RAPPORT

14 1998

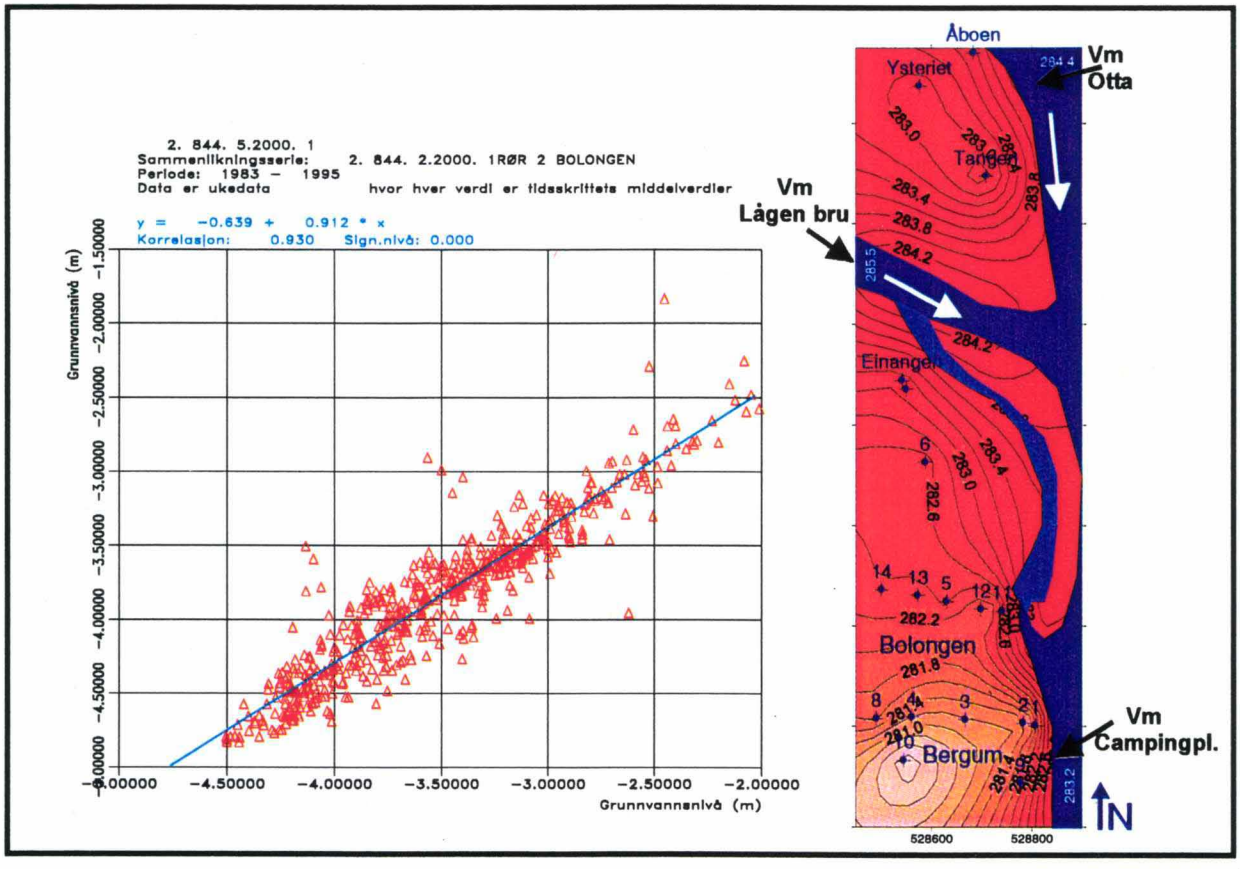
Norges vassdrags- og energiverk

NVE

Hervé Colleuille
Tor Simon Pedersen

Grunnvannsundersøkelser på Otta
Forenkling av grunnvannsmålinger

Oppdragsrapport



HYDROLOGISK AVDELING

TITTEL Grunnvannsundersøkelser på Otta. Forenkling av grunnvannsmålinger.	**RAPPORT** 14-1998
SAKSBEHANDLER Hervé Colleuille og Tor Simon Pedersen	DATO 20. april 1998 RAPPORTEN ER åpen
OPPDRAGSGIVER Glommens og Laagens Brukseierforening	OPPLAG 30

SAMMENDRAG

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Glommens og Laagens Brukseierforening som ønsker å forenkle grunnvannsmålingene i nærheten av samløpet til Otta og Lågen. Kvalitetskontrollerte data fra observasjoner av vannstand og grunnvannstand i området Otta sentrum/samløpet Otta-Lågen for perioden 1983-95 er bruket. Statistisk analyse av datamaterialet som regresjonsanalyse og trendanalyse er anvendt som grunnlag for å avgjøre hvilke av de nåværende aktive målestasjonene som bør opprettholdes i framtiden.

EMNEORD

Oppdragsrapport, grunnvann, regresjonsanalyser, trendanalyser.

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Svein Taksdal
fungerende avdelingsdirektør

Innhold

Innledning..... 2
Grunnvannsforholdet på Otta..... 2
Regresjonsanalyser..... 7
Trendanalyser..... 12
Konklusjon..... 15
Referanser..... 16
Vedlegg 17

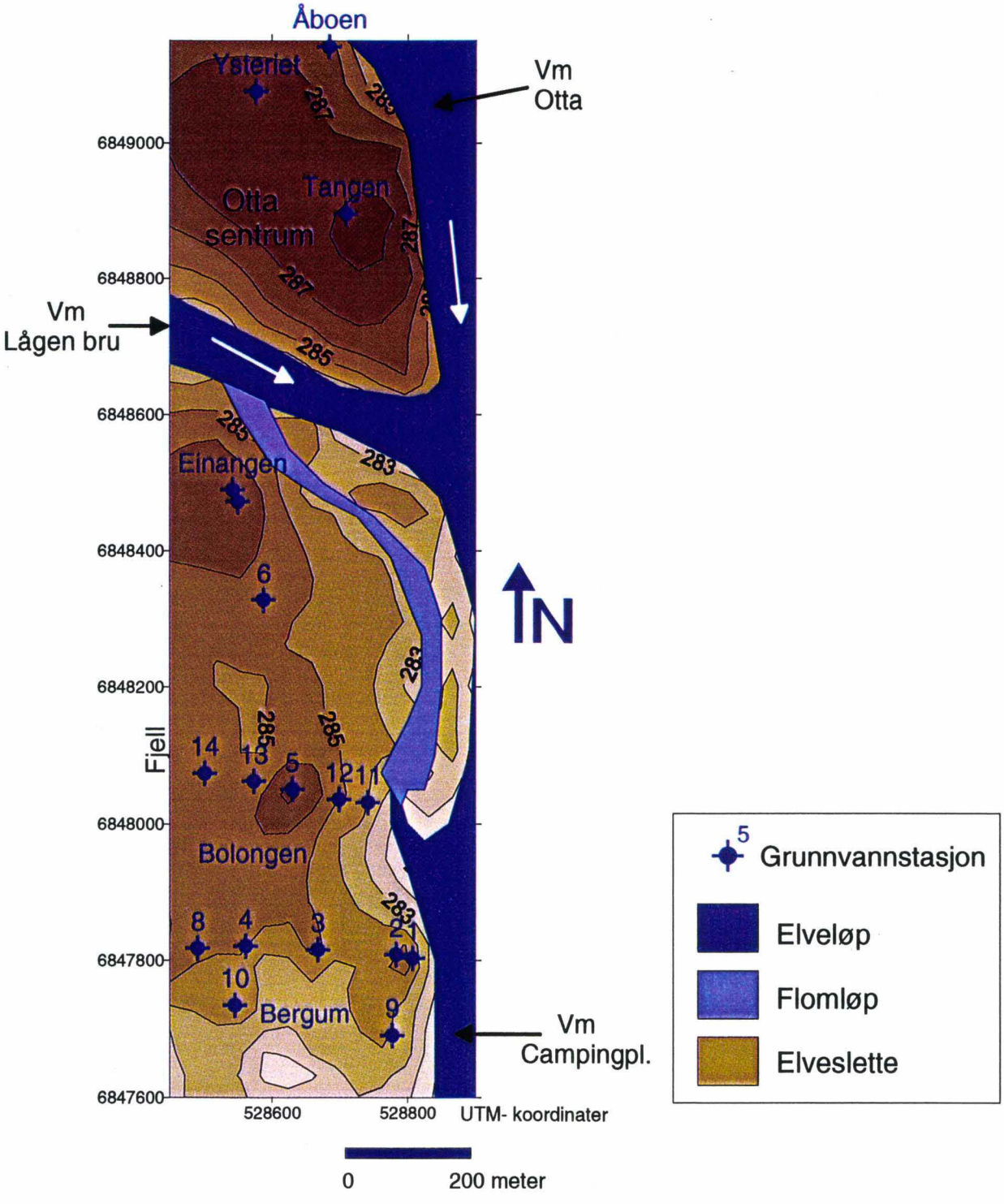
1. Innledning

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) som ønsker å forenkle grunnvannsmålingene i nærheten av samløpet til Otta og Lågen. Dette måleopplegget ble opprettet i 68-tallet og utvidet i 1982/83 for å dokumentere eventuelle endringer i grunnvannsforholdene i området i forbindelse med vassdragsregulering og andre inngrep i vassdraget. Inngrep som øker eller minsker vannføringen i Otta og Lågen påvirker grunnvannet i løsavsetningene på elveslettene på Otta. Derfor var ønsket å få tilstrekkelig informasjon for å kunne tappe Otta-magasinene i vinterhalvåret på en best mulig måte for så vel den lokale befolkning som for de kraftverkene som utnytter vannet. Dessuten fører isdannelse om vinteren til en heving av vannstanden (isoppstuving) som gir en lokal heving av grunnvannsnivå og føre til problemer med vanninntrengning (Renshusløkken, 1984).

Statistiske metoder som regresjonsanalyser og trendanalyser er benyttet for å analysere sammenhengen mellom grunnvannstand og elvevannstand, dvs. sammenhengen mellom vannivå i akvifere og vannføringer i elven. Kvalitetskontrollerte data fra observasjoner gjort på Otta fra 1964 til 1995 bennyttes (Pedersen, 1996). Denne rapporten inneholder ingen diskusjon og tolkninger av endringene/trendene i de observerte vannstandene i forbindelse med vassdragsinngrep. Hensikten er å presentere kvantitativt datamaterialet som brukes som grunnlag for å redusere omfanget av grunnvannsobservasjoner i Otta.

2. Grunnvannsforholdet på Otta

En oversikt over målestasjonenes beliggenhet og måleperioder fra aktive og nedlagte grunnvannsinstallasjoner i området Otta sentrum er presentert i en tidligere rapport fra NVE (Pedersen, 1996). 17 grunnvannsinstallasjoner og 3 vannmerker er fremdeles aktive i 95/96 (tabell 1). Det er data fra disse stasjoner som anvendes for de statistiske analysene. Beliggenheten av grunnvannsinstallasjoner og vannmerker er fremstilt i figur 1.



