



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
BIBLIOTEK

*Wai Kwok Wong
Tor S. Pedersen
Nils-Otto Kitterød*

GRUNNVANNSMODELLERING, OTTA



HYDROLOGISK AVDELING

PUBLIKASJON

Nr 21
1996



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL Grunnvannsmodellering, Otta.	PUBLIKASJON 21
	DATO: 17.12.1996
FORFATTERE Wai Kwok Wong, Tor Simon Pedersen og Nils-Otto Kitterød	ISBN
	ISSN 0802-2569
SAMMENDRAG Modellering med ulike grensebetingelser er foretatt i et forsøk på å kaste lys over konsekvensen av isoppstuvingsproblemet i Otta-området for grunnvannsnivået. Isoppstuvning antas å kunne gi en lokal heving av grunnvannsnivået. Modelleringene viser at grunnvannsstrømningen i elveslettene i området styres hovedsakelig av elvevannstandene i Otta og Lågen. Samtidig illustrerer disse at en forbygning kan ha en positiv innvirkning på strømningsmønsteret. Forbygningen vil føre til en mindre stigning av grunnvannsstand i utsatte området. Modellen er imidlertid beheftet med stor usikkerhet p.g.a. manglende informasjon om geologien i området. Mer pålitelige jordfysiske data og hyppigere måling av grunnvannsstand og vannstand i begge elvene er nødvendig hvis man vil etablere en mer troverdig og detaljert modell. ABSTRACT Groundwater intrusion into residential houses in certain areas at the Otta region has become a problem due to freeze-up storage effects in the river Lågen. Results from modelling based on different conditions have shown that the groundwater flow in the area is mainly controlled by the water levels of the rivers Otta and Lågen. The modelling furthermore shows that the embankment along the river side might have a positive effect on the flow pattern. However, further investigations are necessary in order to establish a more reliable and detailed model concerning this problem.	

EMNEORD /SUBJECT TERMS

Grunnvann, isoppstuvning, numerisk modellering, forbygning.

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Arne Tollan
avdelingsdirektør

Forord

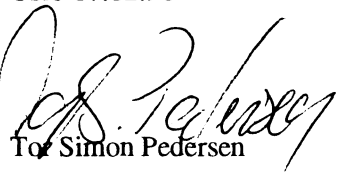
Vurdering av konsekvensen for grunnvannsforholdene ved regulering og andre inngrep i vassdragene har vært et område hydrologisk avdeling har beskjeftiget seg med gjennom mange år. Tradisjonelt har det vært lagt til grunn enkle, og i mange tilfeller pålitelige, statistiske metoder som korrelasjonsanalyser og trendanalyser for å avgjøre om grunnvannet i et område innflueres av fluktuasjoner i elvevannstand og om slike påvirkninger, i fall de finner sted, endres ved endrede vann-nivå/vannføringer i elven.

Numeriske modeller har vært benyttet i grunnvannssammenheng i stor utstrekning bla. når det gjelder forurensningstranpsport, men ikke i noen særlig grad i forbindelse med elveinfiltrerte grunnvannsmagasin. Både for bestemmelse av omfanget og karakter av endringer i elveinfiltrerte grunnvannsmagasin er numeriske modeller anvendelige verktøy og vil ikke minst svært instruktive hjelpemidler for å visualisere strømningsforløp og størrelse ved reguleringsinngrep.

Den foreliggende grunnvannsmodelleringen for et utvalgt område ved Otta er ment som en introduksjon til denne metoden basert på hydrologiske og geologiske observasjoner fra området. Initiativet til modelleringen er tatt ved Hydrologisk avdeling og er motivert ut fra et ønske om å gjøre denne type verktøy tilgjengelig for beslutningstagere.

Publikasjonen er produsert av forfatterne, med bidrag fra Randi Pytte Asvall, med undertegnede som prosjektleder.

Oslo 17.12.96



Tor Simon Pedersen

prosjektleder

Innholdsfortegnelse

Innledning	1
Programverktøy	1
Modellerte områder	2
Horisontalt strømningsprofil	
- elveslette sør for Otta sentrum	3
Modellparametre	3
Forutsetninger	3
Resultat	4
Transversalt strømningsprofil	
- elveslette sør for Otta sentrum	4
Modellparametre	4
Forutsetninger	4
Resultat	4
Forskjellige scenarier	5
Scenario 1	5
Scenario 2	5
Scenario 3	5
Scenario 4	6
Scenario 5	6
Scenario 6	6
Scenario 7	7
Scenario 8	7
Scenario 9	8
Scenario 10	8
Horisontalt strømningsprofil	
- Otta sentrum	8
Modellparametre	8
Forutsetninger	9
Resultat	9
Scenario	9
Diskusjon og konklusjon	10
Videre arbeid	10

Vedlegg

Innledning

En grunnvannsmodellering er utført for to områder nær samløpet av Otta og Lågen. Bakgrunnen for dette er problemer med vanninntrengning i kjellere år om annet som følge av høye vannstander pga. is-oppstuvning i Otta. Modelleringen tar utgangspunkt i hydrologiske og meteorologiske data for området og georadarundersøkelser av geologien for et begrenset område vinteren 1996.

Programverktøy

Valg av programverktøy ASM (Aquifer Simulation Model) i forbindelse med dette modelleringsarbeidet skyldes først og fremst programmets enkelhet. Beskjedent krav til input-data taler også til programverktøyets fordel. Programmet er DOS basert og meny-styrt, men en Windows versjon vil kunne finnes ved årsskifte.

ASM er en to dimensjonal, numerisk strømnings- og transportsmodell for mettet sone. Den benytter endelige differansers metode for å løse strømningslikningen. De modellerte akviferen diskretiseres i rektangulære elementer. Vannbalanse likninger for hvert enkelt element settes opp og beregnes i samsvar med Darcys lov. De ukjente grunnvannsstandene i akviferen bestemmes ved hjelp av andre gitte grunnvannsstander og flukser. Strømningsveier (pathlines) beregnes med Eulers integrasjon mens stofftransport simuleres med random-walk metode basert på Ito-Fokker-Planck teori.

Programmet har imidlertid bare kapasitet til å håndere et gridnett på størrelse $80 \times 80 = 6400$ elementer, men til gjengjeld kan størrelsen på elementer varieres. Input-data som fluks, lagringskapasitet, hydraulisk ledningsevne og grunnvannsstand for hvert element må oppgis. I tillegg, må parametere som mektighet av akvifer, homogenitet, anisotropi etc., og initielle betingelser defineres på forhånd.

Modellerte områder

Hoveddelen av modelleringer er foretatt på en avgrenset elveslette som ligger sør for Otta sentrum (fig. 1). Veldefinerte grensebetingelser er hovedårsaken til at den er valgt. Otta og Lågen danner naturlige grenser i nord og øst for elvesletten, det blir ofte kalt første type grensebetingelse (prescribed head) hvor vannstand eller trykkpotensial angis før man begynner med modellering. Fast fjell på vestre side av elvesletten utgjør resten av grensen. Den tilsvarer grensebetingelse av type to, nemlig fluks (boundary flux). I dette tilfelle er fluksen ensbetydende med avrenning fra nedbørfelt.

Modelleringsforsøk er også gjort på Otta sentrum, dog i vesentlig mindre omfang (fig. 14). Akkurat som i ovennevnte tilfelle, omslutter Otta, Lågen og fast fjell Otta sentrum. Men det finnes utydelige grenser, spesielt ved fjellsiden. Dette fører til en forholdsvis grov forenkling av det området.

I utgangspunktet er grunnvannsstrømningen en 3D problemstilling. Men i og med at ASM bare kan operere med 2D, må man dele simuleringen opp i to stadier, først med en horisontal tilnærming og deretter en transversal. I simulering av tilfellet Otta sentrum, vil derimot bare strømning i det horisontale plan undersøkes. For å forenkle problemstillingen ytterligere og som et følge av manglende observasjon, simuleres det utelukkende stasjonære tilfeller, d.v.s. at modellparametre og grensebetingelser ikke varierer med tiden. Dessuten blir begge akvifere behandlet som om de er åpne akvifere i modellering.

Horisontalt strømningsprofil

- elveslette sør for Otta sentrum, Lågens vestre side.

Modellparametre

Anvendelse av et 50x16 gridnett er resultat av et kompromiss mellom akseptabel romlig oppløsning og kortest mulig regnetid. I dette gridnettet representerer hvert element et areal på ca. 42x42 meter. Størrelse på nedbøren er hentet fra 30-års normal nedbør (1961-1990) i Otta som tilsvarer 375 mm/år. Siden det ikke finnes en verdi for evapotranspirasjonen i området, blir andel av nedbøren som går til evapotranspirasjon satt lik 60%. Det betyr at bare ca. 150 mm av nedbøren infiltrerer per år. Hvorvidt denne størrelsen er riktig, kan diskuteres. Arealet av nedbørfeltet som bidrar til avrenning og deretter innstrømning til akviferen er estimert til ca. 2,3 km². Dette gir en total innstrømning på 0,011 m³/s.

Forutsetninger

Det antas lik nedbørfordeling over hele elvesletten. Overflateavrenning som stammer fra nedbørfelt fordeles også likt og drenerer inn i akviferen bare på den strekning som representerer fast fjell i modellen. I tillegg antas at hele mengde av infiltrasjon og avrenning når frem til grunnvannsspeilet.

Gjennomsnittlig observerte vannstander i en 10-års periode fra 1982-1991 danner grunnlaget for estimering av vannstand i de modellerte elvestrekningene langs Otta og Lågen. Enkel lineær ekstrapolering og interpolering benyttes. Disse estimerte vannstander vil heretter omtales som normal vannstand og holdes konstant under modellering. Topplaget av elvesletten antas å ha en mektighet på 10 meter. Dessuten forutsettes det ingen kommunikasjon mellom topplaget og bunnlaget. Siden man ikke sitter inne med tilstrekkelige informasjon om jordfysiske parametre angående det modellerte området, innebærer dette et høyt antall frihetsgrader. Modellen må derfor kalibreres mot observasjoner. Gjennomsnittlige grunnvannsmålinger på forskjellige steder anvendes for kalibreringen. Tabell 1 gir en oversikt over slike observasjonsserier. Merkede punkter i fig 1 viser plasseringer. I kalibrering blir bare hydraulisk ledningsevne justert for å få best mulig tilspasning mellom observerte og simulerte grunnvannsstander. Dette er et møysommelig arbeid med prøving og feiling. Den mest sannsynlige verdi for hydraulisk ledningsevne man kommer frem til er 2,5E-4 m/s. Det antas videre at avsetningen er homogen og isotropisk. Det betyr at strømmingen av grunnvannet ikke har noen foretrukket retning, d.v.s. det i prinsippet strømmer like lett i alle retninger.

