

Vannbalansestudier på Gardermoen

Av Sveinung Sægrov og Geir J. Westerlund

Sveinung Sægrov er seniorforsker ved SINTEF NHL
Geir J. Westerlund er avdelingssjef ved SINTEF Geoteknikk

Foredrag holdt på møte i Norsk Vannforening 8 november 1994.

1. INNLEDNING

Et av miljømålene knyttet til utbyggingen av ny hovedflyplass på Gardermoen, er å begrense forandringer i grunnvannsforhold, vannstand i innsjøer og vannføringer i elver og bekker i området. Dette innebærer at situasjonen før utbyggingen må dokumenteres. Videre må effektene på vannbalansen av utbyggingen sannsynliggjøres, og utbyggingsløsningene velges slik at balansen blir minst mulig påvirket.

Vannføringer og grunnvannsstand på Gardermoen er målt i kortere tidsperioder og innenfor avgrensede områder. For å gi en beskrivelse av det naturlige variasjonsområdet, har det vært nødvendig å etablere arealfordelte modeller som beregner grunnvannsdannelse, grunnvannsstand og grunnvannsstrømning. Disse modellene brukes også for å simulere konsekvensene av utbyggingen.

2 METODE

Anvendte modeller

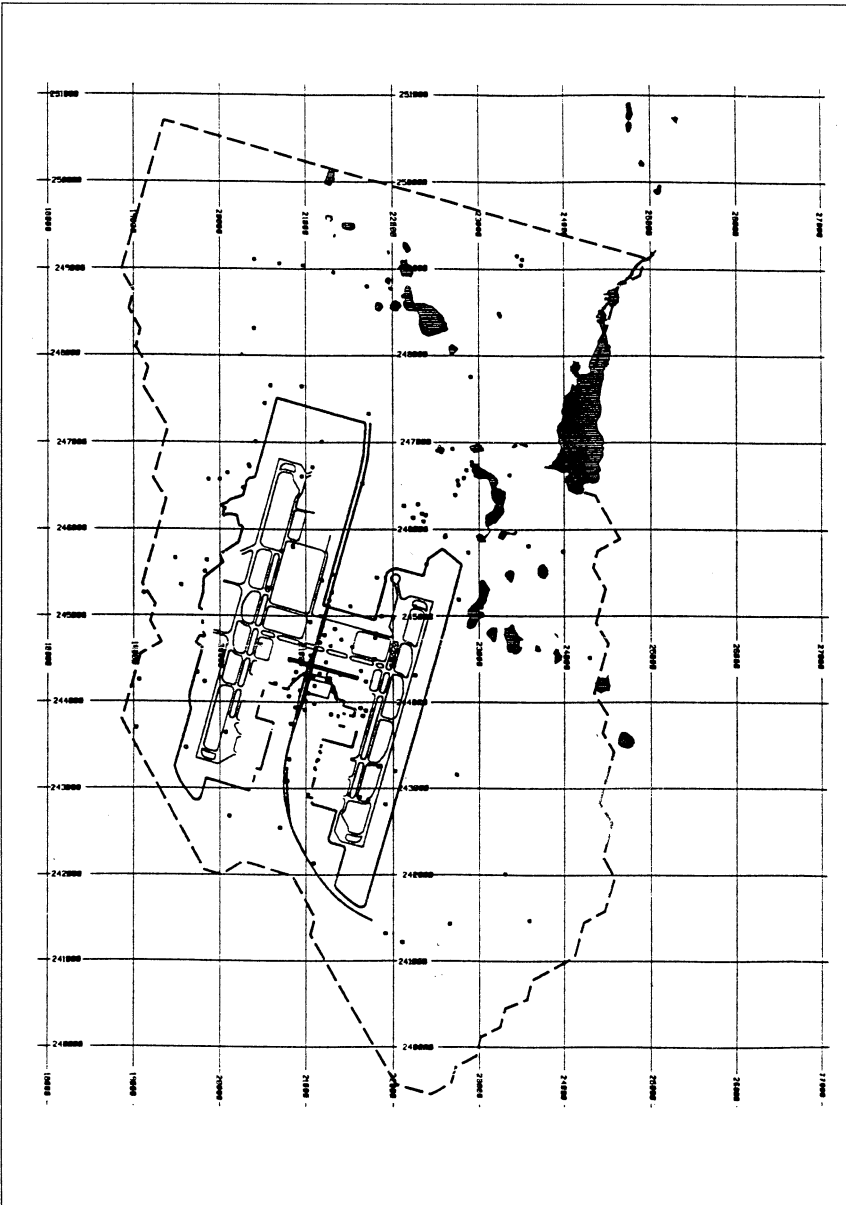
En ny arealfordelt hydrologisk modell (overflatemodell) er utviklet spesielt