Figur 1:
Oversikt over grunnvannsinstallasjonen på Otta-området.
Topografisk kart.

Stasjon	Nummer	Param.	Start	x-koor.	y-koor.	Høyde (mo.h.)	R.o.b. (m)
Bolongen	2.844.1.2000.1	1	1982	528807	6847803	286,19	1,36
"	2.844.2.2000.1	2	1982	528783	6847808	285,23	1,40
"	2.844.3.2000.1	3	1982	528667	6847815	285,67	1,30
"	2.844.4.2000.1	4	1982	528561	6847820	285,30	1,34
"	2.844.5.2000.1	8	1983	528491	6847817	285,2	1,00
"	2.845.1.2000.1	5	1982	528630	6848050	285,78	1,13
"	2.845.2.2000.1	11	1983	528741	6848031	285,79	1,27
"	2.845.3.2000.1	12	1983	528698	684035	285,24	1,16
"	2.845.4.2000.1	13	1983	528573	6848062	285,23	1,30
"	2.845.5.2000.1	14	1983	528573	6848062	285,23	1,30
Bergum	2.781.1.2000.1	9	1983	528777	6847690	284,31	0,69
"	2.781.2.2000.1	10	1983	528545	6847734	284,99	1,58
Einangen	2.780.4.2000.1	7	1967	528550	6848472	286,90	0,73
"	2.780.3.2000.1	1	1983	528542	6848489	286,90	0,78
Tangen	2.800.3.2000.1	Gbr.	1966	528709	6848896	?	0,55
Ysteriet	2.800.2.2000.1	2	1982	528577	6849075	287,35	1,27
Åboen 1a	2.800.1.2000.1	1	1982	528684	6849141	286,62	1,02

Alle koordinater refererer til UTM-område 32

Tabell 1:
Oversikt over grunnvannstasjoner og observasjonsserier fremdeles aktive på Otta.

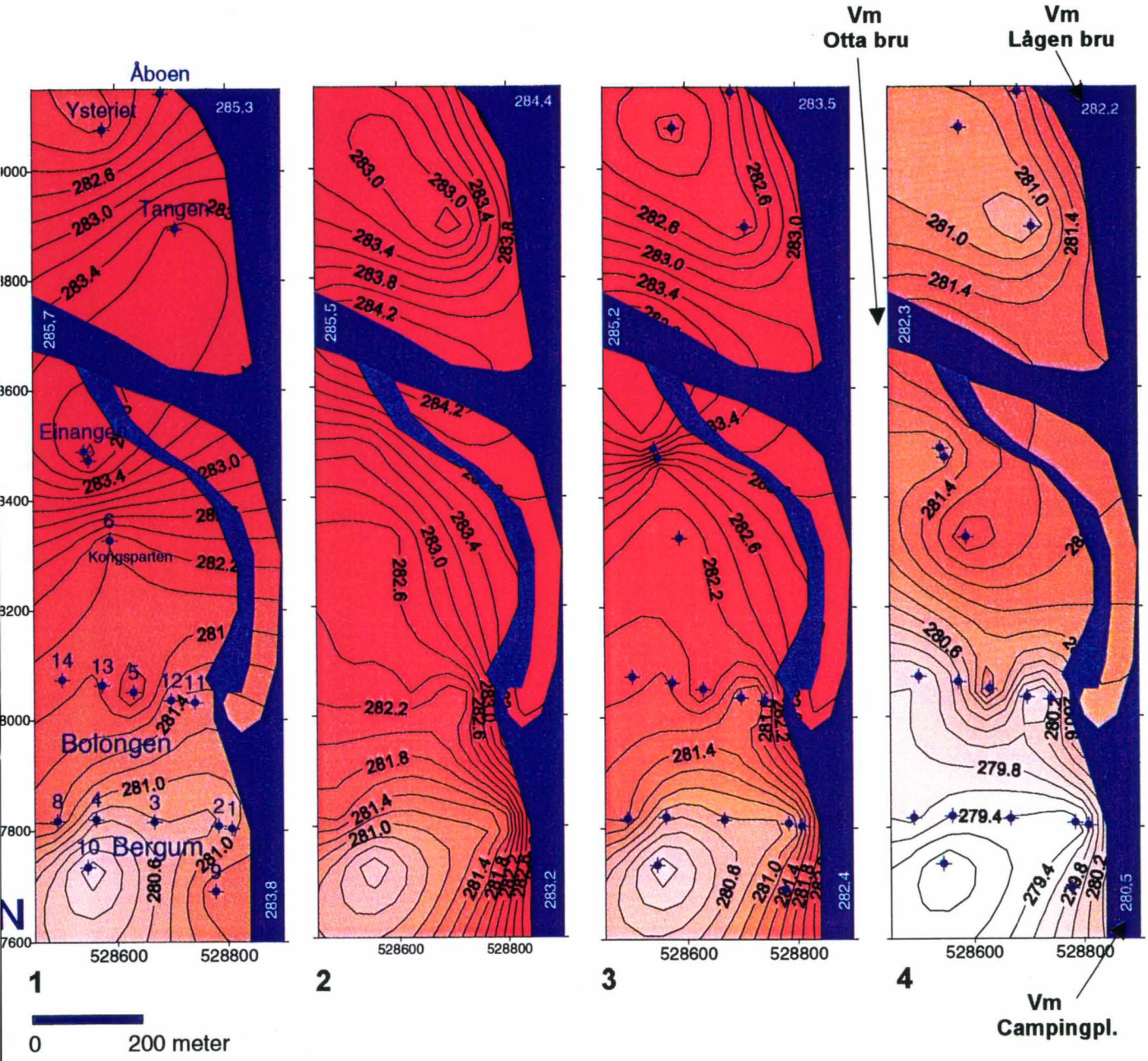
Vannmerker	Nummer	Start	x-koor.	y-koor.	Høyde (mo.h.)
Campingpl.	2.846.0.1000.1	1982	528900	6847762	284,92
Otta bru	2.780.0.1000.1	1966	528264	6848846	289,50
"	2.780.0.1000.2	1982	528264	6848846	289,50
Lågen bru	2.800.0.1000.1	1966	528822	6849010	289,46
"	2.800.0.1000.2	1982	528822	6849010	289,46

Tabell 2:
Oversikt over vannmerker og observasjonsserier fremdeles aktive på Otta.

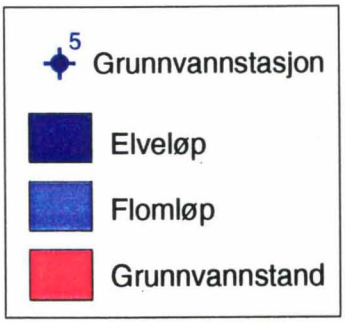
For å estimere hvilke stasjoner som er de mest representative for området er grunnvannsforholdet på Otta kartlagt ved karakteristiske perioder i året. Observasjon av grunnvannstand og elvestand for perioden 1983-95 er brukt som grunnlag. I utgangspunktet beregnes de høyeste, midlere og laveste observerte månedlige observasjoner for denne 12-års perioden. Resultatene gis i vedlegg 1.

Tre ulike tidspunkter (måneder) som antas å tilsvare forskjellige hydrologiske forhold velges for å visualisere grunnvannstrømningen i elveslettene på Otta:

- høy vannføring om vinteren i en periode hvor elvene kan være islagt (februar);
- høy og lav vannføring om våren (april);
- høy vannføring i begynnelsen av sommeren (juni/topp flom).



Figur 2:
Grunnvannsstrømningsprofil.
Grunnlag: gjennomsnittlige månedlige høyeste eller laveste observerte vannstander for perioden 1983-95.
1. Høy vannføring (juni)
2. Høy vannføring (februar)
3. Høy vannføring (april)
4. Lav vannføring (april)



Gjennomsnittlige månedlige observerte vannstander i en 12-års perioden 1983-95 danner grunnlaget for estimeringen av grunnvannstrømningen på Otta. Enkel linær ekstrapolering benyttes for å estimere elvevannstand langs elvene mellom to vannmerker.

Programmet Surfer benyttes for å lage grunnvannskart over det aktuelle området. Input-data som ble brukt er UTM-koordinater, topografiske koter og rørhøyde over bakken til alle grunnvannsrør, samt observerte vannstander ved de aktuelle stasjonene og periodene. Et gridnett på 14*50 ble anvendt. I dette gridnettet er avstanden mellom hvert punkt på ca. 32 meter. De ukjente grunnvannsstandene i akviferen bestemmes ved hjelp av en interpolasjons-algoritme (kriging) mellom de observerte punktene. Deretter tegnes et grunnvannskart med koter som viser grunnvannstanden i meter over havet.

Grunnvannet er i bevegelse fra et høyere til et lavere nivå, og dette benyttes for å bestemme grunnvannstrømmens retning. Grunnvannstrømmens retning blir loddrett på linjer (strømningslinjer) som forbinder samme grunnvannshøyde (ekvipotensiallinjer). Ekvidistansen mellom strømningslinjer er 0,2 meter. Merkede punkter i figur 2 viser plasseringer av de observerte grunnvannstander.

Akvifere i Otta sentrum og sør for Otta behandles som om de er åpne i topp i hele området. Det forutsettes fri kommunikasjon mellom akviferene og elvene (ingen ugjennomtrengelig forbygning langs Otta og Lågen). Det forutsettes også noenlunde homogene og isotrope forhold (homogen avsetning). Det finnes få observasjoner på noen områder (øst for Otta sentrum, mellom Einangen og Bolongen), og det forelå ikke kartlegging av fjelloverflater vestre side av elvesletten sørøst for Otta. Dette fører til en forholdsvis grov forenkling av grunnvannsforhold.

Figur 2 viser strømningsprofil på Otta i fire karakteristiske perioder. Grunnvannstanden ligger lavere i akvifere enn i elver og derfor strømmer vannet mot akvifere over hele området og i alle studerte perioder. Strømningsmønsteret er ikke homogent, og det finnes betydelig foretrukket strømning i sonen sør for Otta sentrum. Grunnvannet strømmer fra Otta-elva mot sør fra Einangen til Bergum (rør 10) og fra Lågen mot øst til samme punktet. Den nordre delen av elvesletten er mest påvirket av elvevannet fra Otta. Grunnvannet strømmer mer eller mindre parallelt med Lågen, på høyre side, i den første delen og deretter mot Bergum (rør 10) både med høy og lav vannføring. I Otta sentrum strømmer vannet både fra Otta og Lågen mot Ysteriet og Tangen. Høydeforskjellen mellom elvevannstand og grunnvannstand i akviferne er større ved høy vannføring i elvene enn ved lav vannføring. Dette fører til at jo større elvevannføringen er, jo større er vanninntrengningen i elveslettene. Vannets hastighet er proporsjonal med trykkhøyden (forskjellen mellom vannstandene observert ved to punkter) og omvendt proporsjonal med avstanden mellom de to aktuelle punktene. Hoved-strømningsmønsteret forblir omtrent det samme over de 4 studerte periodene, men vanninntrengningen fra Otta mot sør er betydelig større ved høy vannføring i juni enn i andre perioder.