Resultat

Den nordre delen av elvesletten er mest påvirket av elvevannet fra Otta. Grunnvannet i denne delen av akviferen strømmer nesten vinkel rett mot elven. Mens grunnvannet i den øvrige delen av elvesletten strømmer på skrått, ca. 35~40 grader mot Lågen (fig. 2).

Transversalt strømningsprofil

- elveslette sør for Otta sentrum, Lågens vestre side.

Modellparametre

Denne gangen blir profilet delt opp i 32x19 elementer med varierende lengde på enkelte elementer. Samme nedbørmengde, nedbørfordeling og avrenning blir brukt i denne analysen.

Forutsetninger

Transversalt profil følger hovedstrømningsretning i horisontalt tilfelle (fig. 3). Avstanden mellom to strømningslinjer antas å være lik 100 meter. Mektighet på topplaget er fortsatt 10 meter mens bunnlaget er på 50 meter. Hydraulisk ledningsevne for topplaget er fortsatt $2,5E-4$ m/s, mens bunnlaget har en ledningsevne på $1E-8$ m/s. Det antas homogenitet inn i begge lag, mens det er 50 ganger lettere å strømme i det horisontale plan enn i vertikalt plan, d.v.s. anisotropi = 0,02. Se tabell 3. Vannstanden i Lågen er estimert til å ligge på 282 m.o.h.

Resultat

Grunnvannet strømmer rett ut til Lågen. Det er ingen tegn til sammenblanding av grunt og dypt grunnvann. Se fig. 3. Det skyldes nok at mektigheten på det mer permeable laget er for tynt. Dette styrker på en måte antagelsen om ingen lekkasje fra topplaget til bunnlaget i horisontalt strømningsprofil. På grunn av dette resultatet, er grunnvannstrømning i transversalt tilfelle ikke spesielt interessant. Det er derfor det blir lagt mest vekt på strømning i horisontalt plan med ulike forutsetninger.

Forskjellige scenarier

Scenarium 1

Forutsetning: Samme forutsetning som i horisontalt strømningsprofil, men nå med en forbygning langs Otta. Forbygningen antas å være ugjennomtrengelig, en sterk idealisert situasjon.

Resultat: Legg merke til området i nærheten av forbygningen (fig. 4). Grunnvannsstand vil stige betydelig i følge modellen i forhold til den normale situasjon (fig. 2). Forandret er også strømningsmønsteret. I nedre delen av elvesletten er forandringen derimot ikke nevneverdig.

Scenarium 2

Forutsetning: Samme vannstand i Lågen og Otta som i normalt tilfelle. Men denne gangen skal strømningsmønsteret vintertid simuleres. Det antas at tele opptrer i bakken og dermed vil sette en stopp for nedbørinfiltrasjon og innstrømning fra fjellsiden.

Resultat: Grunnvannet strømmer nå mer eller mindre parallelt med Lågen og grunnvannsstanden ligger jevnt lavere over hele elvesletten (fig. 5).

Scenarium 3

Forutsetning: I utgangspunktet er forutsetningene de samme som i scenarium 2. Eneste forskjell er at vannstand til Lågen og Otta heves med 2 meter langs begge elvestrekninger.

Resultat : Man kan se at strømningsmønsteret forblir det samme (fig. 6). Grunnvannsstand ligger tilsvarende 2 meter høyere enn det i forrige scenariet (fig. 5).

Scenarium 4

Forutsetning: Samme forutsetning som scenarium 2, men det opptrer i tillegg en forbygning langs Otta. Forbygningen betraktes som ugjennomtrengelig.

Resultat: Ikke merkbar forskjell på nedre del av elvesletten (fig. 7). I området i nærheten av forbygningen, er det en viss senking av grunnvannsstand. Elvevannet strømmer nå forbi og rundt forbygningen før det trenger inn i akviferen.

Scenarium 5

Forutsetning: Samme forutsetning som scenarium 2. Men nå har man også isoppstuvning i Lågen. Isoppstuvning er lagt til et sted hvor det finnes en pontongbro. Isoppstuvning forårsaker blant annet at vannstand oppstrøms i Lågen heves med 2 meter. Det er videre antatt konstant jevn heving i hele den modellerte strekningen. Vannstand nedstrøms er imidlertid uberørt. Den opprettholdes på tidligere nivå.

Resultat: Liten forskjell kan registreres på nedre del av elvesletten, minimal økning i grunnvannsstand (fig. 8). Ved stedet for isoppstuvningen, er det stor trykkoppbygging som medfører tilsvarende økning av grunnvannsstanden. Tilsvarende situasjon gjelder også hele området som ligger oppstrøms.

Scenarium 6

Forutsetning: Samme som scenarium 5, men nå er en forbygning på plass. Samme antagelse om ugjennomtrengelighet av forbygningen.

Resultat: Strømningsmønster nedstrøms er ikke endret. Men for angitte sted hvor isoppstuvning er et

problem, er det fortsatt en mindre økning av grunnvannsstand i forhold til normal vintersituasjon (fig. 9). Samtidig er det betraktelig større forskjell på grunnvannsstanden nær forbygningen i forhold til foregående situasjon. Senkingen er veldig tydelig.

Scenarium 7

Forutsetning: Samme forutsetning som scenarium 6, men vannstanden oppstrøms blir hevet med bare 1 meter som følge av isoppstuvning.

Resultat: Ikke uventet finner man generelt mindre økning av grunnvannsstand i forhold til det siste scenarium (fig. 10). Men hvis man sammenligner med fig. 9, er forskjellen ikke 1 meter som man kunne forvente.

Scenarium 8

Forutsetning: Samme forutsetning som scenarium 5. Men isoppstuvning i dette scenariet er lagt til den smaleste delen av Lågen i det modellerte området.

Resultat: Sterkere trykkoppbygging i nedre del av elvesletten enn det er i scenarium 5 fordi isoppstuvning ligger nå ca. 250 meter lengre nedstrøms (fig. 11). Den nordre del av elvesletten er fortsatt mer påvirket av heving av grunnvannsstand enn i den isfri situasjon.

Scenarium 9

Forutsetning: Lik forutsetning som scenarium 8, men med en ugjennomtrengelig forbygning.

Resultat: Situasjonen ligner svært mye på scenarium 6 hvor trykket blir lettet (fig. 12). Særsilt gjelder dette for området nær forbygningen hvis man sammenligner resultatet med scenarium 8 (fig. 11).

Scenarium 10

Forutsetning: Vannstanden oppstrøms heves med bare 1 meter på grunn av isoppstuvning, ellers akkurat samme forutsetning som scenarium 9.

Resultat: Som forventet, men med mindre økning av grunnvannsstand generelt enn i foregående situasjon (fig. 13).

Horisontalt strømningsprofil

- Otta sentrum.

Modellparametre

Det horisontale strømningsprofil antas å ha samme årlig nedbør og evapotranspirasjon. Nedbørinfiltrasjonen er derfor ikke forandret. Men nedbørfeltet i dette tilfelle er mindre, ca. 0,234 km². Total innstrømning blir tilsvarende redusert til 1,12E-3 m³/s. Et gridnett med størrelse 31x28 elementer blir anvendt. Hvert element har et areal på ca. 31x31 meter.

Forutsetninger

Mektighet på topplaget er fremdeles 10 meter. Antagelsene om hydraulisk ledningsevne i topplaget, homogenitet og isotropi og i tillegg ingen lekkasje fra topplaget til bunnlaget er ikke endret. Vannstandene i Lågen og Otta beregnes på samme måte som tidligere beskrevet ved hjelp av interpolering og ekstrapolering. Disse estimerte verdiene er forbundet med enda mer usikkerhet fordi man kun i to punkter har vannstandsmålinger (tabell 4 og fig. 14).

Resultat

Generelt sett strømmer grunnvannet i samme retning som elvevannet i Lågen (fig. 15).

Scenarium

Forutsetning: Vintertid med tele i bakken. Dette innebærer en stopp for bidraget fra nedbørinfiltrasjon og avrenning.

Resultat: Nesten samme strømningsmønster som i en normal situasjon (fig. 16). Hvordan grunnvannet strømmer nå styres bare av elvevannstandene. Når man sammenligner foregående situasjon med nåværende, er det tydelig at innstrømning fra fjellsiden i normalt tilfelle bare bidrar til en ubetydelig endring i strømningsmønsteret.

Diskusjon og konklusjon

Erfaring med anvendelse av ASM viser at man får et bedre estimat for grunnvannsstanden hvis man begynner med en lavere initiell verdi. Når det gjelder regnetid avhenger den selvsagt av størrelse på gridnettet. Jo større gridnett, jo lengre tid vil programmet bruke. Nivået av estimeringsfeil har avgjørende betydning for konvergens av resultatet. Man risikerer å stoppe beregningen for tidlig og dermed få et feilaktig resultat hvis man godtar et for høyt avviksnivå. Estimeringsfeil som modellen angir er gjennomsnittlige feil. Store positive og negative feil vil oppveies av hverandre og vil gi et tilsynelatende lavt gjennomsnittlig avvik. Det er derfor viktig at man kontrollerer vannbalanseregnskapet til slutt. Hvis den totale innstrømningen ikke stemmer med den totale utstrømningen pluss eventuelt magasinering, bør man vurdere om resultatet kan aksepteres.

Resultater av modelleringene med ulike grensebetingelser viser tydelig at menneskelige inngrep som forbygning kan ha en positiv innvirkning på grunnvannsstrømning og trykkoppbygging vinterstid. Innsnevring av elven vil derimot øke faren for stigning av grunnvannsstand fordi vannstanden oppstrøms etter inngrepet ofte vil stige. Resultater bekrefter også at grunnvannsstrømning i elveslettene i Otta-området styres hovedsakelig av vannstandene i Otta og Lågen.

Videre arbeid

Ytterligere undersøkelse må foretas hvis man vil kartlegge og angripe problemet om isoppstuvning på en bedre måte. For eksempel, kjerneprøvetaking og etterfølgende korn fordelingsanalyse vil kunne gi verdifulle informasjon om geologien i området. På den måten, kan man muligens få bedre estimater for jordfysiske parametre som brukes i modellen. Hyppigere måling av grunnvannsstand og vannstand i Otta og Lågen er ønskelig og nødvendig fordi nåværende tidsoppløsning av observasjonsserier, en gang i uka, er for lite tilfredsstillende. De klarer ikke å fange opp dynamikken i samvariasjonen mellom grunnvannsstand og vannstand i elver. Dessuten må nytt programverktøy anskaffes for å kunne ta hånd om en mer komplisert og realistisk simulering. Med disse, kan man da etablere en mer detaljert og

troverdig modell som forhåpningsvis kan bidra til en forbedret prosess-forståelse og ikke minst vurdering av effekter av ulike tiltak.