for Gardermoen-prosjektet (SINBAD). Modellen beregner vannbalansen på overflaten, dvs overflateavrenning, fordampning og grunnvannsdannelse. Modellen er kalibrert mot målinger utført i forbindelse med Den Internasjonale Hydrologiske Dekade (1968-74) og målinger utført på nåværende flystasjon i 1991. I 1994 gjennomføres et måleprogram for å styrke kalibreringsgrunnlaget. Følsomhetsanalyser viser at resultatene er mest sensitive for endringer i parametre som beskriver grunnens infiltrasjonsegenskaper. Ved kalibrering av overflatemodellen er SINBAD benyttet sammen med nettprogrammet NIVANETT.

Ved hjelp av den hydrologiske modellen er vannbalansen på overflaten beregnet for et 53 km² stort område som inkluderer det 13 km² store arealet for den nye hovedflyplassen.

Utstrekning av det modellerte området er vist i figur 1.

Det er også laget en grunnvannsmodell av området for Gardermoen flyplass. Modellen er laget ved hjelp av det hydrogeologiske programmet MODFLOW og en database koblet til Intergraph Microstation. Databasen inneholder informasjonen fra de omfat-



Figur 1. Utstrekning av det modellerte området. Modellbegrensning er gitt med stiptet strek. Planlagt flyplass og grunnvannsbrønner brukt i kalibrering av strømningsmodell, er inntegnet.

tende grunnundersøkelsene og grunnvannsstandsobservasjonene som er utført på Gardermoen.

Undergrunnen og reservoaret er bygget opp som en flerlags (tredimensjonal) modell. Løsmassenes hydrauliske egenskaper er beregnet etter tolkning av de omfattende felt- og laboratorie-forsøk som er utført.

Simuleringene av grunnvannsforhold gjennomføres ved å kombinere den hydrologiske modellen og grunnvannsmodellen. Beregnet grunnvannsmating fra SINBAD benyttes som inngangsdata for MODFLOW. Det er laget systemer for enkel overføring av data fra overflatemodellen SINBAD til grunnvannsmodellen MODFLOW og til ledningsnettmodellene NIVANETT og MOUSE.

Kalibrering av grunnvannsmodellen er gjort ved å sammenligne observerte og simulerte verdier for grunnvannsstanden. Det foreligger observasjonsgrunnlag i 132 punkter fordelt over det modellerte området.

Følsomhetsanalyser viser at resultatene fra simuleringene er sterkt avhengig av hvilke permeabilitetsverdier som brukes. Simulering av grunnvannsutviklingen på det sentrale flyplassområdet er lite følsomt for endring i randbetingelsene (grunnvannsnivå ved modellens yttergrenser).

Variasjonsområde

Beregninger av variasjonsområdet for grunnvannsdannelse og overflateavrenning kan knyttes til statistiske gjentaksintervaller. Et gjentaksintervall defineres som gjennomsnittlig antall år

mellom opptredende situasjoner. Intervallene beregnes med utgangspunkt i data for nedbør og beregnet grunnvannsdannelse. Det er anbefalt å bruke 50 års gjentaksintervall for bestemmelse av naturlig variasjonsområde for grunnvannsdannelse og overflateavrenning.

Grunnvannsstand i ett år er avhengig av grunnvannsstand i forutgående år. Det kan derfor ikke utføres statistiske analyser av grunnvannsstand basert på uavhengige data på samme måte som det gjøres for nedbør eller grunnvannsmating. MODFLOW simuleringer brukes for å bestemme hvilke av flere grunnvannsmatingshendelser med samme gjentaksintervall, men med ulike varighet, som gir ekstrem grunnvannsstand. En metode for beregning av periodens lengde er utarbeidet, og viser at perioder med lengde tre til fem år gir de mest ekstreme grunnvannsnivåer for Gardermoen.