En kan merke seg at denne visualiseringen av vannstrømningen stemmer relativt godt med den simulerte horisontale strømningsprofilen på elvesletten sør for Otta som ble gjennomført av Wong et al. (1996).

Ifølge disse resultatene og den generelle romlige fordelingen av grunnvannstasjoner kan området på Otta deles i 3 forskjellige soner som tilsvarer ulike grunnvannsforhold:

- elveslette ved Otta sentrum (Åboen, Tangen, Ysteriet);
- elveslette sør for Otta sentrum, Ottas høyre side (Einangen);
- elveslette sør for Otta, Lågens venstre side (Bolongen, Bergum).

3. Regresjonsanalyser

Variasjoner i elvevannstand forårsaker samsvarende variasjoner i grunnvannstand. Dette kan påvises kvantitativt ved regresjonanalysen. Datagrunnlaget består av kvalitetskontrollerte døgnverdier av vannstand over 12-års perioden (1983-95). Dataene måles vanligvis en gang pr uke, men tidsøppløsningen varierer mellom de ulike grunnvannstasjoner og over tid. Programmet som ble anvendt (Regress, tilknyttet Hydrologisk avdelings database Hydra II) forutsetter at serier som analyseres er komplette. Derfor ifylles små hull (mindre enn 30 dager) ved linær interpolering før data analyseres. Ved regresjonsanalyse tilpasses likningen av formen:

$$Y = a X + b$$

der Y er den avhengige variabelen (f. eks. grunnvannstand), og X den uavhengige variabelen (f. eks. elvevannstand), b er regresjonskonstanten, mens a er regresjonskoeffisienten.

De nedenstående tabellene viser resultatene av regresjonanalyser mellom de observerte elvevannstandene ved ulike vannmerker og de observerte grunnvannstandene ved ulike stasjoner. Gjennomsnittlige ukentlige vannstander og grunnvannstander gitt som meter under rørtopp eller vannmerker anvendes som grunnlag (unntatt for vannstanden ved campingplassen som er gitt i vannhøyde mo.h.).

		Vm Campingpl.	Vm Lågen bru	Vm Otta bru
	Y - X	2.846.0	2.800.0	2.780.0
2.800.3	R^2	0,88	0,78	0,76
Tangen	*a*	*0,88*	*1,10*	*0,64*
GBR	*b*	*-253,47*	*0,68*	*-2,03*
	Std. Avvik	*0,02*	*0,03*	*0,02*
2.800.2	R^2	0,95	0,78	0,83
Ysteriet	*a*	*0,83*	*0,85*	*0,61*
Rør 2	*b*	*-236,92*	*0,98*	*-0,87*
	Std. Avvik	*0,01*	*0,03*	*0,02*
2.800.1	R^2	0,98	0,93	0,89
Åboen	*a*	*0,83*	*1,04*	*0,67*
Rør 1A	*b*	*-238,39*	*2,98*	*0,26*
	Std. Avvik	*0,01*	*0,02*	*0,01*

Tabell 3:
Regresjonsanalyser mellom grunnvannstand og elvevannstand ved Otta sentrum.
(Grunnlag: gjennomsnittlige månedlige vannstander for perioden 1983-95)

	Y - X	Vm Campingpl.	Vm Lågen bru	Vm Otta bru
2.780.4	R^2	0,93	0,79	0,79
Einangen	*a*	*0,89*	*0,95*	*0,62*
GBR	*b*	*-256,23*	*1,82*	*-0,63*
	Std. Avvik	*0,01*	*0,03*	*0,02*

Tabell 4:
Regresjonsanalyser mellom grunnvannstand og elvevannstand langs Otta, høyre side.
(Grunnlag: gjennomsnittlige månedlige vannstander for perioden 1983-95)

Tabellene 3 til 5 kan benyttes for å estimere grunnvannstand ved de forskjellige grunnvannstasjoner fra de observerte elvevannstandene. Regresjonskonstanten og koeffisienten tilpasses ved å bestemme det verdisett som gjør feilen, dvs. avviket mellom observerte og beregnete verdier ut fra likningen, minst mulig. Standard feilen er et direkte mål på usikkerheten i de beregnete verdiene. Dette kan utnyttes til å bestemme konfidensgrenser for hver beregnet verdi. Hvor god tilpasningen er bedømmes ut fra standardavviket til den avhengige variabelen og fra R^2 som blir lik 1 når korrelasjonen mellom de to serier er perfekt.

En kan merke seg at korrelasjonen generelt sett er veldig god mellom de observerte elvevannstandene og grunnvannstandene. For de fleste er R^2 større enn 0,90 (antall data er større enn 500), og standardavviket er også for de fleste mindre enn 0,03 meter. Man ser også at hvor god relasjonen mellom elvevannstand og grunnvannstander avhenger av beliggenheten til grunnvannstasjoner i forhold til vannmerkene på elvene. Jo nærmere grunnvannstasjone er til det aktuelle vannmerket, jo bedre er relasjonen. Ved Otta sentrum er de observerte grunnvannstandene bedre korrelerte med de observerte vannstandene på vannmerket ved campingplassen enn ved de andre vannmerkere. Dette viser at grunnvannet i dette området mates både fra Otta og Lågen. Dette er i samsvar med strømningsprofilen (figur 2).

I området sør for Otta, på Lågens høyre side, er grunnvannstandene perfekt korrelerte med elvevannstanden observert ved campingplassen. Grunnvannstandene observerte ved Bergum (rør 10) og Bolongen (rør 8 og 13) viser en mindre god korrelasjon med elvevannstanden, noe som kan skyldes påvirkningsforsinkelser. Disse grunnvannstasjonene (med rør 14) står lengst fra Lågen og Otta. Elvas påvirkning på grunnvannstanden i området er generelt ikke øyeblikkelig. Det kan ta mer eller mindre tid før en slik påvirkning gjør seg gjeldende. Det var estimert en forsinkelse på ca. 24 timer mellom rør 1 som står ved elvebredden mot Lågen og rør 4 som står 250 meter mot øst fra rør 1 (Renshusløkken, 1984). Imidlertid er det i vår undersøkelse ikke mulig å ta hensyn til tidsforskjellen, så lenge avlesningene av vannstand ikke er kontinuerlige. Ifølge strømningsprofilen (figur 2) forekommer en hydraulisk kommunikasjon mellom Otta-elva og denne sonen (rør 10). Dette kan også ha en betydelig påvirkning på vannstandene i denne sonen.

	Vannstand:	Vm Campingpl.	Vm Lågen bru	Vm Otta bru
	Y - X	2.846.0.	2.800.0	2.780.0
2.844.1	R^2	1,00	0,84	0,78
Bolongen	*a*	*1,08*	*1,15*	*0,80*
Rør 1	*b*	*-307,69*	*2,88*	*0,27*
	Std. Avvik	*0,00*	*0,03*	*0,03*
2.844.2	R^2	1,00	0,81	0,77
Bolongen	*a*	*0,88*	*0,87*	*0,66*
Rør 2	*b*	*-251,23*	*1,96*	*0,32*
	Std. Avvik	*0,00*	*0,03*	*0,02*
2.844.3	R^2	*1,00*	*0,83*	*0,78*
Bolongen	*a*	*0,81*	*0,82*	*0,62*
Rør 3	*b*	*-232,63*	*1,18*	*-0,41*
	Std. Avvik	*0,00*	*0,02*	*0,02*
2.844.4	R^2	*1,00*	*0,84*	*0,77*
Bolongen	*a*	*0,72*	*0,75*	*0,55*
Rør 4	*b*	*-207,85*	*1,04*	*-0,48*
	Std. Avvik	*0,00*	*0,02*	*0,02*
2.844.5	R^2	*0,93*	*0,84*	*0,75*
Bolongen	*a*	*0,76*	*0,93*	*0,67*
Rør 8	*b*	*-219,05*	*2,11*	*0,11*
	Std. Avvik	*0,01*	*0,02*	*0,02*
2.845.1	R^2	*1,00*	*0,85*	*0,77*
Bolongen	*a*	*0,86*	*0,95*	*0,67*
Rør 5	*b*	*-245,39*	*2,73*	*0,61*
	Std. Avvik	*0,00*	*0,02*	*0,02*
2.845.2	R^2	*1,00*	*0,84*	*0,77*
Bolongen	*a*	*0,96*	*1,04*	*0,41*
Rør 11	*b*	*-274,42*	*2,87*	*-1,55*
	Std. Avvik	*0,00*	*0,03*	*0,20*
2.845.3	R^2	*1,00*	*0,83*	*0,75*
Bolongen	*a*	*0,89*	*0,97*	*0,70*
Rør 12	*b*	*-254,19*	*3,07*	*1,06*
	Std. Avvik	*0,00*	*0,03*	*0,03*
2.845.4	R^2	*0,99*	*0,85*	*0,77*
Bolongen	*a*	*0,84*	*0,94*	*0,69*
Rør 13	*b*	*-238,55*	*3,36*	*1,49*
	Std. Avvik	*0,00*	*0,02*	*0,02*
2.845.5	R^2	*1,00*	*0,86*	*0,78*
Bolongen	*a*	*0,85*	*0,95*	*0,71*
Rør 14	*b*	*-241,04*	*3,51*	*1,67*
	Std. Avvik	*0,00*	*0,02*	*0,02*
2.781.1	R^2	*1,00*	*0,83*	*0,73*
Bergum	*a*	0,93	0,93	0,68
Rør 9	*b*	-264,60	3,25	1,33
	Std. Avvik	0,00	0,03	0,03
2.781.2	R^2	0,92	0,82	0,72
Bergum	*a*	0,46	0,55	0,39
Rør 10	*b*	-133,11	-0,31	-1,48
	Std. Avvik	0,01	0,02	0,02

Tabell 5:
Regresjonsanalyser mellom grunnvannstand og elvevannstand langs Lågen, høyre side.
(Grunnlag: gjennomsnittlige månedlige vannstander for perioden 1983-95)

Deretter ble det analysert regresjonsparameter for hver sone mellom de aktuelle grunnvannstasjonene, slik at en kan estimere grunnvannstanden ved en stasjon fra den observerte grunnvannstanden i en annen stasjon (tabell 6-8).