Vedlegg

- Tabeller over modellparametre
- Oversiktskart
- Figurere over scenarier

TABELL 1

Oversikt over stasjoner og observasjonsserier anvendt for kalibrering av strømningsmodeller.

Stasjon	Serienr.	Par.	x-koord.	y-koord.	h. o. h. (m)	r.o.b. (m)
Bolongen	2.844.1.2000.1	1	528807 *	6847003 *	286,19	1,36
„	2.844.2.2000.1	2	528783	6847808	285,23	1,40
„	2.844.3.2000.1	3	528667	6847815	285,67	1,30
„	2.844.4.2000.1	4	528561	6847820	285,30	1,34
„	2.845.1.2000.1	5	528630	6848050	287,78	1,13
„	2.844.5.2000.1	8	528491	6847817	285,50	1,00
„	2.845.2.2000.1	11	528741	6848031	285,79	1,27
„	2.845.3.2000.1	12	528698	6848035	285,24	1,16
„	2.845.4.2000.1	13	528573	6848062	285,23	1,30
„	2.845.5.2000.1	14	528501	6848073	285,15	1,07
Einangen	2.780.4.2000.1	Gbr.	528550	6848472	286,90	0,73
Tangen	2.800.3.2000.1	Gbr.	528709	6848896		0,55
Ysteriet	2.800.2.2000.1	2	528577	6849075	287,35	1,27
Åboen la	2.800.1.2000.1	1	528684	6849141	286,62	1,02
Vannmerke						
Vm. Otta	2.780.0.1000.1		528264	6848846	289,50	
Vm. Lågen	2.800.0.1000.1		528822	6849010	289,46	
Campingplass	2.846.0.1000.1		528900	6847762	284,92	
Kringen	2.847.0.1000.1		528877	6847328	287,47	
Renseanlegg	2.848.0.1000.1		528917	6846888	286,91	

TABELL 2

Modellparametre for et horisontalt strømningsprofil
- elveslette sør for Otta sentrum, Lågens vestre side.

Årlig nedbør P [mm]	375
Areal av nedbørfelt [km ²]	2,3
Evapotranspirasjon E [mm]	225
Infiltrasjon ($I = P - E$) [m ³ /s/m ²]	4,8E-9
Total innstrømning fra fjellsiden [m ³ /s]	0,011
Hydraulisk ledningsevne k_v [m/s]	2,5E-4
Mektighet av akvifer [m]	10
Anisotropi k_v / k_x	1
Effektivt porøsitet	0,2
Antall elementer i x-retning (V - Ø)	16
Antall elementer i y-retning (S - N)	50

TABELL 3

Modellparametre for et transversalt strømningsprofil
- elveslette sør for Otta sentrum, Lågens vestre side.

Total innstrømning fra fjellsiden [m ³ /s]	5,5E-4
Hydraulisk ledningsevne (topplag) $k_{h\text{-topp}}$ [m/s]	2,5E-4
Hydraulisk ledningsevne (bunnlag) $k_{h\text{-bunn}}$ [m/s]	1E-8
Mektighet av akvifer [m]	100
Anisotropi k_h / k_v	0,02
Antall elementer i x-retning (V - Ø)	32
Antall elementer i z-retning	19
Vannstand i Lågen [m.o.h.]	282

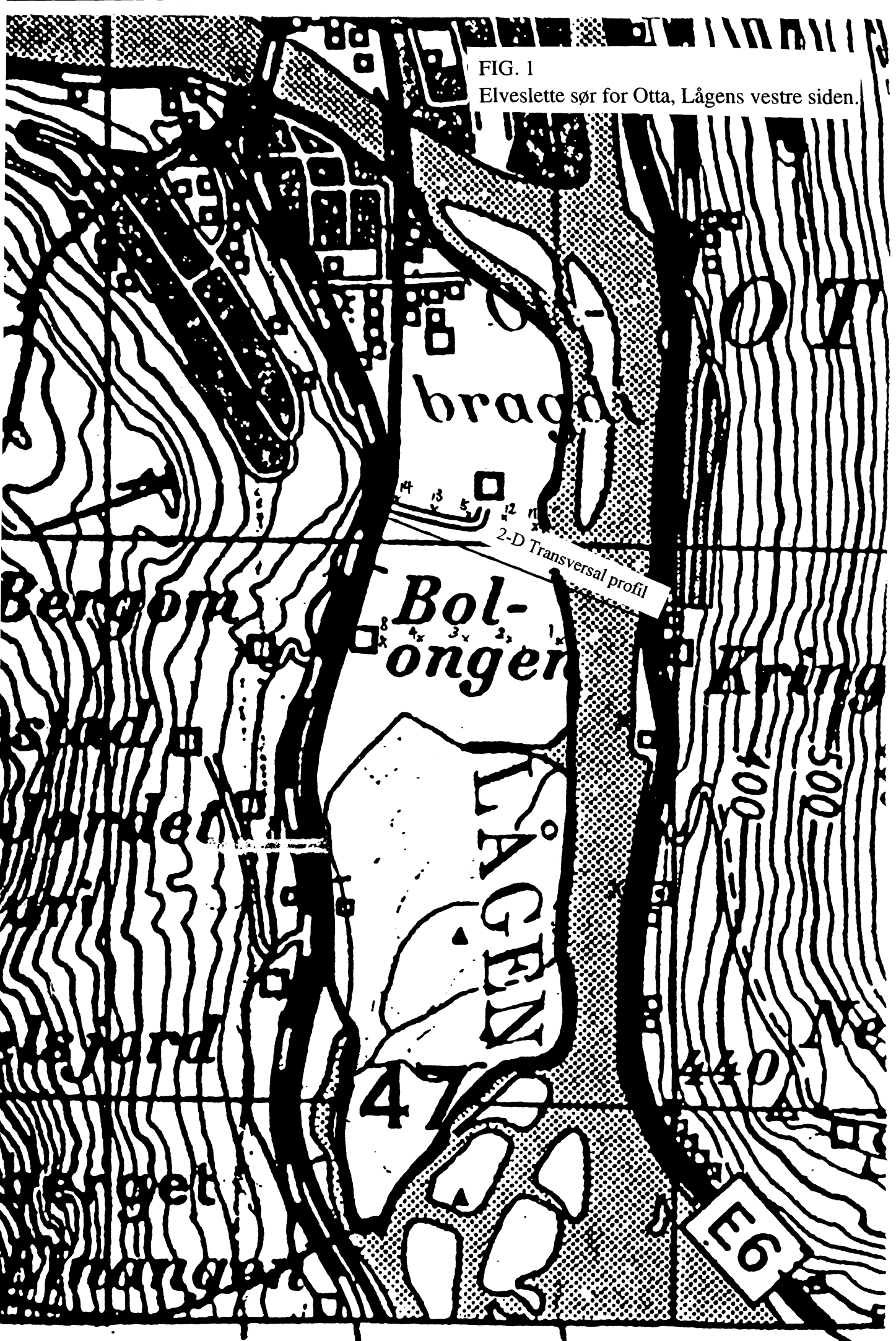
TABELL 4

Modellparametre for et horisontalt strømningsprofil
- Otta sentrum

Årlig nedbør P [mm]	375
Areal av nedbørfelt [km ²]	0,234
Evapotranspirasjon E [mm]	225
Infiltrasjon ($I = P - E$) [m ³ /s/m ²]	4,8E-9
Total innstrømning fra fjellsiden [m ³ /s]	1,12E-3
Hydraulisk ledningsevne k_y [m/s]	2,5E-4
Mektighet av akvifer [m]	10
Anisotropi k_y / k_x	1
Effektivt porøsitet	0,2
Antall celler i x-retning (V - Ø)	31
Antall celler i y-retning (S - N)	28

FIG. 1

Elveslette sør for Otta, Lågens vestre siden.

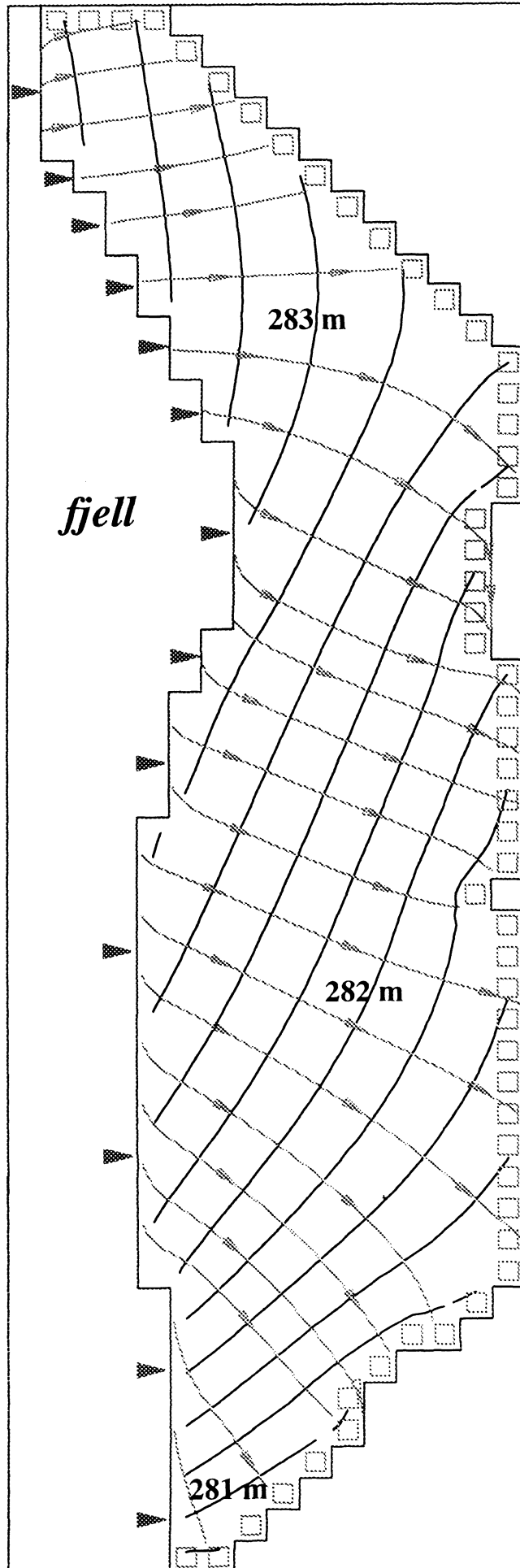


Horisontalt strømningsprofil

Otta

- elveslette sør for Otta,

Lågens vestre side.