3 NØKKELTALL FOR NEDBØR, OVERFLATEAVRENNING OG GRUNNVANNSDANNELSE

Datagrunnlag nedbør Gardermoen

Beregninger av gjentaksintervaller for års- og sesongnedbør er utført med data fra perioden 1946-1993. Midlere korrigert årsnedbør for Gardermoen er 934 mm, mens 50 års nedbøren er henholdsvis 592 mm for minimumssituasjonen og 1276 mm for maksimum. Målt nedbør må korrigeres for å kompensere for svikt i oppfangingssevne hos nedbørmålerne. Ved vannbalanseberegningene må korrigert nedbør benyttes.

Fordelingen mellom regn og snø på Gardermoen er beregnet ved hjelp av en

Vannbalanse 1967 - 93 (mm/år)		
Nedbør (korrigert)		868
Evapotranspirasjon	414	
Grunnvannsmating	450	
Overflateavrenning	4	
Sum	868	868

Tabell 1. Vannbalanse for overflatemodellen for perioden 1967 - 1993.

rutine i SINBAD-modellen. Det er gjennomsnittlig pr år falt 644 mm nedbør som regn og 291 mm som snø på Gardermoen i perioden 1957 - 1993.

Beregnet grunnvannsdannelse

Grunnvannsdannelsen er beregnet med overflatemodellen SINBAD, på grunnlag av døgnverdier for nedbør og temperatur i perioden 1957 - 1993. Midlere årlig grunnvannsdannelse er 473 mm, med 50 års maksimumsverdi på 728 mm og minimumsverdi på 219 mm.

Avrenning

fra eksisterende kulverter

Avrenningen fra tre kulverter på eksisterende flyplass er beregnet på grunnlag av nedbør- og temperaturdata for perioden 1981 til 1992. Beregningene viser at kulvertene fører vann i mindre enn en fjerdedel av tiden. Samlet vannføring i alle kulvertene overstiger 1000 m³/døgn i 10 prosent og 10.000 m³/døgn i 1 prosent av døgnene. Maksimal beregnet døgnvannføring i denne perioden er 26.000 m³/døgn, og dette tilsvarer 50 års gjentaksintervall. Maksimal beregnet samlet korttidsvannføring fra kulvertene er 2,3 m³/s, og dette tilsvarer 40 års gjentaksintervall.

Vannføringene ved en regnhendelse tilsvarende 10 år er 1,0 m³/s.

Vannbalanse for overflatemodellen

Tabell 1 viser vannbalansen for overflatemodellen for perioden 1967 - 93. Grunnvannsdannelsen utgjør 52 prosent av nedbøren i denne perioden, mens overflateavrenningen via kulverter på eksisterende flyplass bare utgjør 0,5 prosent..

4 BEREGNING AV GRUNNVANNSSTAND OG GRUNNVANNSSTRØM

Grunnvannsstandsobservasjonene for Gardermoen er utført i november 1975, i 1989 og fra høsten 1992 og fram til i dag. For å få et bilde av naturlig grunnvannsstandsvariasjon for Gardermoen er det utført simulering av grunnvannsstand basert på årlige verdier for grunnvannsdannelse i perioden 1975 - 1993. Simulert grunnvannsstand for 1976 og 1988, (minimum og maksimum simulert grunnvannsstand for perioden), er vist i et snitt gjennom modellen i figur 2. Simulert naturlig variasjon i grunnvannsstanden i perioden 1975 - 1993 er i størrelsesorden 1.5 til 2.0 m.

Grunnvannsmating varierer over året

med topp i snøsmeltingsperioden om våren og i regnperioder om høsten. Simulering av grunnvannsstandsvariasjon for 1993 basert på månedsverdier for grunnvannsmating gir en variasjon i grunnvannsstand på i størrelsesorden 0.1 til 0.4 m.