		Ysteriet (rør 2)	Åboen (rør 1A)
	Y - X	2.800.2	2.800.1
2.800.3	R^2	0,79	0,83
Tangen	*a*	*0,90*	*0,97*
GBR	*b*	*-1,80*	*-2,29*
	Std. Avvik	*0,03*	*0,03*
2.800.2	R^2		0,86
Ysteriet	*a*		*0,80*
Rør 2	*b*		*-1,56*
	Std. Avvik		*0,02*

Tabell 6:
Regresjonsanalyser mellom grunnvannstander på Otta sentrum.
(Grunnlag: gjennomsnittlige månedlige vannstander for perioden 1983-95)

		Einangen (rør 7)
	Y - X	2.780.3 (rør 7)
2.780.4	R^2	0,83
Einangen	*a*	*0,87*
GBR	*b*	*-0,67*
	Std. Avvik	*0,02*

Tabell 7:
Regresjonsanalyser mellom grunnvannstander langs Otta, høyre side.
(Grunnlag: gjennomsnittlige månedlige vannstander for perioden 1983-95)

	Y - X	2,.844.2	2.844.3	2.844.4	2,.844.5	2.845.1	2.845.2	2.845.3	2.845.4	2.845.5	2.781.1	2.781.2
2.844.1	R^2	0,982	0,978	0,974	0,926	0,973	0,989	0,973	0,953	0,964	0,987	0,918
Bolongen	*a*	*1,189*	*1,277*	*1,416*	*1,092*	*1,116*	*1,033*	*1,082*	*1,117*	*1,133*	*1,102*	*1,792*
Rør 1	*b*	*-0,187*	*0,742*	*0,854*	*-0,264*	*-0,709*	*-0,593*	*-1,098*	*-1,535*	*-1,603*	*-1,446*	*2,328*
	Std. Avvik	*0,009*	*0,011*	*0,013*	*0,018*	*0,011*	*0,006*	*0,010*	*0,015*	*0,013*	*0,008*	*0,032*
2.844.2	R^2		0,985	0,983	0,938	0,968	0,972	0,970	0,948	0,960	0,975	0,916
Bolongen	*a*		*1,062*	*1,180*	*0,914*	*0,914*	*0,836*	*0,888*	*0,913*	*0,927*	*0,892*	*1,472*
Rør 2	*b*		*0,734*	*0,835*	*-0,080*	*-0,522*	*-0,466*	*-0,837*	*-1,206*	*-1,257*	*-1,152*	*1,982*
	Std. Avvik		*0,007*	*0,009*	*0,014*	*0,010*	*0,008*	*0,009*	*0,013*	*0,011*	*0,009*	*0,027*
2.844.3	R^2			0,986	0,952	0,971	0,970	0,968	0,952	0,964	0,978	0,918
Bolongen	*a*			*1,088*	*0,862*	*0,850*	*0,775*	*0,823*	*0,852*	*0,866*	*0,838*	*0,025*
Rør 3	*b*			*0,014*	*-0,760*	*-1,215*	*-1,174*	*-1,518*	*-1,844*	*-1,893*	*-1,783*	*1,120*
	Std. Avvik			*0,007*	*0,012*	*0,008*	*0,008*	*0,009*	*0,011*	*0,010*	*0,008*	*0,025*
2.844.4	R^2				0,963	0,972	0,964	0,967	0,953	0,966	0,972	0,093
Bolongen	*a*				*0,783*	*0,764*	*0,694*	*0,741*	*0,770*	*0,783*	*0,743*	*1,251*
Rør 4	*b*				*-0,740*	*-1,182*	*-1,156*	*-1,452*	*-1,739*	*-1,780*	*-1,718*	*0,985*
	Std. Avvik				*0,009*	*0,007*	*0,008*	*0,008*	*0,010*	*0,009*	*0,008*	*0,021*
2.844.5	R^2					0,944	0,920	0,928	0,919	0,935	0,930	0,893
Bolongen	*a*					*0,905*	*0,814*	*0,875*	*0,912*	*0,931*	*0,870*	*1,481*
Rør 8	*b*					*-0,803*	*-0,799*	*-1,131*	*-1,459*	*-1,499*	*-1,457*	*1,766*
	Std. Avvik					*0,013*	*0,014*	*0,014*	*0,016*	*0,015*	*0,015*	*0,031*
2.845.1	R^2						0,979	0,981	0,960	0,973	0,971	0,903
Bolongen	*a*						0,897	1,044	0,985	1,002	0,961	1,558
Rør 5	*b*						-0,004	-0,498	-0,779	-0,832	-0,730	2,543
	Std. Avvik						0,008	0,009	0,012	0,010	0,010	0,031
2.845.2	R^2							0,982	0,959	0,964	0,979	0,904
Bolongen	*a*							1,044	1,076	1,085	1,052	1,690
Rør 11	*b*							-0,497	-0,926	-1,007	-0,864	2,663
	Std. Avvik							0,008	0,014	0,012	0,010	0,033
2.845.3	R^2								0,960	0,966	0,972	0,904
Bolongen	*a*								1,012	1,022	0,980	1,591
Rør 12	*b*								-0,458	-0,531	-0,421	2,921
	Std. Avvik								0,012	0,011	0,011	0,031
2.845.4	R^2									0,980	0,945	0,881
Bolongen	*a*									0,982	0,919	1,472
Rør 13	*b*									-0,141	-0,109	2,959
	Std. Avvik									0,008	0,014	0,033
2.845.5	R^2										0,955	0,898
Bolongen	*a*										0,922	1,497
Rør 14	*b*										-0,002	3,150
	Std. Avvik										0,013	0,030
2.781.1	R^2											0,897
Bergum	*a*											1,5717
Rør 9	*b*											3,23
	Std. Avvik											0,03

Tabell 8:
Regresjonsanalyser mellom grunnvannstander langs Lågen, høyre siden.
(Grunnlag: gjennomsnittlige månedlige vannstander for perioden 1983-95)

De observerte grunnvannstandene ved rør 8, 13 og 10 er igjen mindre godt korrelert med de andre observerte grunnvannstandene i området. Dette er trolig en konsekvens av forekomsten av foretrukket strømning i området og påvirkningsforsinkelser med vannstandene i Lågen.

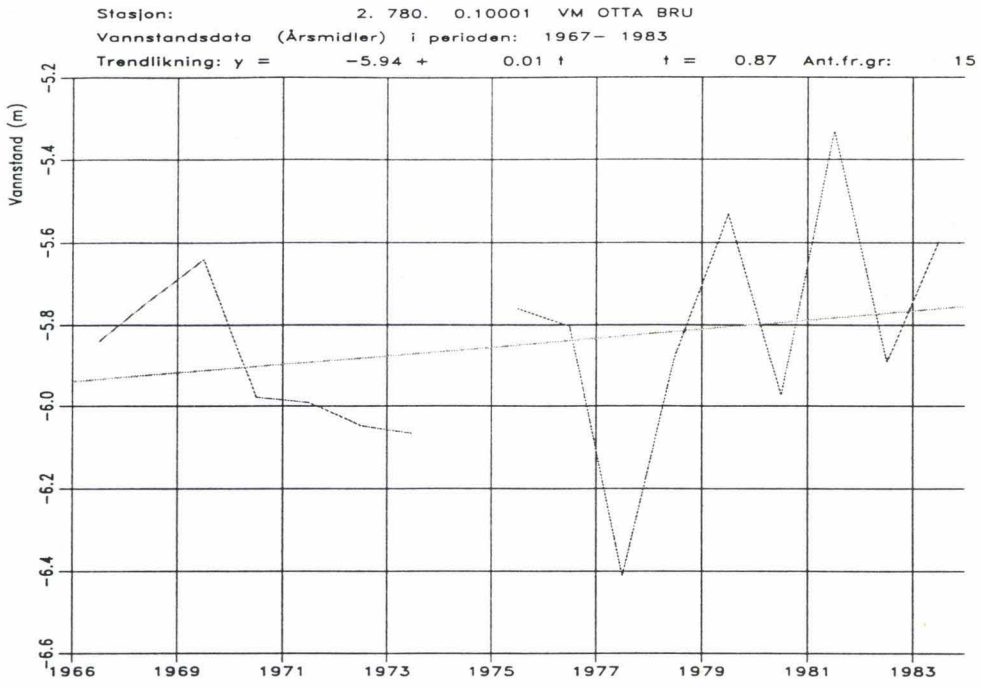
4. Trendanalyser

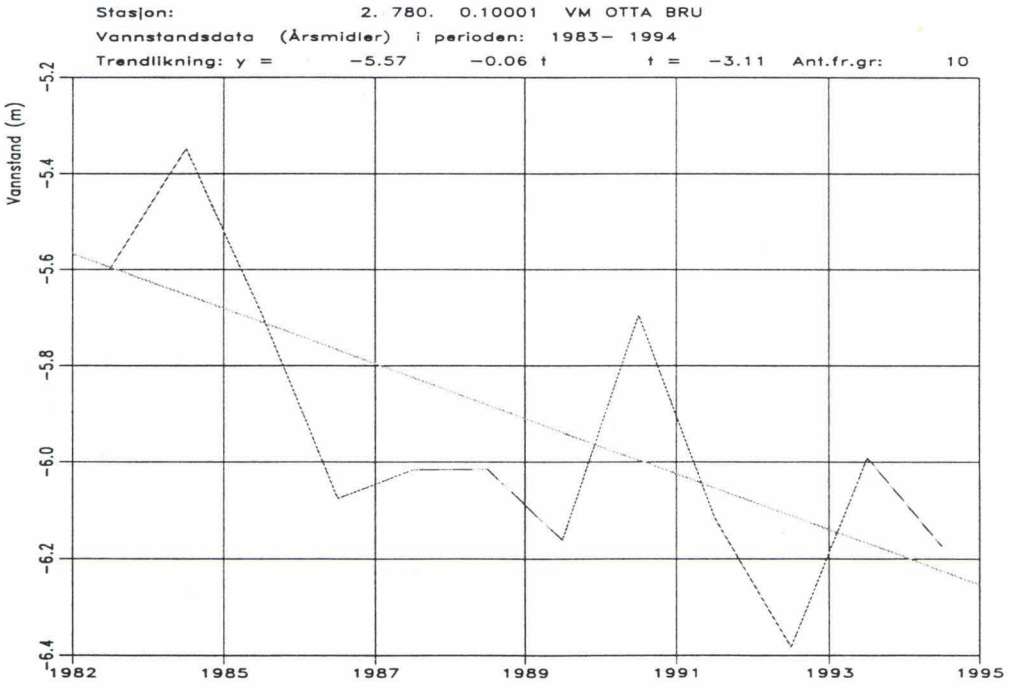
Hensikten med trendanalyser er å påvise forekomsten av systematisk endring over tid som kan skyldes vassdragsinngrep og klimaendring. Hensikten er også å kontrollere homogenitet av grunnvannsobservasjon over lang tid, og å identifisere eventuelle homogenitetsbrudd, svingninger i dataserien som kunne skyldes f. eks. skade ved vannstandsinstallasjon eller endringer i de hydrologiske forhold. Disse analyser kan også anvendes for å studere om relasjonen mellom de ulike grunnvannstasjoner forandrer seg over tid. Resultatene gis i vedlegg 2.