Lågen



FIG. 2

Normal vannstand.

Nedbørinfiltrasjon og innstrømning
fra fjellsiden som angitt i tabell 2.



Transversalt strømningsprofil - elveslette sør for Otta, Lågens vestre side.

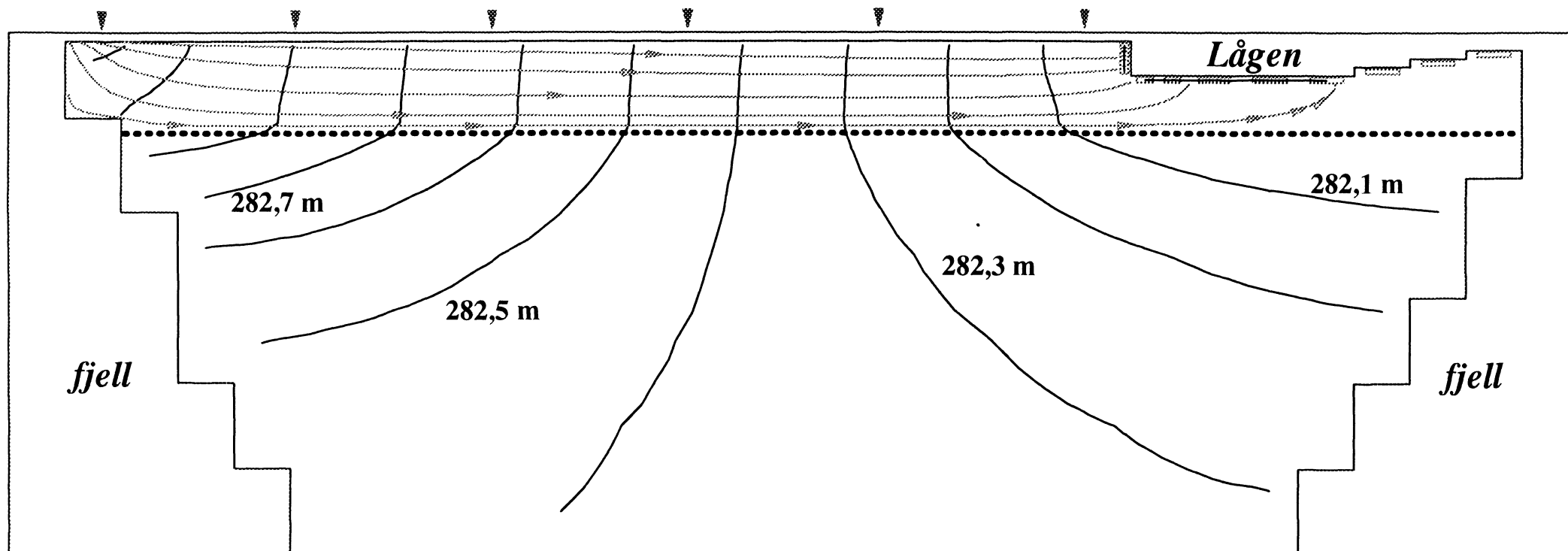


FIG. 3.

Normal vannstand i Lågen (282 m.o.h.). Nedbørinfiltrasjon og innstrømning fra toppen av akviferen.

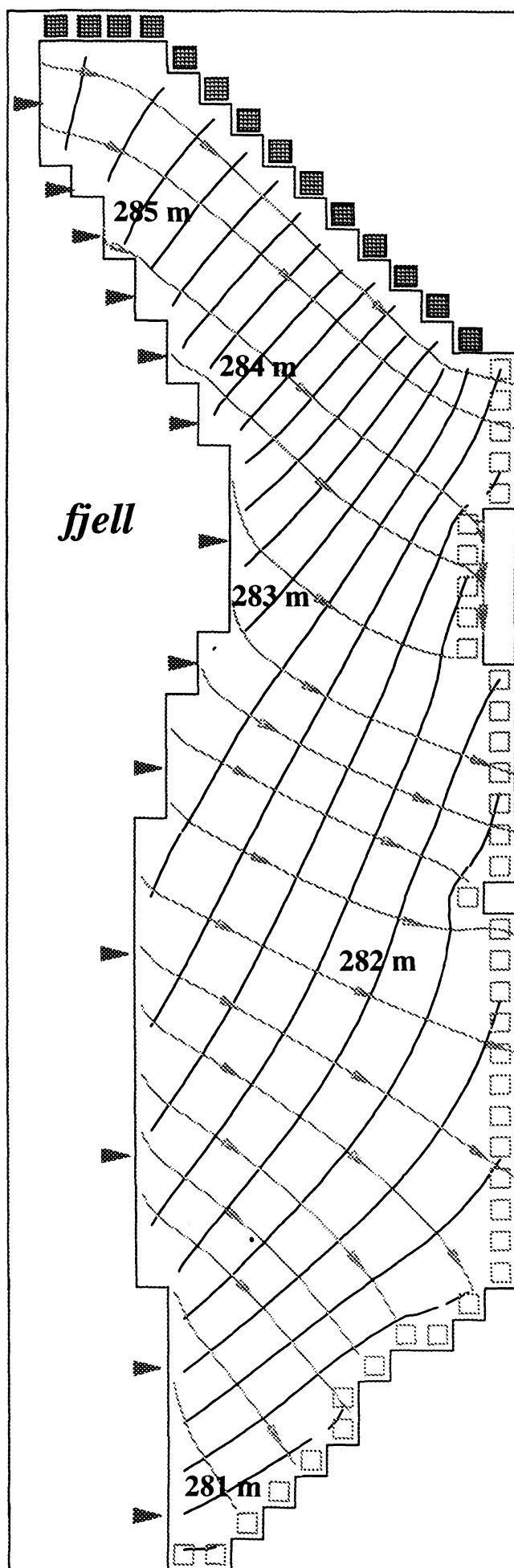


Horisontalt strømningsprofil

Otta

- elveslette sør for Otta,

Lågens vestre side.



Lågen



FIG. 4

Normal vannstand.

Nedbørinfiltrasjon og innstrømning
fra fjellsiden.

Forbygningen langs Otta antas å
være ugjennomtrengelig.

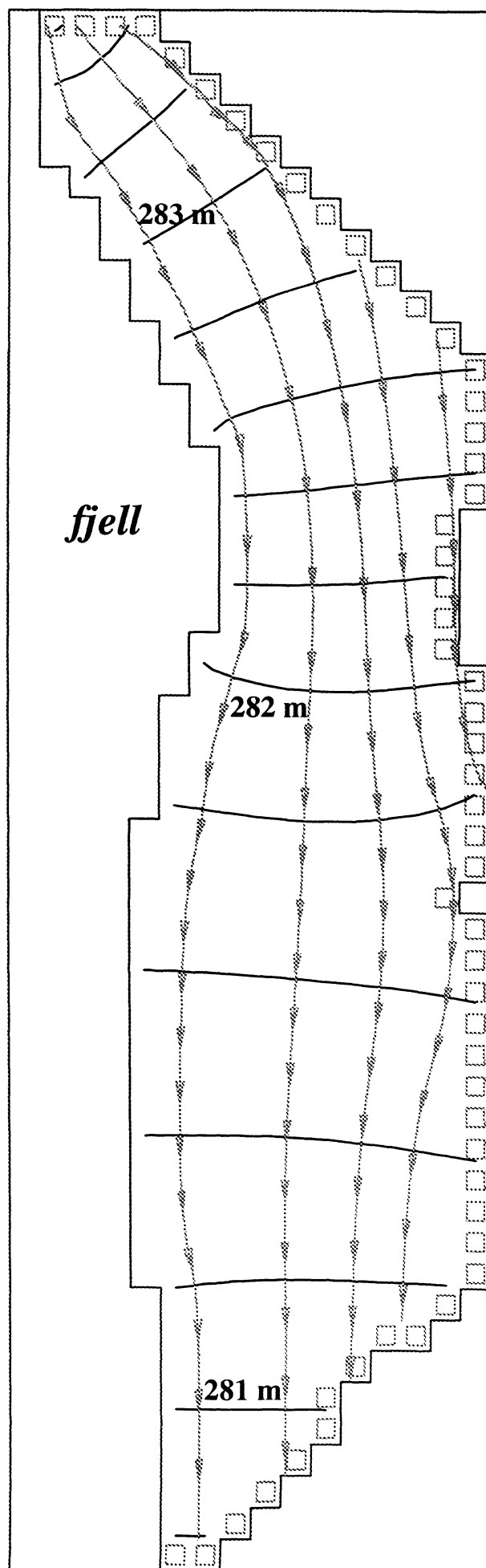


Horisontalt strømningsprofil

Otta

- elveslette sør for Otta,

Lågens vestre side.



Lågen

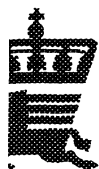


FIG. 5

Normal vannstand.

Antar ugjennomtrengelighet p.g.a.
tele i bakken :

ingen nedbørinfiltrasjon og
innstrømning fra fjellsiden.



Horisontalt strømningsprofil

Otta

- elveslette sør for Otta,

Lågens vestre side.