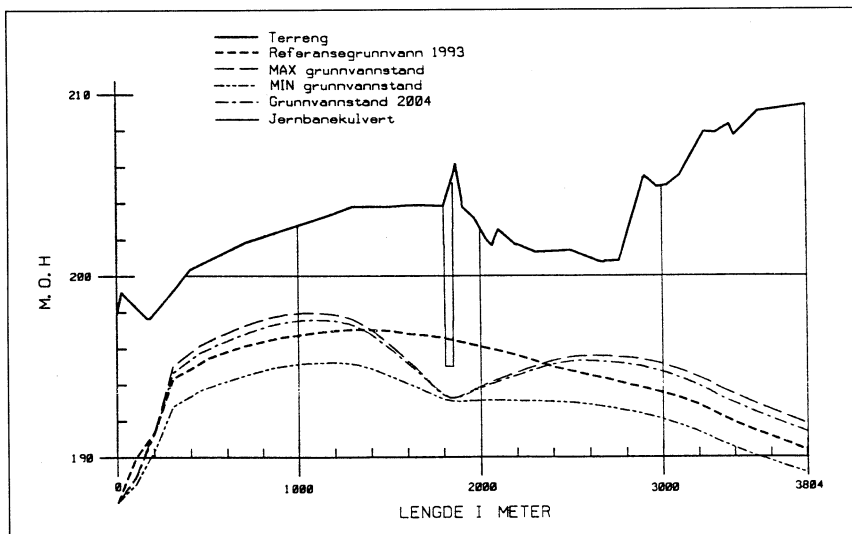
For å ha et referansegrunnlag for å vurdere virkningen av inngrep i grunnvannsmagasinet, er grunnvannsstrøm gjennom 6 forskjellige vertikale snitt gjennom modellen beregnet for perioden 1975 - 1993. Grunnvannsstrøm ut fra flyplassområdet ved utgangen av 1988, er vist i figur 3.

5. FLYPLASSUTBYGGINGENS KONSEKVENSER FOR VANNBALANSEN

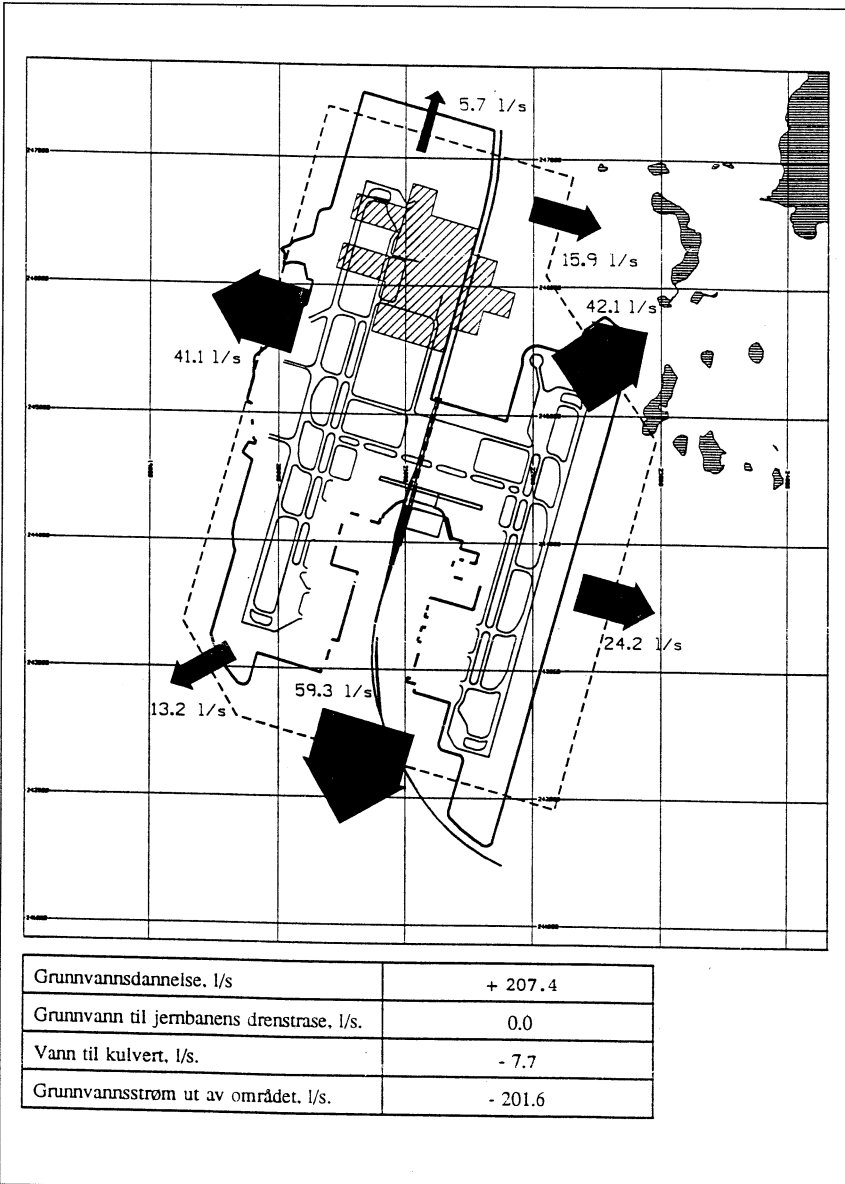
Ny flyplass gir øket grunnvannsmating.