Tabell 9 viser endringen i den gjennomsnittlige årlige vannstanden over en 10-års-periode (1983-93). Disse tallene er veldig usikre fordi den aktuelle perioden er veldig kort. Dessuten er avviket mellom den beregnete trenden og de observerte gjennomsnittlige årlige verdiene relativt stort enkelte år.

Stasjon		Periode	1983	1993	Endring	Korrelasjon
Bolongen	2.844.1	83-92	3,36	3,76	0,40	0,88
"	2.844.2	83-93	4,27	4,61	0,34	0,84
"	2.844.3	83-92	3,87	4,24	0,37	0,90
"	2.844.4	83-93	3,61	3,86	0,25	0,80
"	2.844.5	84-93	3,61	4,02	0,41	0,78
"	2.845.1	84-91	3,17	3,50	0,33	0,73
"	2.845.2	84-93	3,55	3,87	0,32	0,81
"	2.845.3	84-93	2,91	3,24	0,33	0,81
"	2.845.4	84-93	2,40	2,75	0,35	0,79
"	2.845.5	84-93	2,30	2,67	0,37	0,80
Bergum	2.781.1	84-90	2,54	2,85	0,31	0,70
"	2.781.2	84-92	3,66	3,92	0,26	0,93
Einangen	2.780.3	84-91	3,95	4,22	0,27	0,60
Tangen	2.800.3	83-94	5,55	6,00	0,45	0,76
Ysteriet	2.800.2	83-93	4,22	4,62	0,40	0,84
Åboen	2.800.1	82-93	3,50	3,82	0,32	0,58

Tabell 10:
Endringen over tid av den gjennomsnittlige årlige grunnvannstanden.
Grunnvannstandene er gitt i meter under toppen av grunnvannsrør.
Dataene estimeres fra den beregnete trendlikning for de aktuelle periodene.





Figur 4:
Variasjonen av de gjennomsnittlige årlige elvevannstandene ved Otta bru for periodene 1966-1983 og 1983-1993.

Stasjon		Periode	1983	1993	Endring	Korrelasjon
Lågen bru 1	2.800.0	83-94	5,60	6,40	0,80	0,87
Lågen bu 2		83-93	6,24	6,50	0,26	0,74
Otta Bru 1	2.780.0	83-94	5,62	6,15	0,53	0,70
Otta Bru 2		83-93	5,68	6,02	0,34	0,66
Campingspl.	2.846.0	83-93	281,94	281,56	0,38	0,84

Tabell 11:
Endringen over tid av den gjennomsnittlige årlige elvevannstanden.
Elvevannstandene er gitt i meter under vannmerker (unntatt for campingpl.).
Dataene estimeres fra den beregnete trendlikning for de aktuelle periodene.

Det er imidlertid interessant å merke seg at vannstandene på alle stasjoner viser samme trend over tid i denne 10-årsperioden, dvs. en reduksjon av den gjennomsnittlige årlige grunnvannstanden på ca. 0,3-0,4 meter. På samme måten, observeres en senkning av den gjennomsnittlige årlige vannstanden i elver på ca 0,3-0,5 meter. Dette viser igjen den gode korrelasjonen mellom de observerte vannstandene, og dette over en 10-årsperiode.

Figur 4 og 5 viser variasjonen av den gjennomsnittlige vannstanden ved Otta bru for perioden 1966-83 og 1983-95. Denne er relativ representativt for de andre observerte grunnvannstandene og elvevannstandene i Otta-området: den gjennomsnittlige årlige vannstanden øker litt fra 1966 til 1983 (ca. 0,2 m) og synker fra begynnelsen av 80-årene gradvis til 1995 (ca. 0,6 m). Denne trenden registreres både ved Otta og Lågen og kan derfor ikke tilknyttes eventuelle inngrep i vassdraget. Denne trenden har trolig en sammenheng med en regional klimaendring. En kan merke seg at denne trenden også observeres ved flere vassdrag (f. eks. Elverum). Det er imidlertid nødvendig med en relativt lang observasjonsperiode ved flere steder for at man skal få et solid grunnlag til å bedømme hva som er årsaken til den observerte trenden.

5. Konklusjon

Strømningsmønsteret fra grunnvannet på Otta i karakteristiske perioder, samt regresjonsanalyser og trendanalyser er bruket som hjelpemidler for å avgjøre hvilke stasjoner som skal opprettholdes.

Alle grunnvannstasjonene er sterkt korrelert med hverandre, og man kan estimere grunnvannstand ved en bestemt stasjon fra de observerte dataene fra en annen stasjon ved å benytte regresjonsligningene som gis i denne rapporten. Det er også mulig å estimere grunnvannstand på elveslettene ved Otta og Lågen ved å anvende de observerte elvevannstandene ved det nærmeste vannmerket. Trendanalysen viser at alle de observerte vannstandene endrer seg over 10-årsperioden på samme måte.

For å redusere omfanget av grunnvannstasjoner mest mulig, foreslår vi å fortsette med grunnvannsmålingene ved bare en stasjon pr sone. Stasjonen som velges må fortrinnsvis ha den lengste sammenhengende observasjonstiden, derfor foreslås det å observere grunnvannstand ved Tangen i Otta sentrum og Einangen (rør 7) langs Otta, høyre side. For sonen langs Lågen, høyre side, anbefales å bruke en målestasjon med kontinuerlig overvåkning (logger) (Bolongen, rør 1 og 4). Siden målestasjon 1 står ved elvebredden mot Lågen i nærheten av vannmerket ved campingplassen og er veldig godt korrelert med vannstandene observert ved dette vannmerket, er det unødvendig å fortsette med denne stasjonen. Imidlertid, hvis man vil studere konsekvenser av eventuelle inngrep i elvene i Otta som for eks. forbygninger langs Lågen kan det være interessant å fortsette også med denne stasjonen.

Stasjon	Nummer	Param.	Start	x-koor.	y-koor.	Høyde (mo.h.)	R.o.b. (m)
Bolongen	*2.844.1.2000.1*	*1*	*1982*	*528807*	*6847803*	*286,19*	*1,36*
"	2.844.4.2000.1	4	1982	528561	6847820	285,30	1,34
Einangen	2.780.4.2000.1	7	1967	528550	6848472	286,90	0,73
Tangen	2.800.3.2000.1	Gbr.	1966	528709	6848896	?	0,55

Tabell 12:
Oversikt over grunnvannstasjoner som ikke bør nedlegges.

Referanser

Pedersen T.S., 1996. Grunnvannsobservasjoner fra Otta. Rapport Nr. 38/96, NVE, Hydrologisk avdeling.

Renshusløkken Bjørn, 1968. Grunnvannsundersøkelser på Otta. Rapport Nr. 7/68, NVE, Hydrologisk avdeling.

Renshusløkken Bjørn, 1984. Isskader Otta/Låge. Noen betraktninger vedrørende de hydrologiske undersøkelsene i Otta området. Rapport 1380, G.L.Bf.

Wong W.K., Pedersen T.S., Kitterød N.O., 1996. Grunnvannsmodellering , Otta. Publikasjon Nr 21/96. NVE, hydrologisk avdeling.

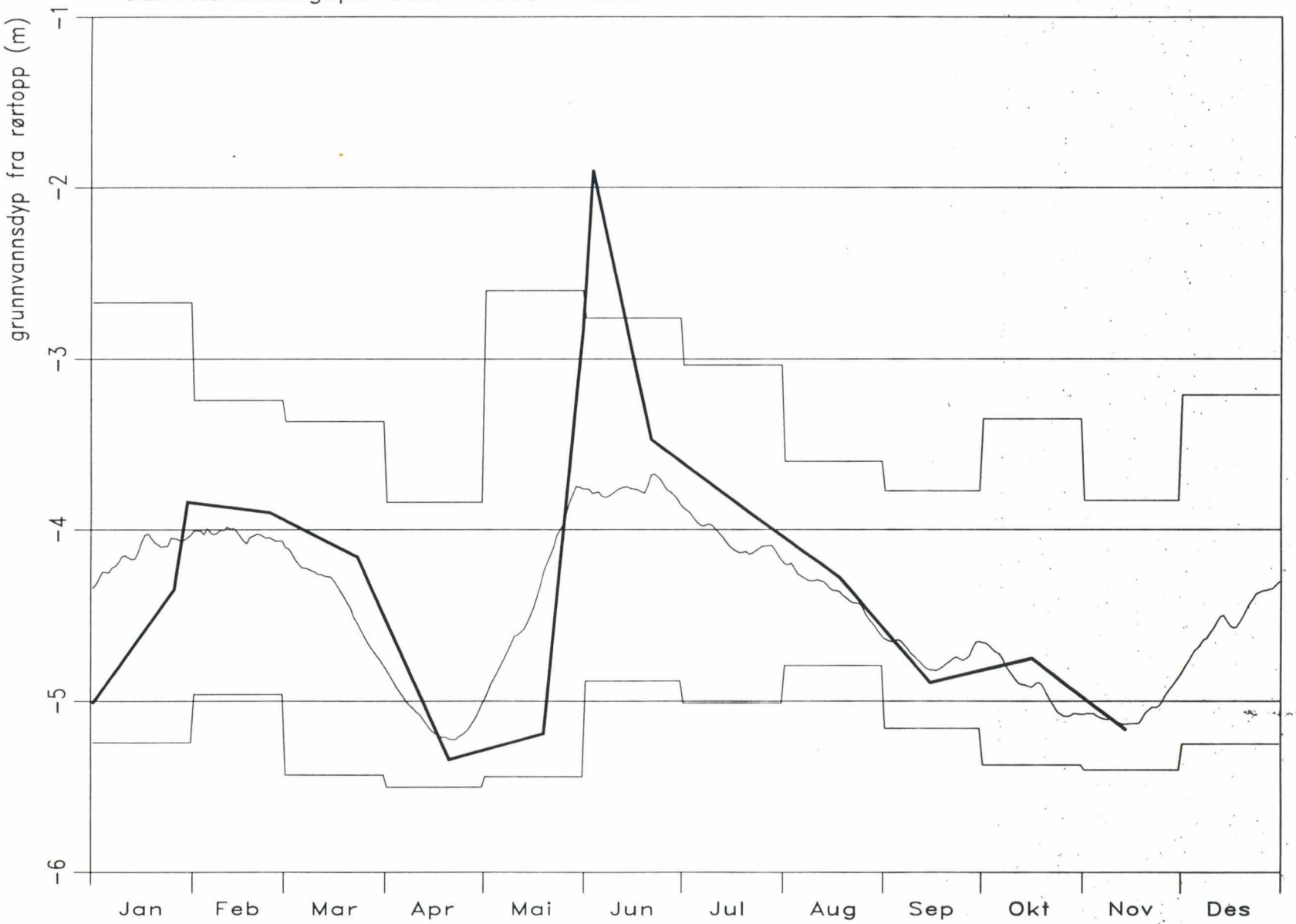
Vedlegg 1

Høyeste, midlere og laveste observerte månedlige grunnvannstand og elvevannstand for perioden 1983-95.
(1995 kurven er uthevet)

Stasjon: 2. 844. 1.2000. 1 RØR 1 BOLONGEN LIMN.