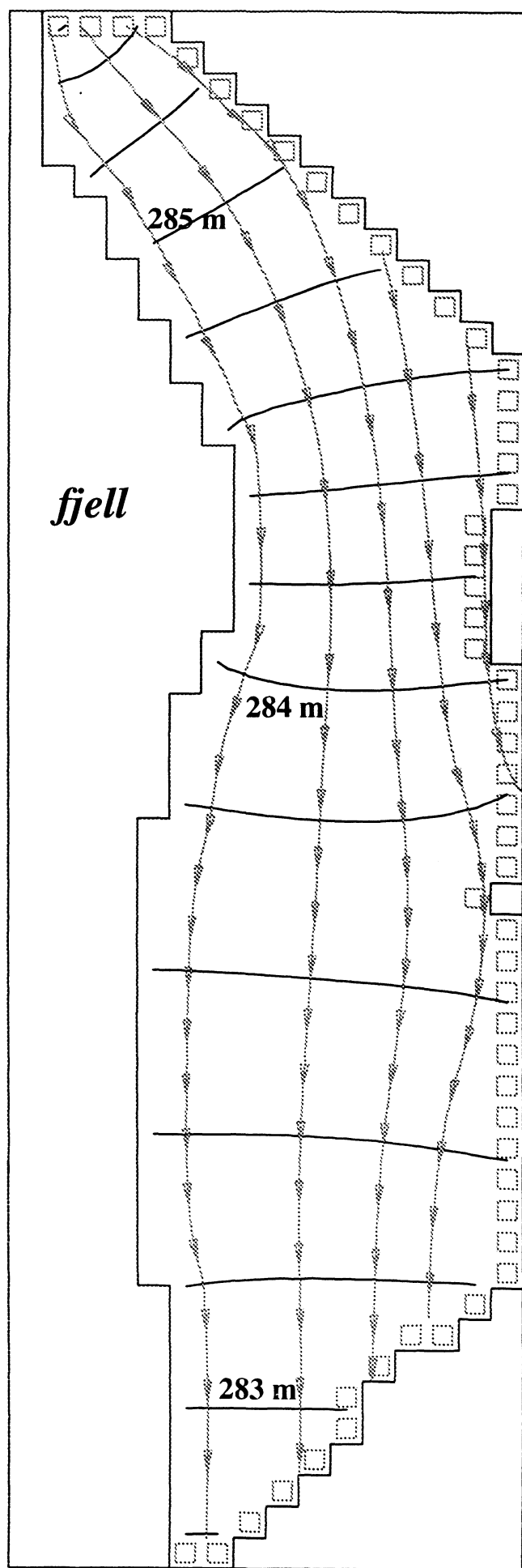


FIG. 6

Vannstanden 2 m høyere enn normal.

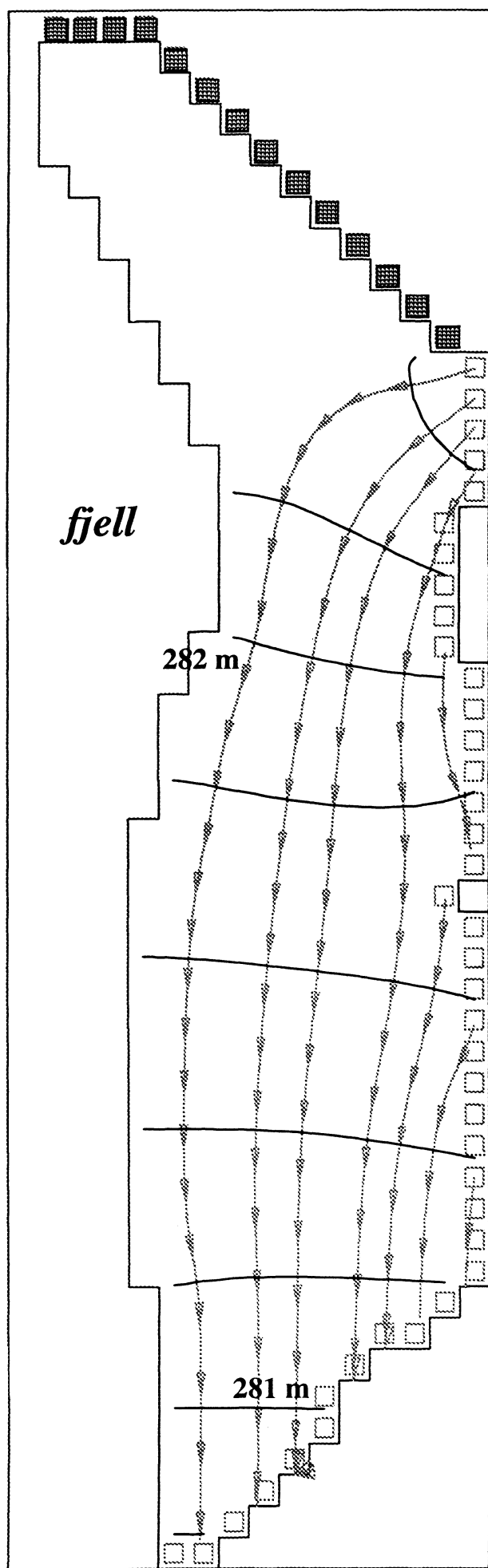
Antar ugjennomtrengelighet p.g.a. tele i bakken :
ingen nedbørfiltrasjon
og innstrømning fra fjellsiden.



Horisontalt strømningsprofil

- elveslette sør for Otta,

Lågens vestre side.



Lågen



FIG. 7

Normal vannstand.

Antar ugjennomtrengelighet p.g.a.
tele i bakken :

ingen nedbørinfiltrasjon og
innstrømning fra fjellsiden.

I tillegg antas forbygningen langs
Otta å være ugjennomtrengelig.

Horisontalt strømningsprofil

- elveslette sør for Otta,
Lågens vestre side.

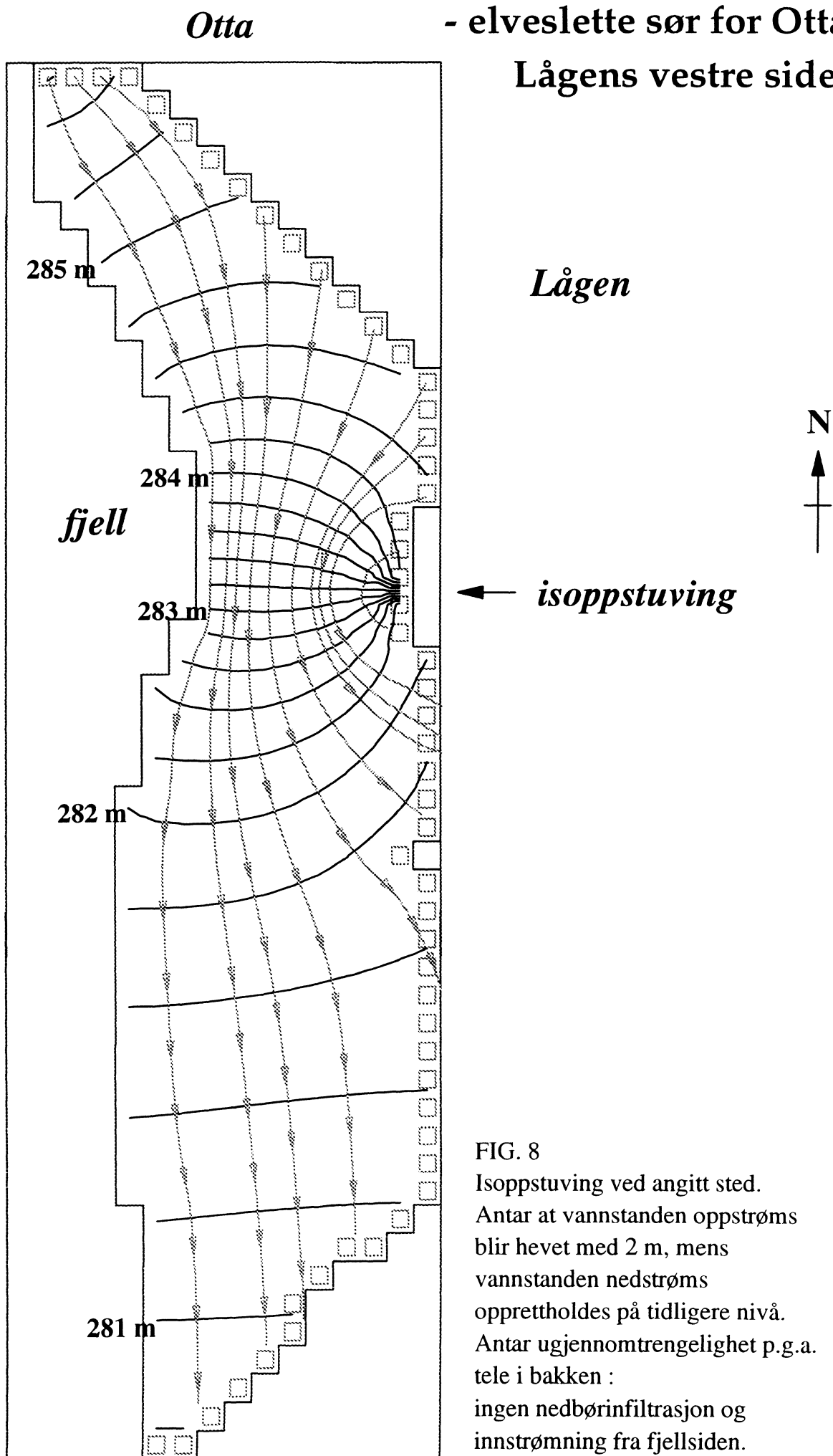


FIG. 8

Isoppstuvning ved angitt sted.

Antar at vannstanden oppstrøms
blir hevet med 2 m, mens
vannstanden nedstrøms
opprettholdes på tidligere nivå.

Antar ugjennomtrengelighet p.g.a.
tele i bakken :

ingen nedbørinfiltrasjon og
innstrømning fra fjellsiden.

Horisontalt strømingsprofil

Otta

- elveslette sør for Otta,

Lågens vestre side.