Utbyggingen av tette flater på den nye hovedflyplassen vil gi en økning i disponibel vannmengde for infiltrasjon og overflateavrenning. Årsaken er at fordampningen blir redusert, idet flater som tidligere var snø- og skogdekket nå blir omgjort til tette flater. Beregningene viser en økning i grunnvannsdannelsen på 29 l/s. Dette tilsvarer en økning i grunnvannsmatingen på selve flyplassområdet på 20 prosent.

Ved simuleringene med overflatemodellen er det forutsatt at overvannskulverter ved eksisterende flyplass vil bli tilført en like stor vannmengde etter utbyggingen. Ut over dette er alt overvann i modellen forutsatt infiltrert i grunnen. Transport av forurenset overflatevann til renseanlegg e.l. har ikke vesentlig innflytelse på vannbalansen i området.

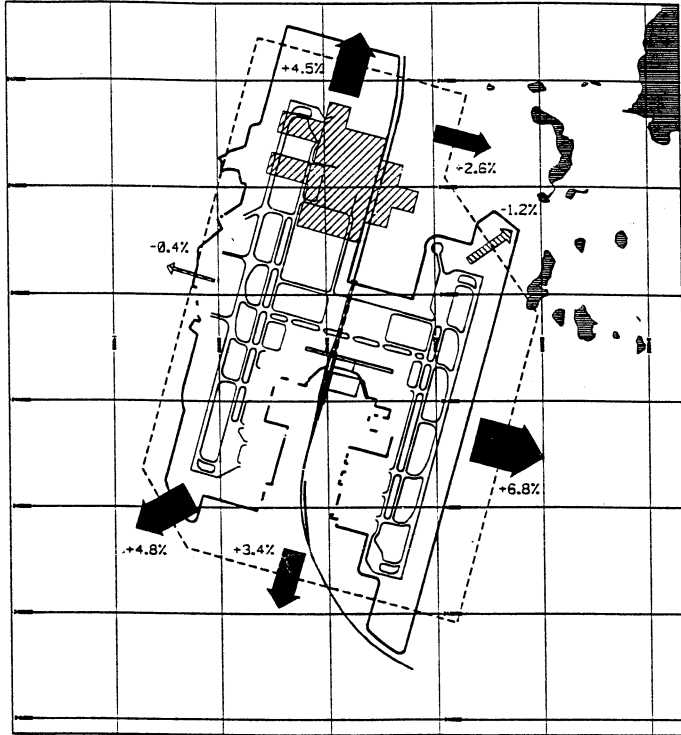


Figur 2. Simulert naturlig variasjon i grunnvannsstand i et snitt ØST-VEST gjennom modellen. Minimum grunnvannsstand for perioden 1975 - 1993 fås i 1976, maksimum grunnvannsstand fås i året 1988.



Figur 3. Vannbalanse for flyplassområdet. Stiplet linje angir lukket snitt for vannbalansekontroll.

Vannbalansen er beregnet på grunnlag av midlere grunnvannsmating for perioden 1957 - 1993 (470 mm/år dvs verdier for året 1993, se figur 6.1).



