-konsentrasjonen i innsjøen øke til nærmere 4 µg/l. Dette er fortsatt langt unna kritisk nivå. Med den nye beregningen av middeldyp og med de forbehold som må tas om denne typen beregninger for Hartevatn (se de tidligere NIVA-rapportene), kan man øke P-tilførslene i avløp opp mot 4000 kg P før man når et kritisk nivå og tilstanden blir uakseptabel.

Det må understrekes at grensen mellom akseptabel og uakseptabel i denne forbindelse er basert på grensene i **Figur 4** og ikke EUs vannrammedirektiv. Et nytt nivå på ca. 4 µg/l er høyere enn et antatt bakgrunnsnivå på om lag 2 µg/l. På den annen side er den økologiske tilstanden styrende for tiltak under dette direktivet. Tilstanden ble vurdert som svært god i 2003, og tilstanden var omtrent som man forventer i en upåvirket innsjø (Hindar m.fl. 2003). Hvis de nye utbyggingsplanene realiseres på det nivået som er grunnlaget for beregningene her, kan det være fornuftig å gjennomføre biologiske undersøkelser i innsjøen under og etter den planlagte utbyggingen for å kartlegge eventuelle endringer.

**Tabell 2.** Beregning av fosforkonsentrasjon i Hartevatn, P(innsjø), basert på tilførsler, årlig tilsig og teoretisk oppholdstid. Totale tilførsler dividert på årlig tilsig gir middelkonsentrasjonen i tilløpet, P(inn), for A) data fra 1989 (Hindar m.fl. 1990) og B) nye beregninger av Tveiten AS for betydelig utvidelse av tilførsler med rensing. I C) har vi beregnet tilførsler for det kritiske intervallet 9-13 µg/l P i Hartevatn.

**A**

Totale P-tilførsler 1989	1545 kg/år		
Tilførsler/årlig tilsig	4,1 µg/l P	<u>Kilde:</u>	
		Kloakk	160 kg
T	0,15 år	Jordbruk	35
P(inn)	4,1 µg/l P	<u>Bakgrunn</u>	<u>1350</u>
P(innsjø)	2,6 µg/l P	SUM	1545 kg

**B**

Totale P-tilførsler 2007, basert på Tveiten	2177 kg/år		
Tilførsler/årlig tilsig	5,8 µg/l P	<u>Kilde:</u>	
		Kloakk	792 kg
T	0,15 år	Jordbruk	35
P(inn)	5,8 µg/l P	<u>Bakgrunn</u>	<u>1350</u>
P(innsjø)	3,6 µg/l P	SUM	2177 kg

**C**

For 9,0 m middeldyp:			
Akseptabelt 9-13 µg tot P/l			
Totale P-tilførsler opp til nedre kritiske nivå	5385 kg/år		
Tilførsler/årlig tilsig	14,4 µg/l P	<u>Kilde:</u>	
		Kloakk	4000 kg
T	0,15 år	Jordbruk	35
P(inn)	14,4 µg/l P	<u>Bakgrunn</u>	<u>1350</u>
P(innsjø)	9,0 µg/l P	SUM	5385 kg
Totale P-tilførsler opp til øvre kritiske nivå	7835 kg/år		
Tilførsler/årlig tilsig	20,9 µg/l P	<u>Kilde:</u>	
		Kloakk	6450 kg
T	0,15 år	Jordbruk	35
P(inn)	20,9 µg/l P	<u>Bakgrunn</u>	<u>1350</u>
P(innsjø)	13,0 µg/l P	SUM	7835 kg

Hartevatn fungerer som tilløpsmagasin for et pumpekraftverk i Otrautbyggingen. Pumpestasjonen innerst i Breive pumper vann fra Hartevatn, via Breivevatn i nordvest og opp i høyde for overføring til Vatnedalsvatnet. Det betyr at utslipp fra rensanlegg sør i Hartevatn går mot nord-vest og inn i Breive. Pådraget innover mot Breive kan være positivt for Hartevatn fordi det bedrer fortynningsforholdene for utslippet.



## 5. Konklusjon

- Den økologiske tilstanden i Hartevatn er meget god basert på biologiske undersøkelser utført av Hindar m.fl. (2003) og målte fosforkonsentrasjoner fra tidligere og i september 2007.
- Planlagt økt fritidsbebyggelse og økt fosforbelastning, slik som beregnet av Tveiten AS, vil fortsatt gi akseptabel tilstand i Hartevatn.
- Hartevatn vil fortsatt ha "noe å gå på" etter at de nye utbyggingsplanene og rensetiltakene er realisert.
- Vannrammedirektivets krav om god økologisk tilstand i vannforekomster bør medføre at den økologiske tilstanden i innsjøen kontrolleres under og iallfall etter utbyggingen.

## 6. Referanser

Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. NIVA-rapport 2001. 44 s.

Hindar, A. Kroglund, F. og Brettum, P. 1990. Nåværende og akseptabel belastning av Hartevatn ved Hovden i Setesdal. NIVA-rapport 2498. 37 s.

Hindar, A. Johansen, S. W., Bækken, T. og Brettum, P. 2003. Vannøkologisk status og resipientkapasitet i Øvre Otra med reguleringsmagasiner i forbindelse med avløp fra økt hyttebygging

Rørslett, B., Tjomsland, T., Steffensen, J.L. og Grande, M. 1978. Hartevatn og regulering av Øvre Otra. En uttalelse om I/S Øvre Otrass planendringforslag av november 1977. NIVA-rapport 1028. 128 s.

Tveiten AS. 2007. Bykle kommune. Utgreiing vedkomande renseanlegg for Hovden og Midtregionen. Rapport 11.12.2007. 11 s.

## Vedlegg A. Vannkjemi

Primærtabell. Vannkjemidata fra Hartevatn.

Lokalitet	Dyp m	Prøvedato	pH	Kond mS/m	Alk mmol/l	Tot-P/L µg/l P	Tot-N/L µg/l N	NO3-N µg/l N	TOC mg/l C	Cl mg/l	SO4 mg/l	Al/R µg/l	Al/II µg/l	LAL µg/l	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	Siktedyp m	Temp C
Hartevatn	0	24.09.07	6,49	0,96	0,062	4	114	14	1,1	0,84	0,58	9	7	2	0,95	0,10	0,15	0,63	11,0	8,2
Hartevatn	5	24.09.07	6,53	0,96	0,064	3	114	15	1,0	0,83	0,59	8	5	3	0,92	0,10	0,15	0,62		8,1
Hartevatn	10	24.09.07	6,53	0,98	0,065	8	122	15	1,0	0,86	0,58	10	7	3	0,94	0,10	0,15	0,63		8,1
Hartevatn	20	24.09.07	6,52	1,00	0,066	2	122	17	1,0	0,89	0,58	10	7	3	0,96	0,10	0,16	0,65		7,9