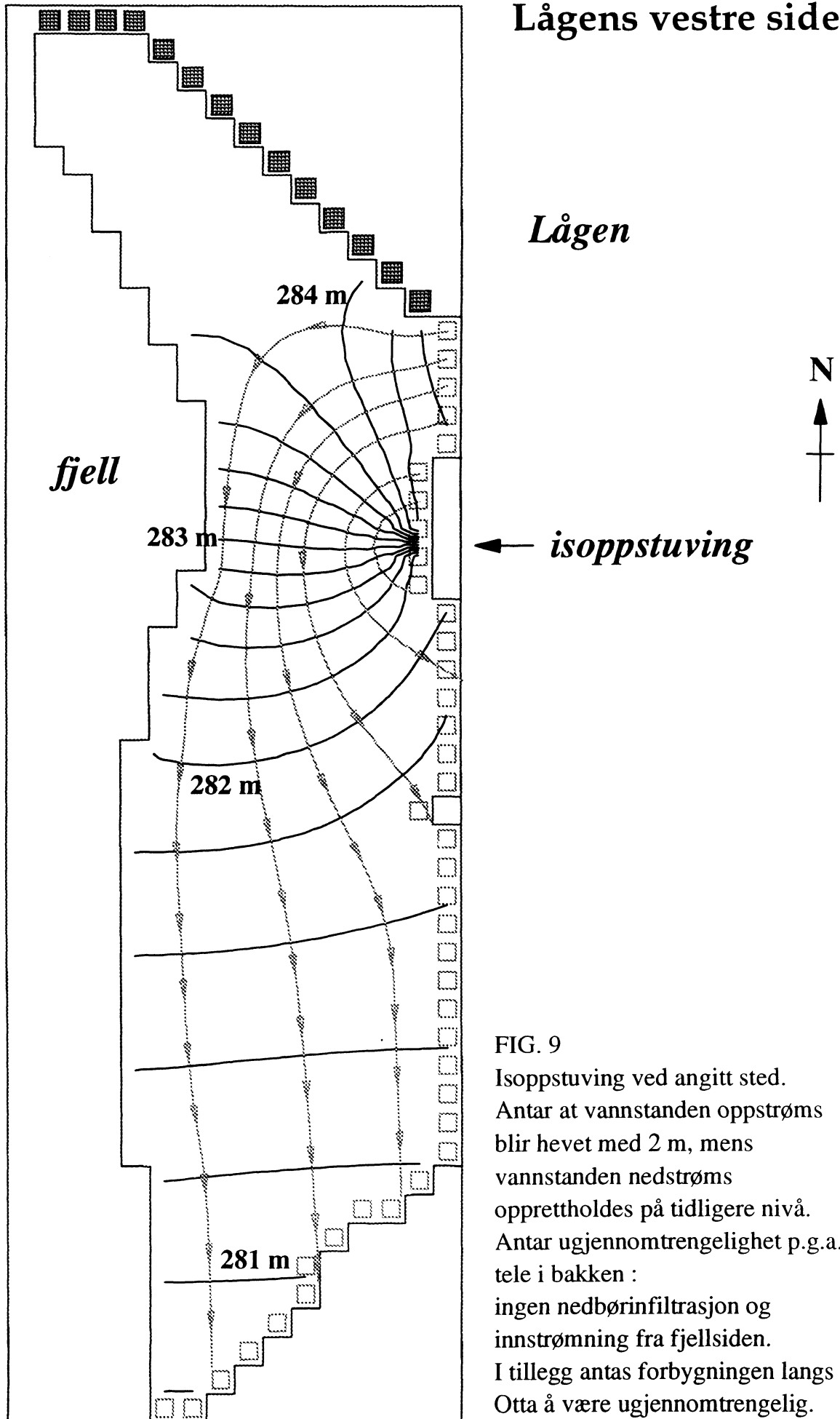


FIG. 9

Isoppstuvning ved angitt sted.

Antar at vannstanden oppstrøms

blir hevet med 2 m, mens

vannstanden nedstrøms

oppretholdes på tidligere nivå.

Antar ugjennomtrengelighet p.g.a.

tele i bakken :

ingen nedbørinfiltrasjon og

innstrømning fra fjellsiden.

I tillegg antas forbygningen langs

Otta å være ugjennomtrengelig.



Horisontalt strømningsprofil

- elveslette sør for Otta,

Lågens vestre side.

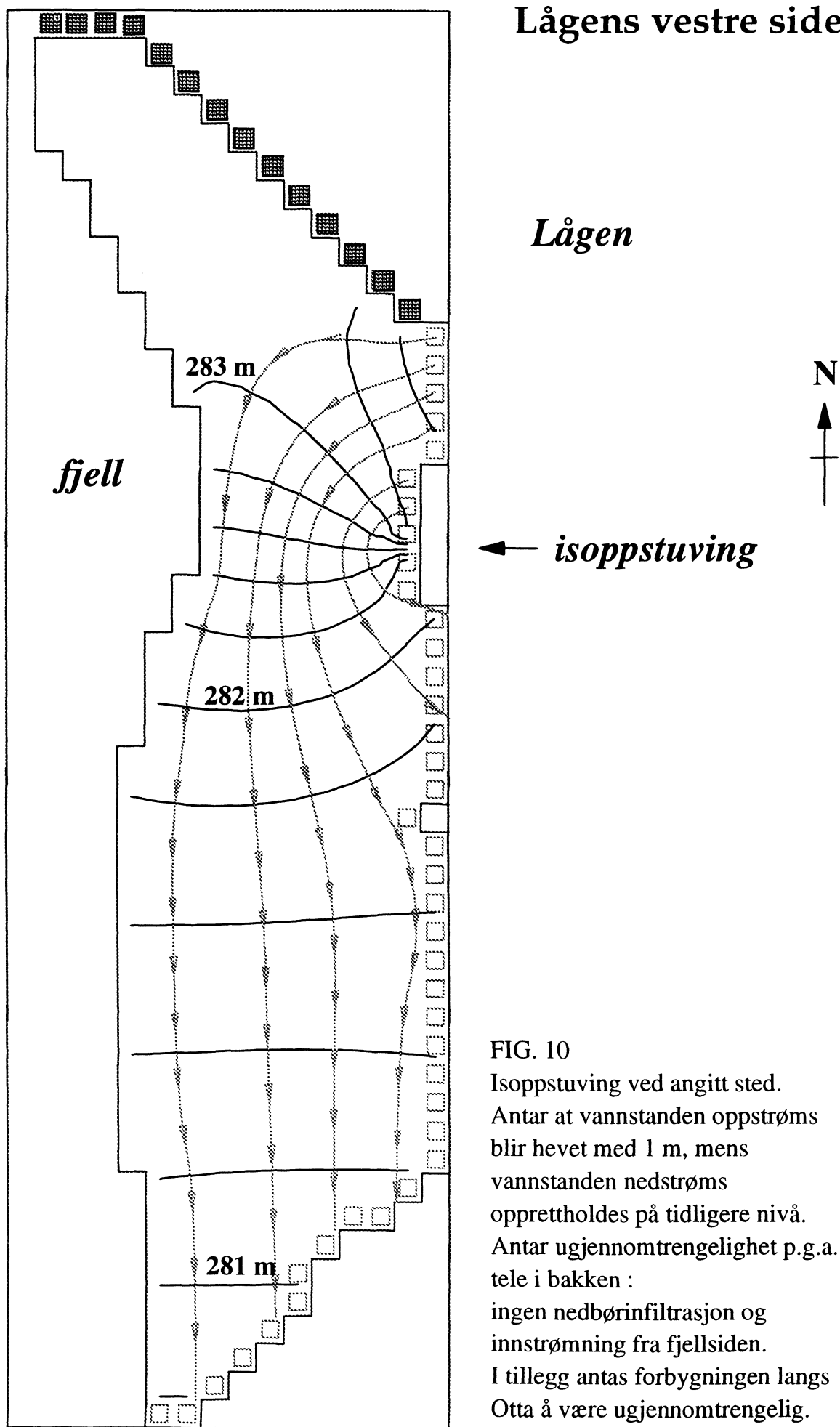


FIG. 10

Isoppstuvning ved angitt sted.

Antar at vannstanden oppstrøms blir hevet med 1 m, mens vannstanden nedstrøms opprettholdes på tidligere nivå.

Antar ugjennomtrengelighet p.g.a. tele i bakken :

ingen nedbørinfiltrasjon og innstrømning fra fjellsiden.

I tillegg antas forbygningen langs Otta å være ugjennomtrengelig.

Horisontalt strømningsprofil

Otta

- elveslette sør for Otta,

Lågens vestre side.

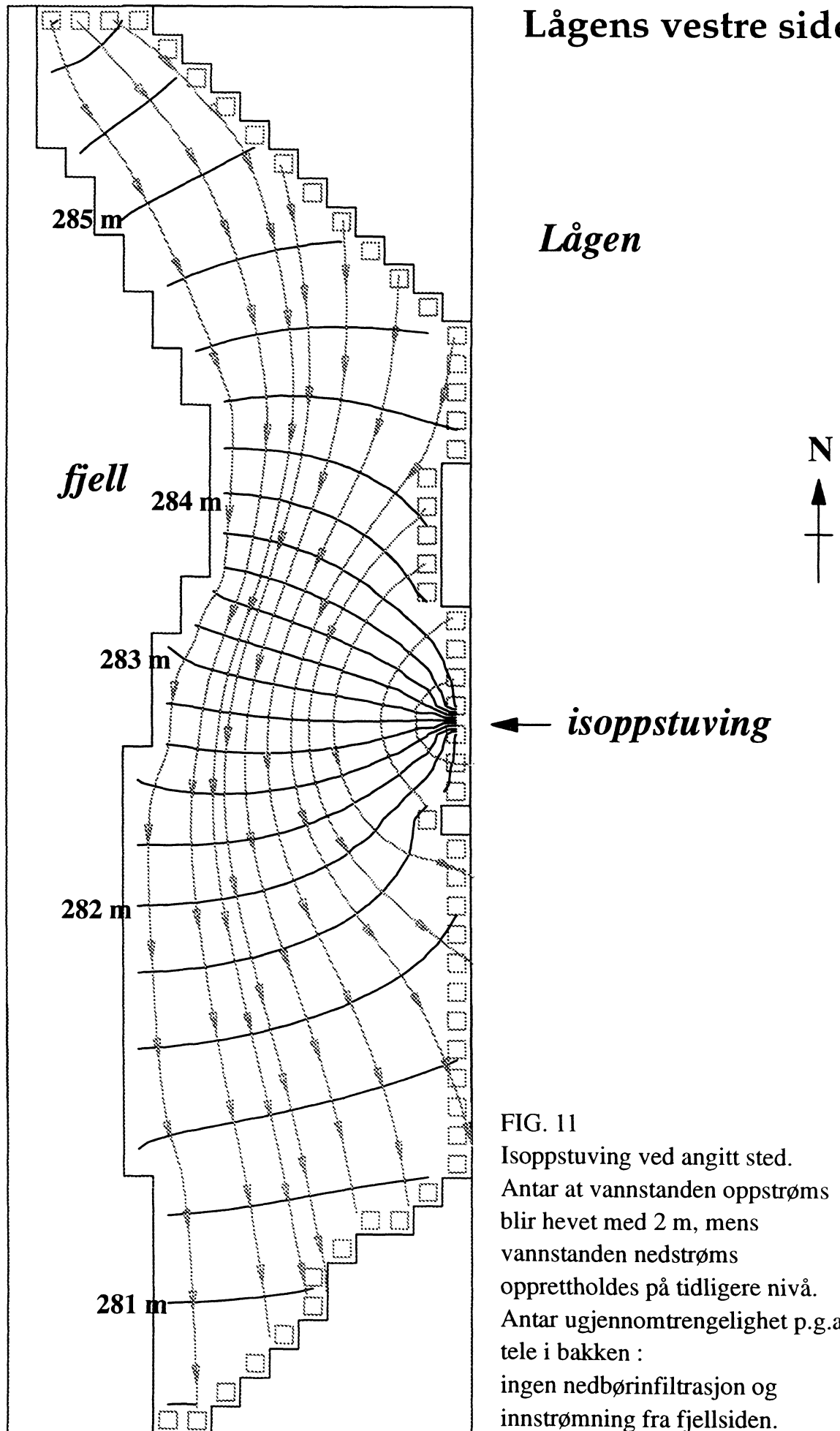


FIG. 11

Isoppstuving ved angitt sted.