	Før utbygging	Etter utbygging	Endring
Grunnvannsdannelse, l/s	+ 207.4	+ 236.0	+ 28.6
Grunnvann til dreosanl. for jernbanekulvert l/s	0.0	- 24.8	- 24.8
Vann til kulverter, l/s	- 7.7	- 7.3	+ 0.4
Grunnvannsstrøm ut av området, l/s	- 201.6	- 205.8	- 4.2

Figur 4. Endring i vannbalanse som følge av flyplassutbygging. Vannbalansen er gitt for området omsluttet av den stiplede linjen. Endring i vannstrøm og hovedtall for vannbalansen før og etter utbygging. Beregningene er basert på midlere grunnvannsdannelse, er beregnet på grunnlag av nedbørsdata fra 1993.

Utbyggingsplanene ivaretar kravet om opprettholdt vannbalanse.

Simuleringen av grunnvannsnivåer og -strømmer er utført for de ti første årene (1997 -2006), i bruksperioden for Oslo Hovedflyplass. Den beregnede grunnvannsdannelse for perioden 1981 - 1990 (hensyn tatt til endret overflate og infiltrasjonsmønster), er benyttet som inngangsdata for simuleringene i grunnvannsmodellen av bruksperioden. Perioden er valgt fordi den er en rimelig representativ periode med tilnærmet gjennomsnittlig grunnvannsmating for perioden som helhet, og stor variasjon i nedbør og grunnvannsmating i de enkelte årene.

For sammenligning av vannbalanse før og etter flyplassutbygging er det tatt utgangspunkt i midlere grunnvannsdannelse for eksisterende flyplass og for Oslo Hovedflyplass. Midlere grunnvannsmating gir den grunnvannsstand som varierende grunnvannsnivåer vil pendle rundt på lang sikt, (med de gitte modellforutsetninger og forutsatt at klimaendringer ikke forandrer nedbørsforhold). Utbyggingen påvirker grunnvannsstanden med lokal senkning av grunnvannsstanden rundt jernbanekulverten.

I grunnvannsmodellen er randen modellert med konstant grunnvannsstand. Samplottet av grunnvannsstand før og etter utbygging kan derfor ikke avbilde grunnvannsstandsending i områdene ut mot randen av modellen (inkludert området med grytehullsjøer). Vannstrøm ut av flyplassområdet må benyttes som referanse for å vurdere utbyggingens virkning på områdene

utenfor og mot randen. Vannbalanseberegningene som helhet gir ikke grunn til å tro at flyplassutbyggingen gir store endringer i grunnvannsstand mot randen. Alternative grensebetingelser med variabelt grunnvannsspeil langs randen gir tilsvarende resultat og muliggjør beregning av grunnvannspeil helt ut til rendene.

Endring av vannbalansen på grunn av flyplassutbygging er vist i figur 4 på neste side. Figuren viser at utbyggingsplanene (beskrevet i forprosjektet av Berdal Strømme AS) i stor grad ivaretar kravet om opprettholdt vannbalanse.

Ved simulering av ekstrem grunnvannsstand er det benyttet grunnvannshendelser som er antatt å oppstå gjennomsnittlig hvert 50. år, (50 - års gjentaksintervall). Forskjell mellom maksimum og minimum, ekstrem grunnvannsstand er opp til 3.5 m nord for Garderfjell og 2 til 3 m langs rullebanene. Simulering av ekstrem grunnvannsstand for eksisterende flyplass er ikke utført. Det er derfor vanskelig å si med sikkerhet hvordan utbyggingen påvirker ekstremvariasjonene i grunnvannsstand. Noe av svaret kan finnes ved å se på simulert grunnvannsstand for året 2004. Valg av nedbørsdata for beregning av grunnvannsdannelse for ettersituasjonen har gjort at dette året er sammenlignbart med det året i perioden 1975 - 1993 som hadde høyest grunnvannstand. For det sentrale flyplassområdet er ikke ekstrem grunnvannsstand nevneverdig høyere enn for året 2004, fordi drens-systemet for jernbanekulverten holder grunnvannspeilet nede. For områdene som ligger lenger borte

fra jernbanekulverten vil ikke ekstremgrunnvannsstanden være påvirket av kulverten på samme vis.

Nord for Garderfjell er ekstremgrunnvannsstand i størrelsesorden 0.5 m høyere enn simulert grunnvannsstand for 2004.

Den etablerte grunnvannsmodell gir grunnlag for også å simulere vannstandsendring i innsjøer og spredning av vannbårne forurensinger.