Døgnverdier for året: 1995

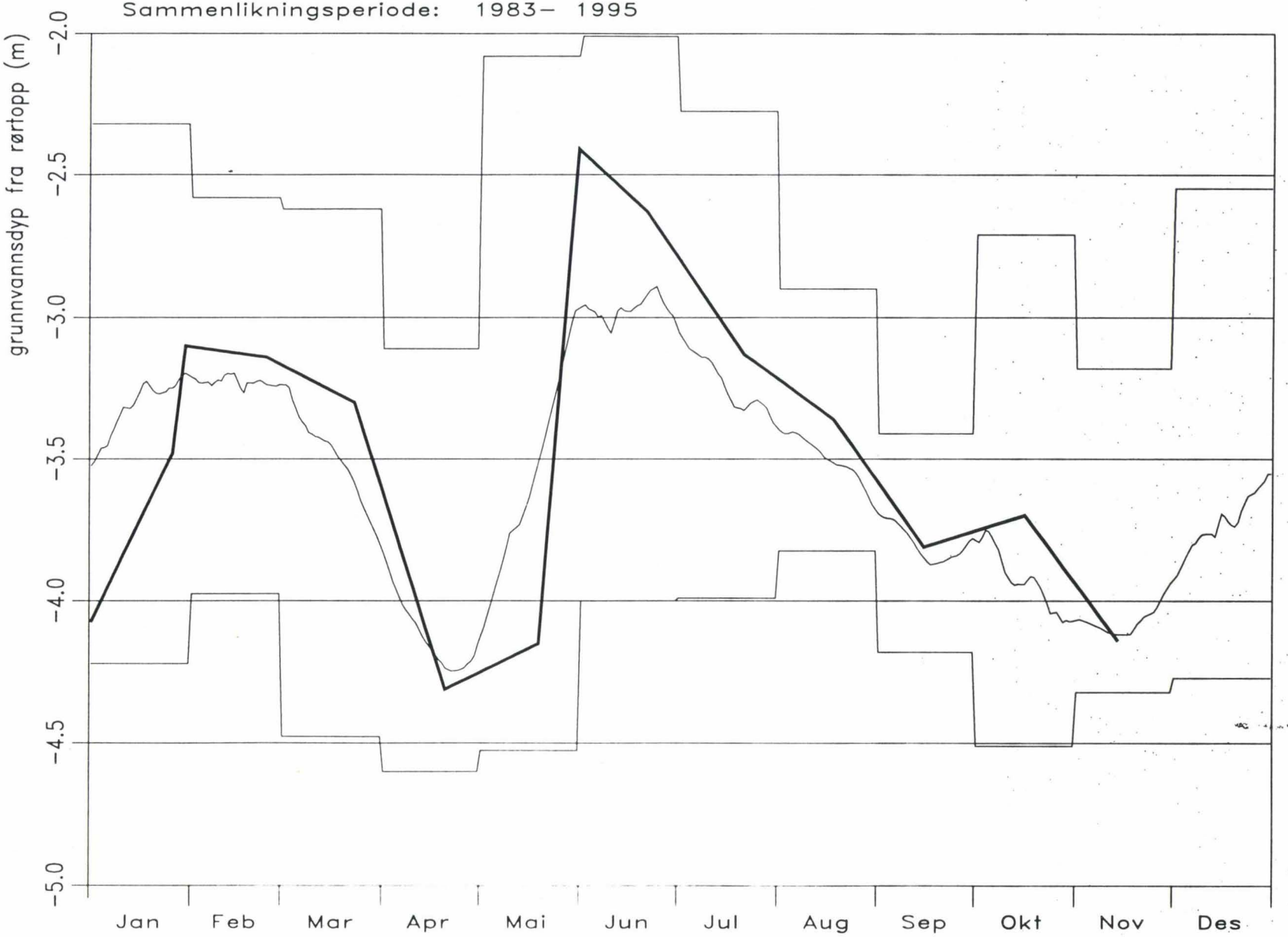
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 844. 2.2000. 1 RØR 2 BOLONGEN

Døgnverdier for året: 1995

Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 844. 3.2000. 1 RØR 3 BOLONGEN

Døgnverdier for året: 1995

Sammenlikningsperiode: 1983– 1995

Stasjon: 2. 844. 4.2000. 1 RØR 4 BOLONGEN LIMN.