Antar at vannstanden oppstrøms

blir hevet med 2 m, mens

vannstanden nedstrøms

oppretholdes på tidligere nivå.

Antar ugjennomtrengelighet p.g.a.

tele i bakken :

ingen nedbørfiltrasjon og

innstrømning fra fjellsiden.

Horisontalt strømningsprofil

Otta

- elveslette sør for Otta,

Lågens vestre side.

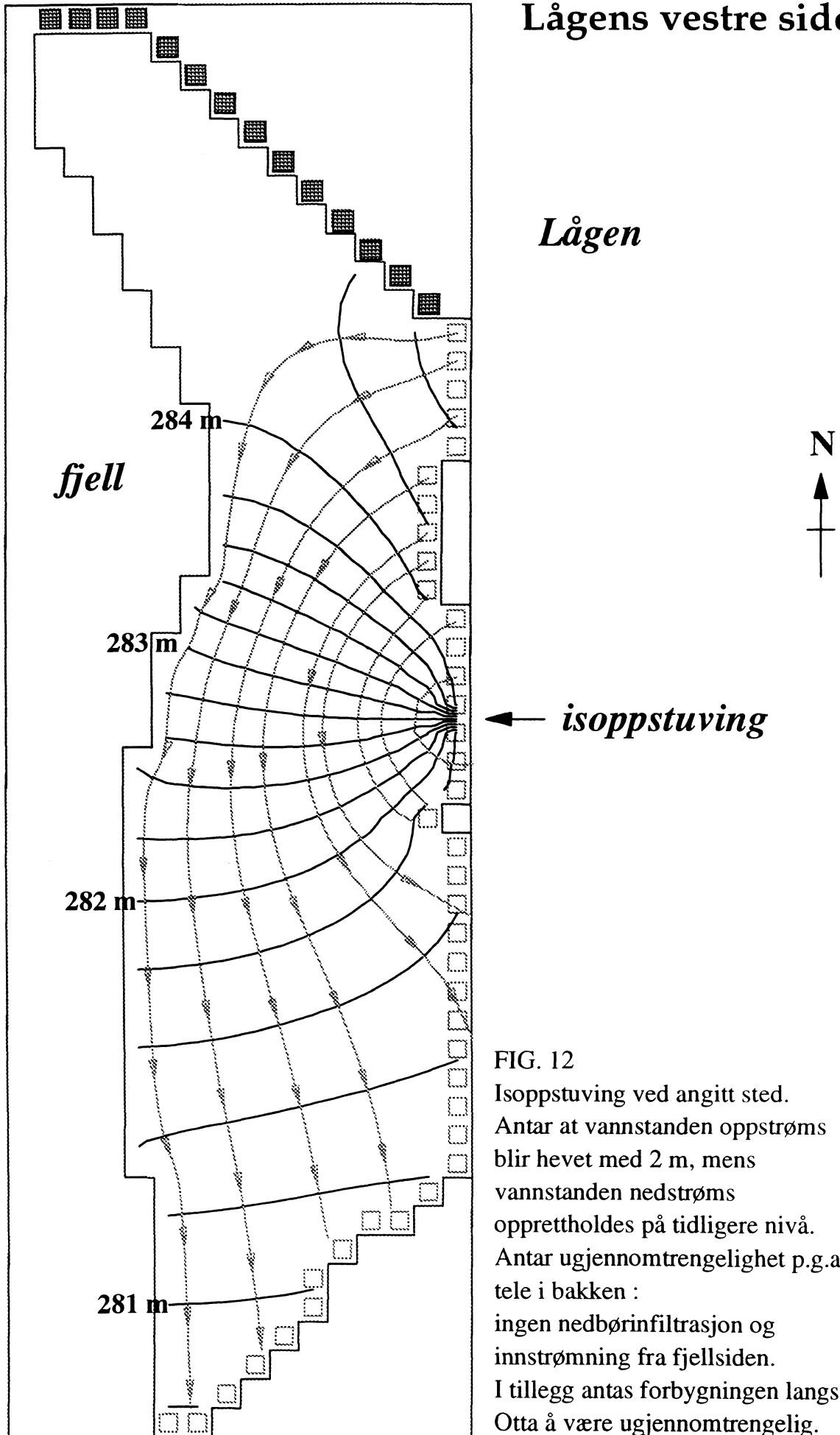


FIG. 12

Isoppstuvning ved angitt sted.

Antar at vannstanden oppstrøms

blir hevet med 2 m, mens

vannstanden nedstrøms

oppretholdes på tidligere nivå.

Antar ugjennomtrengelighet p.g.a.

tele i bakken :

ingen nedbørinfiltrasjon og

innstrømning fra fjellsiden.

I tillegg antas forbygningen langs

Otta å være ugjennomtrengelig.

Horisontalt strømningsprofil

Otta

- elveslette sør for Otta,

Lågens vestre side.

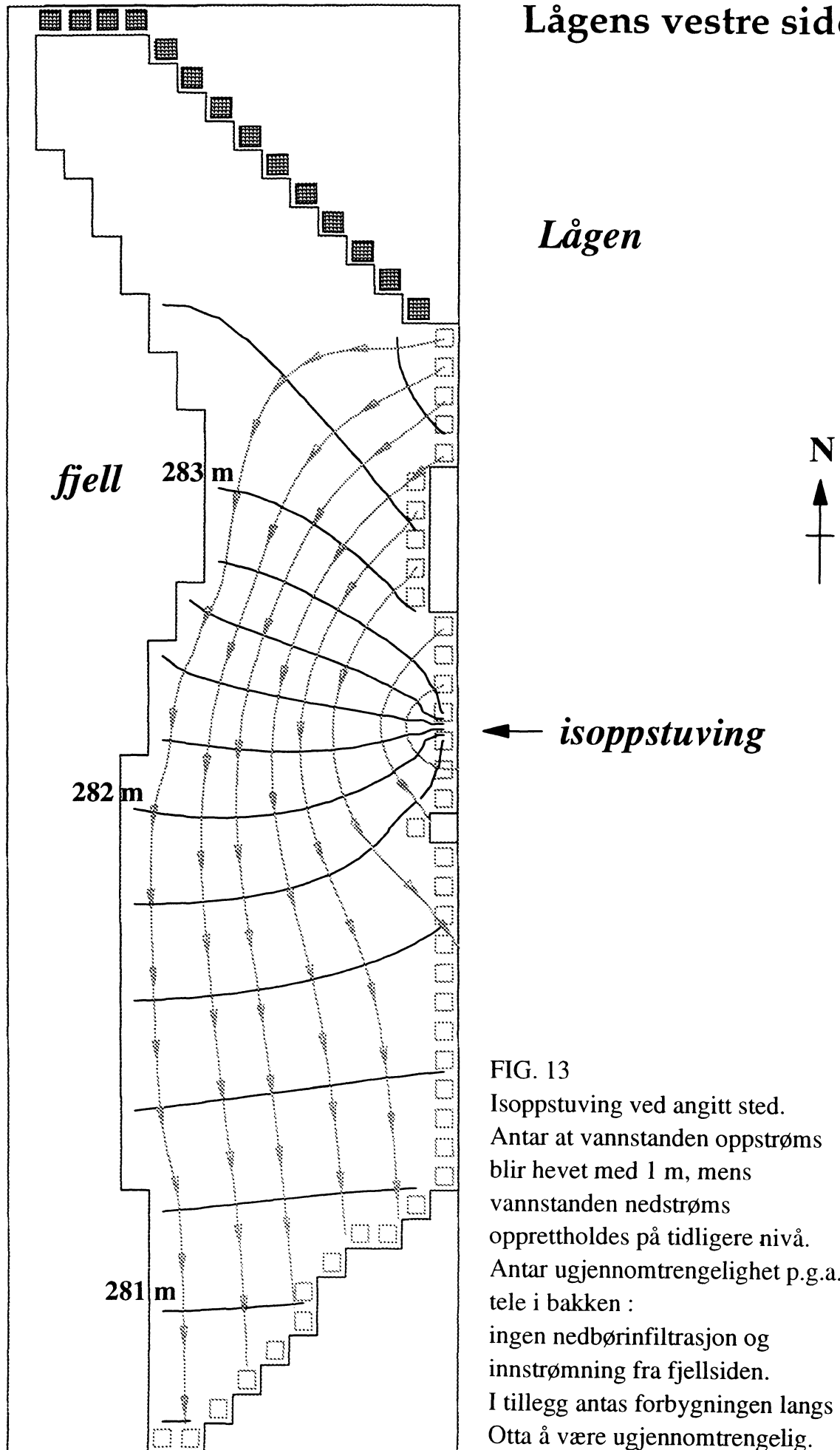


FIG. 13

Isoppstuvning ved angitt sted.

Antar at vannstanden oppstrøms blir hevet med 1 m, mens vannstanden nedstrøms opprettholdes på tidligere nivå.

Antar ugjennomtrengelighet p.g.a. tele i bakken :

ingen nedbørfiltrasjon og innstrømning fra fjellsiden.

I tillegg antas forbygningen langs Otta å være ugjennomtrengelig.

FIG. 14
Otta sentrum.