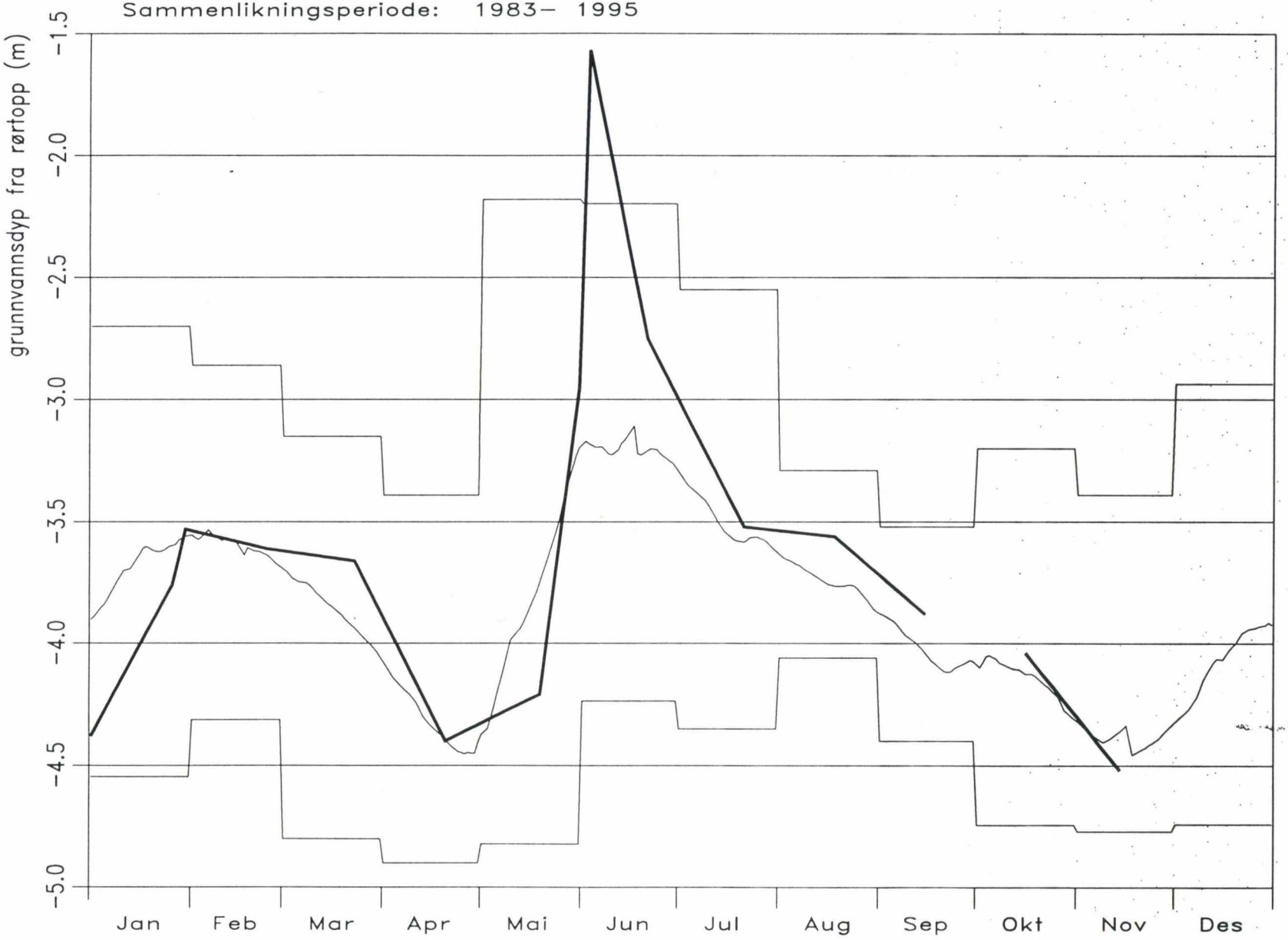
Døgnverdier for året: 1995

Sammenlikningsperiode: 1983– 1995

Stasjon: 2. 844. 5.2000. 1 RØR 8 BOLONGEN

Døgnverdier for året: 1995

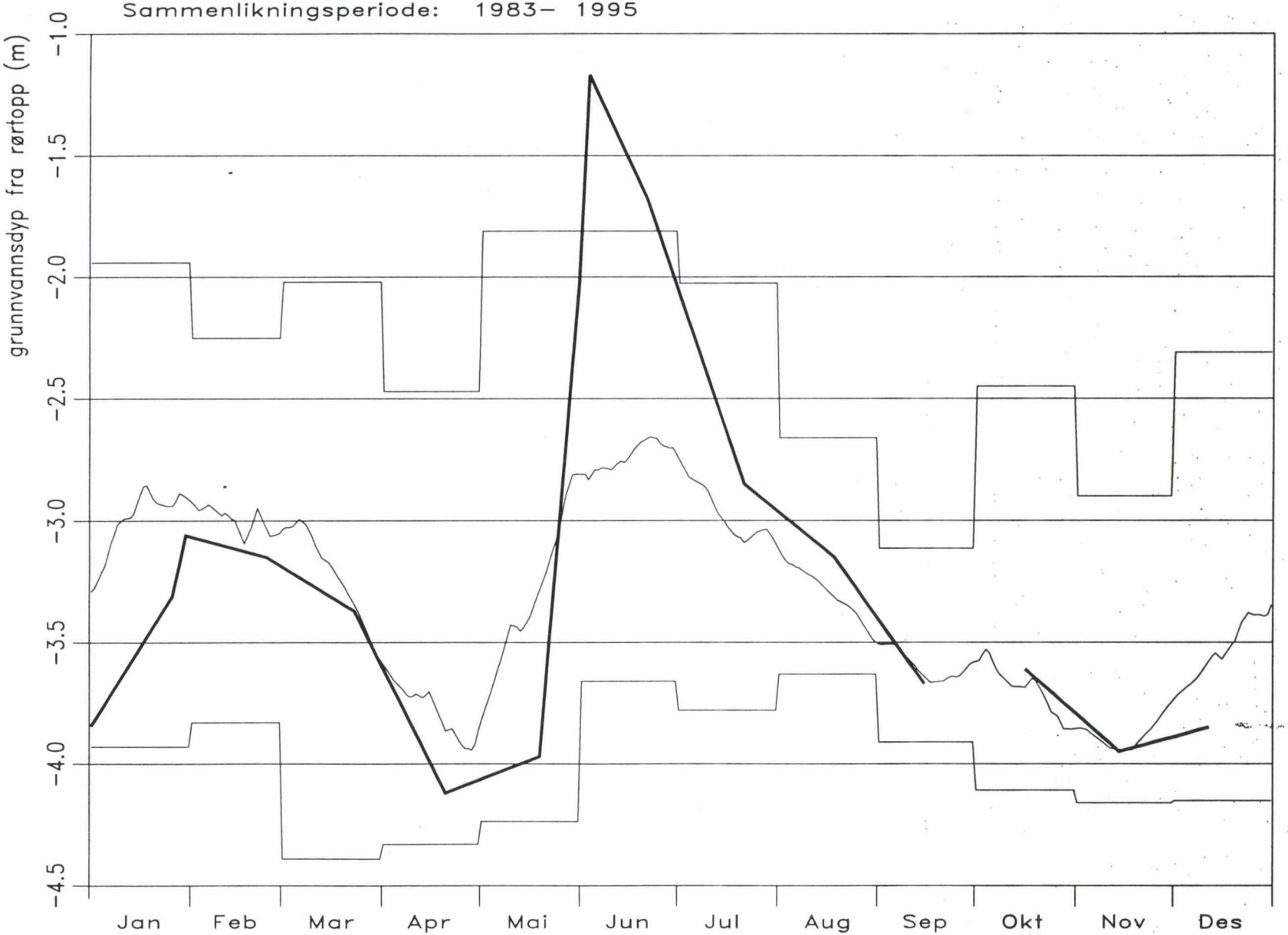
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 845. 1.2000. 1 RØR 5 BOLONGEN

Døgnverdier for året: 1995

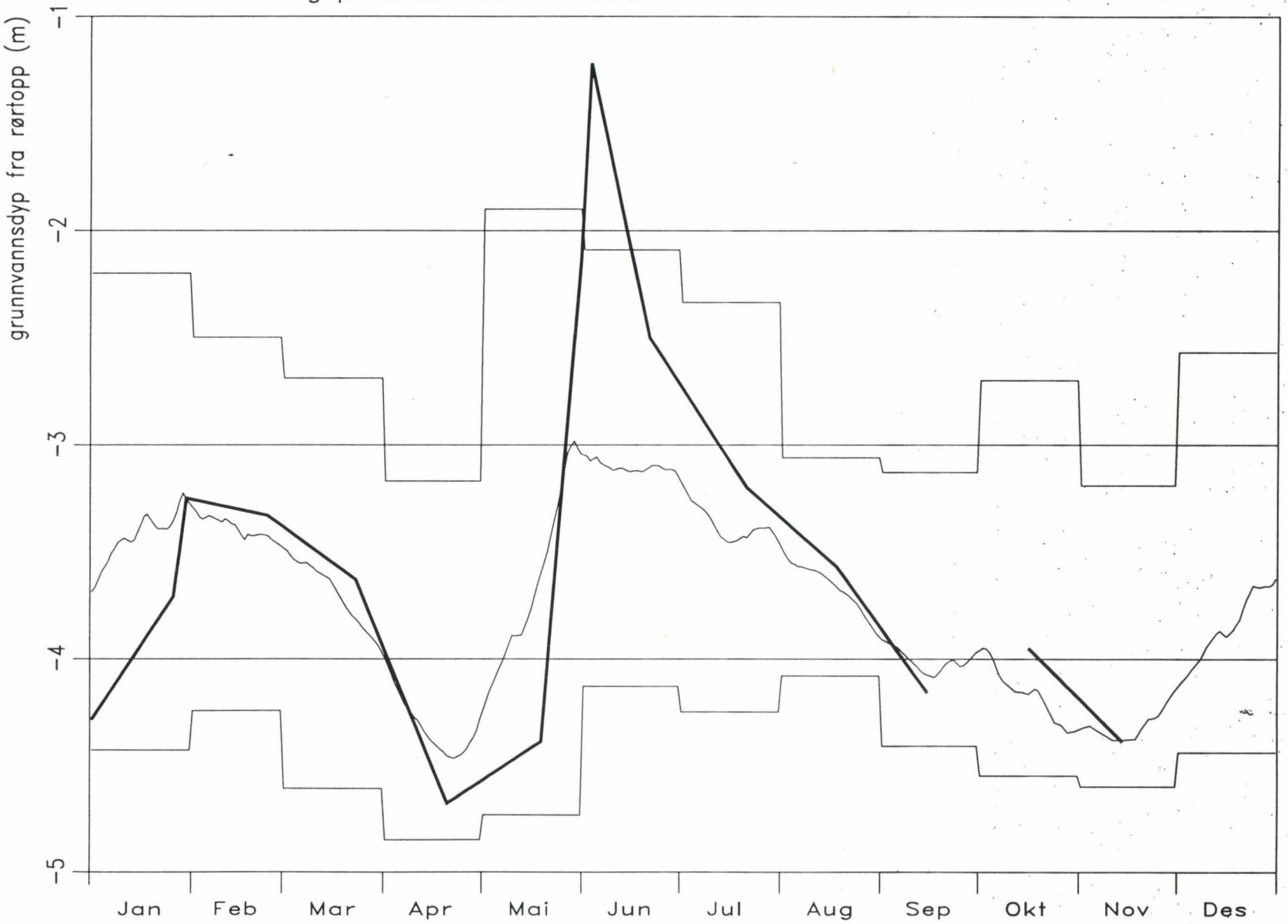
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 845. 2.2000. 1 RØR 11 BOLONGEN

Døgnverdier for året: 1995

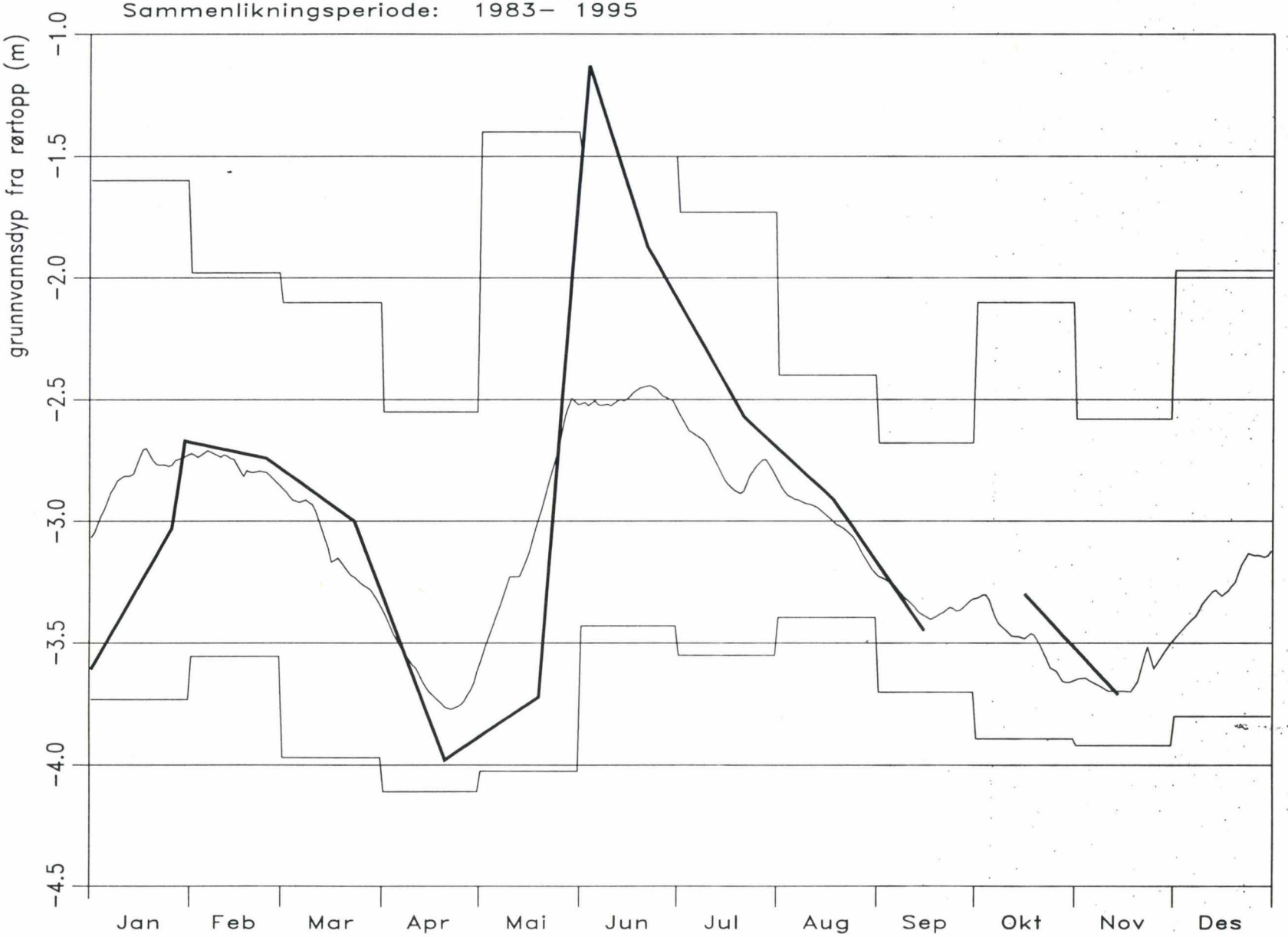
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 845. 3.2000. 1 RØR 12 BOLONGEN