Horisontalt strømningsprofil - Otta sentrum

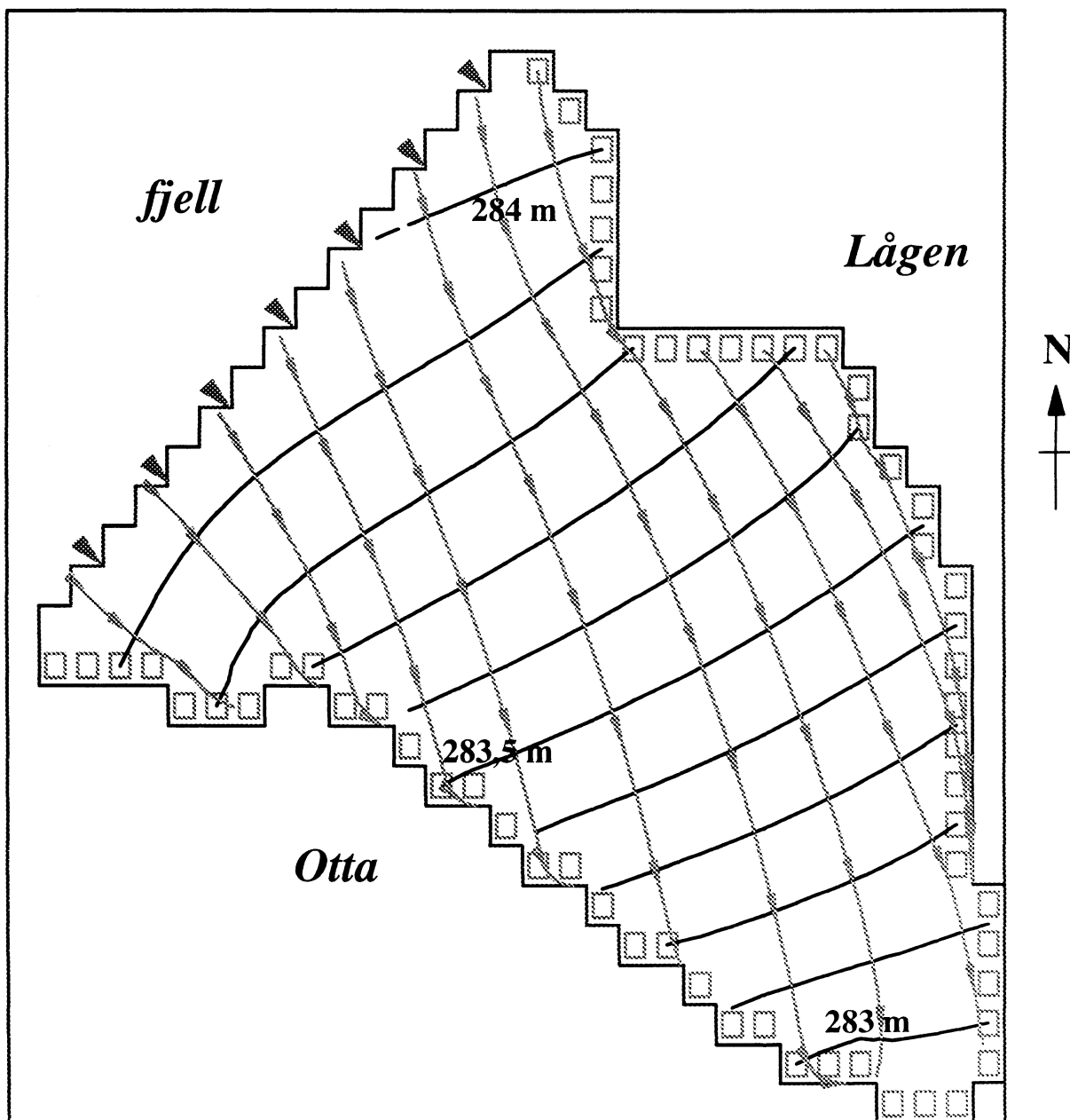


FIG. 15

Nedbørinfiltrasjon og innstrømning fra fjellsiden som angitt i tabell 4.



Horisontalt strømningsprofil - Otta sentrum

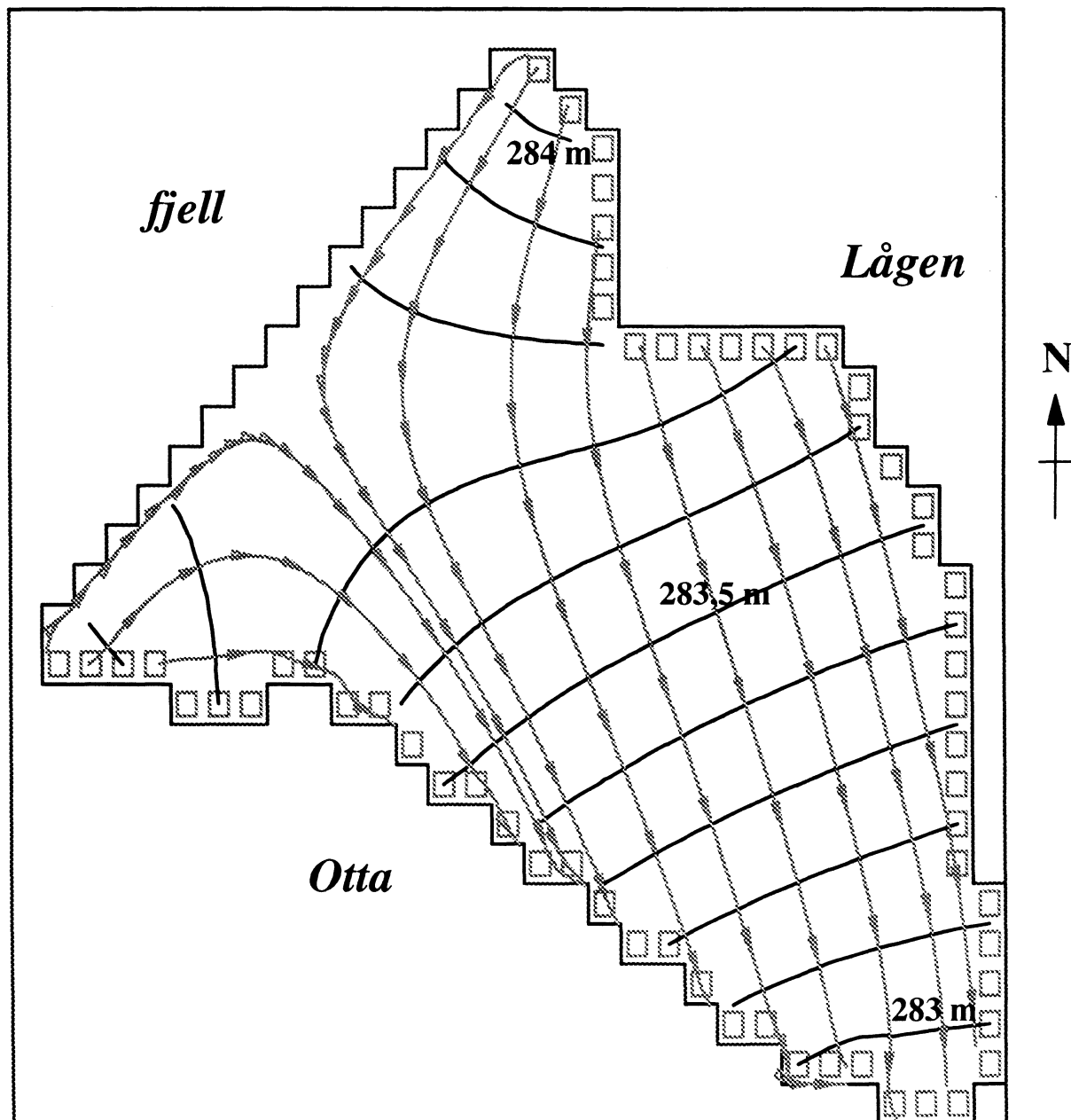


FIG. 16

Antar ugjennomtrengelighet p.g.a. tele i bakken :

Ingen nedbørinfiltrasjon og innstrømning fra fjellsiden.

Denne serie utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 OSLO

I 1996 ER FØLGENDE PUBLIKASJONER UTGITT:

- Nr 1 Berdal Strømme a.s.: Kostnader for hovedkomponenter i kraftsystemet. (28 s.)
- Nr 2 Astrid Voksø og Svein Homstvedt (red.): Inngrepsindikator for vassdrag. (37 s.)
- Nr 3 Ole Tom Djupskås: Kraftpriser til husholdninger pr. 1.januar 1996. (7 s.)
- Nr 4 Eva Skarbøvik og Per Einar Faugli (red.): Anvendt vassdragsforskning - en analyse av fremtidige behov. Rapport fra seminar på Hell 20. og 21. november 1995. (118 s.)
- Nr 5 Steinar Vikingstad: Nøkkeltall for regional- og distribusjonsnettet. (10 s.)
- Nr 6 Nils Yngve Berg, Kjetil Sandsbråten, Eva Skarbøvik og Gry Berg: FoU- prosjekter 1993/94 innen vassdrags- og energisektoren. (154 s.)
- Nr 7 Pia Rystam: Kvalitetssikring av hydrologisk dataproduktion. Ett projekt för kartläggning och analys av hydrologisk dataproduktion. (54 s.)
- Nr 8 Inger Sætrang (red.): Statistikk over overføringstariffer i distribusjonsnettet 1996. (28 s.)
- Nr 9 Elisabeth Sand og Rolv Bjelland: Analyse av netteieres valg av avkastningssats. (13 s.)
- Nr 10 Ole Tom Djupskås: Kraftmarkedsundersøkelse pr 1.2.1996. (21 s.)
- Nr 11a Toril Almenningen: Museer, informasjonssentre og NVE. Rapport fra FoU-prosjektet "Vassdragsformidling og organiseringsbehov". (69 s.)
- Nr 11b Inger Sætrang (red.): Oversikt over vedtak i tvistesaker andre halvår i 1995. Tariffer og vilkår for overføring av kraft. (9 s.)
- Nr 12 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak i reguleringssaker andre halvår i 1995. Vilkår for intern organisering og regnskap. (6 s.)
- Nr 13 Inger Sætrang (red.): Statistikk over overføringstariffer i regionalnettet 1996. (18 s.)
- Nr 14 Kjell Arne Moi og Frode Trengereid: Nasjonal utbyggingsplan for overføringsanlegg i elkraftsystemet, 1995-2005. (56 s.)
- Nr 15 Ketil Grasto (red.): Skille mellom monopol- og konkurranseutsatt virksomhet. Erfaringer fra møter med 19 energiverk. (8 s.)
- Nr 16 Gry Berg: Geofaglige undersøkelser i de verna vassdragene Bergselva (Grytdalselva), Grytelvvassdraget og Salangselva. (20 s.)
- Nr 17 Inger Sætrang (red.): Overføring over vedtak i reguleringssaker første halvår i 1996. Vilkår for intern organisering og regnskap. (13 s.)
- Nr 18 Inger Sætrang (red.): Oversikt over vedtak i tvistesaker i første halvår i 1996. Tariffer og vilkår for overføring av kraft. (10 s.)
- Nr 19 Lars-Evan Pettersson, Kai Fjelstad og Torill Engen: Hydrometriske stasjoner for sanntidsdata. Vannføringsstatistikk og feltbeskrivelser. (113 s.)
- Nr 20 Kristin Kolseth (red.): Avkastning på kapitalen i regional- og distribusjonsnettet. Regulering i 1995. (17 s.)
- Nr 21 Wai Kwok Wong, Tor S. Pedersen og Nils-Otto Kitterød: Grunnvannsmodellering, Otta. (11 s.)