Døgnverdier for året: 1995

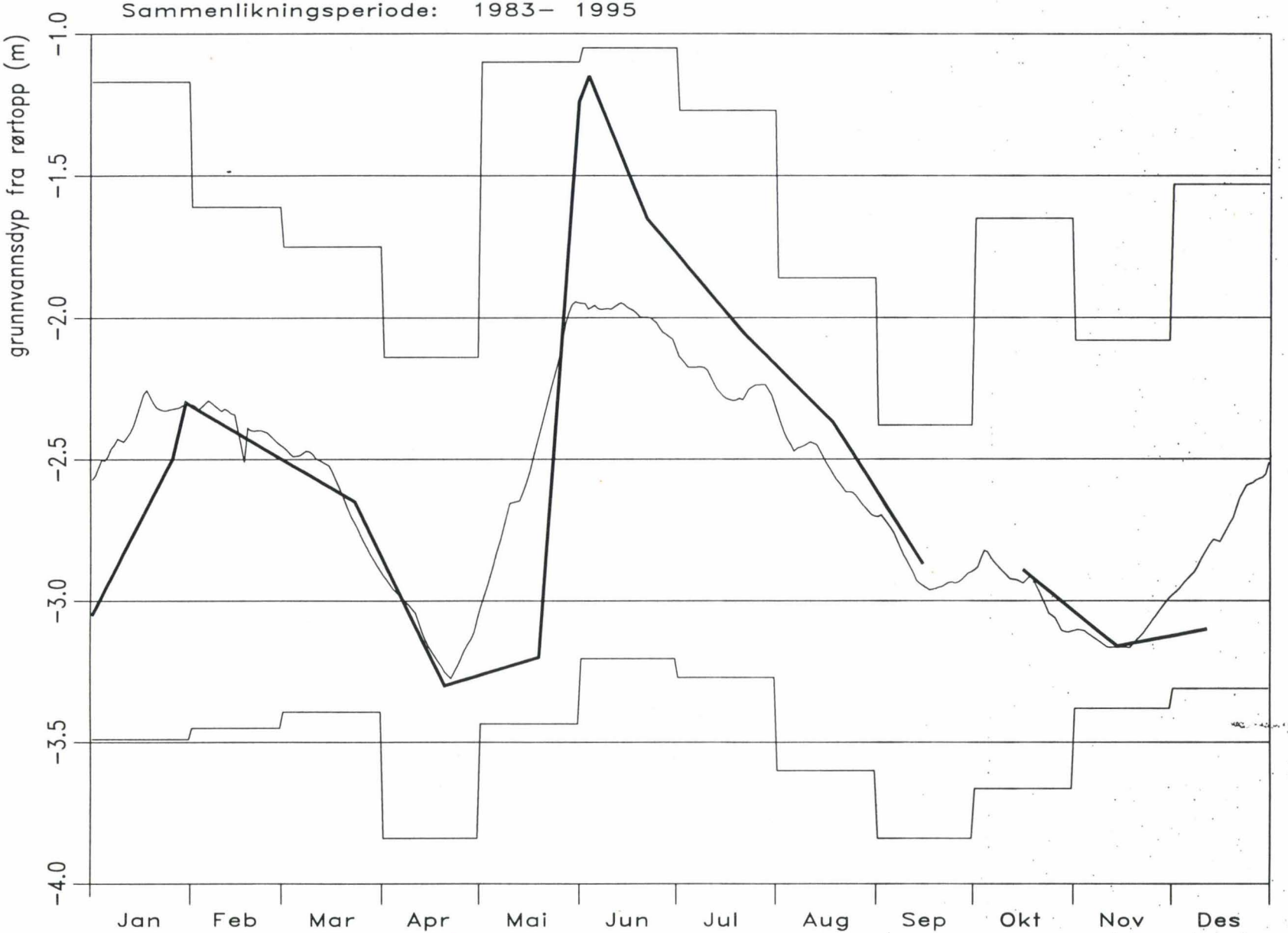
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 845. 4.2000. 1 RØR 13 BOLONGEN

Døgnverdier for året: 1995

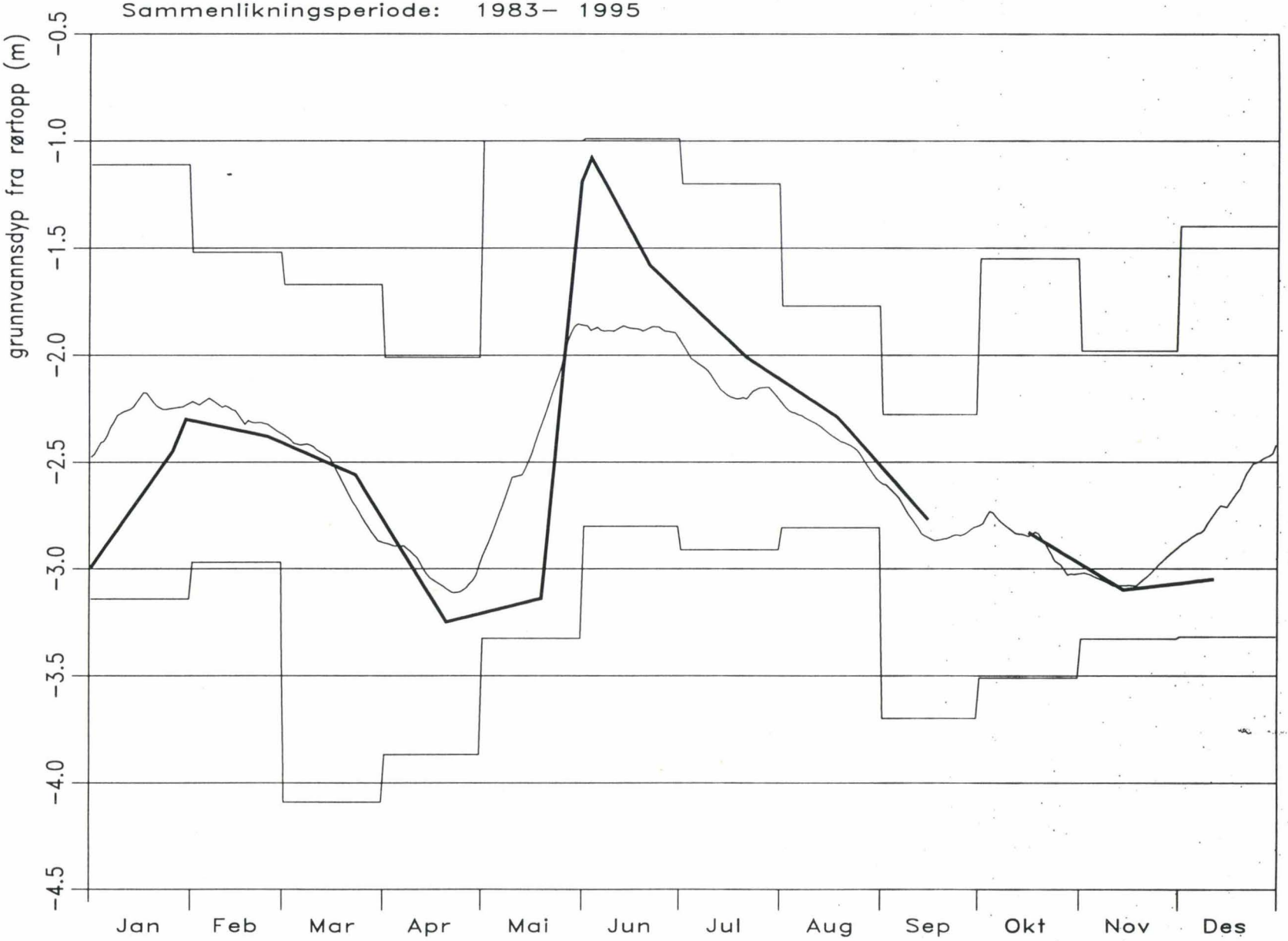
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 845. 5.2000. 1 RØR 14 BOLONGEN

Døgnverdier for året: 1995

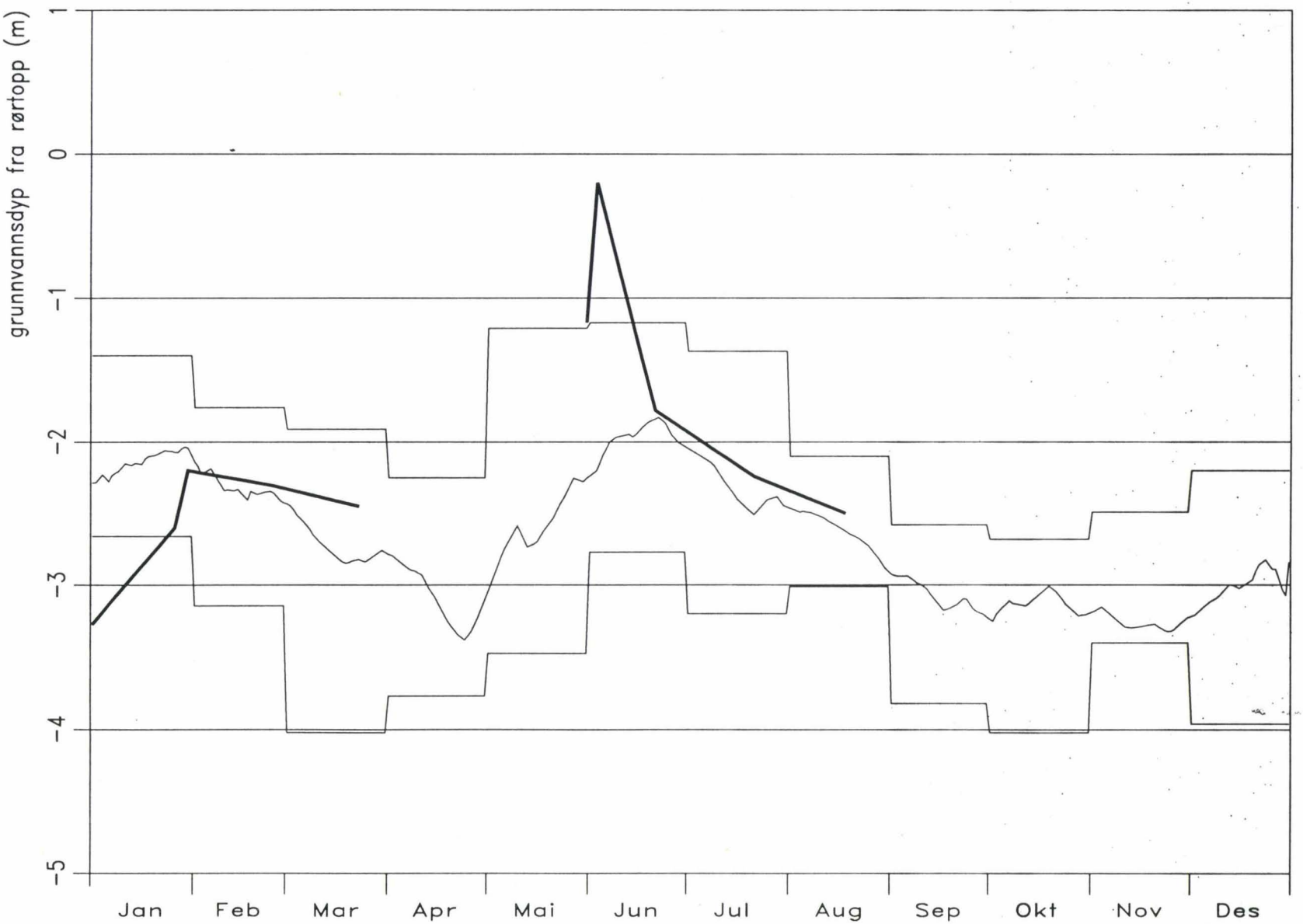
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 781. 1.2000. 1 RØR 9 BERGUM

Døgnverdier for året: 1995

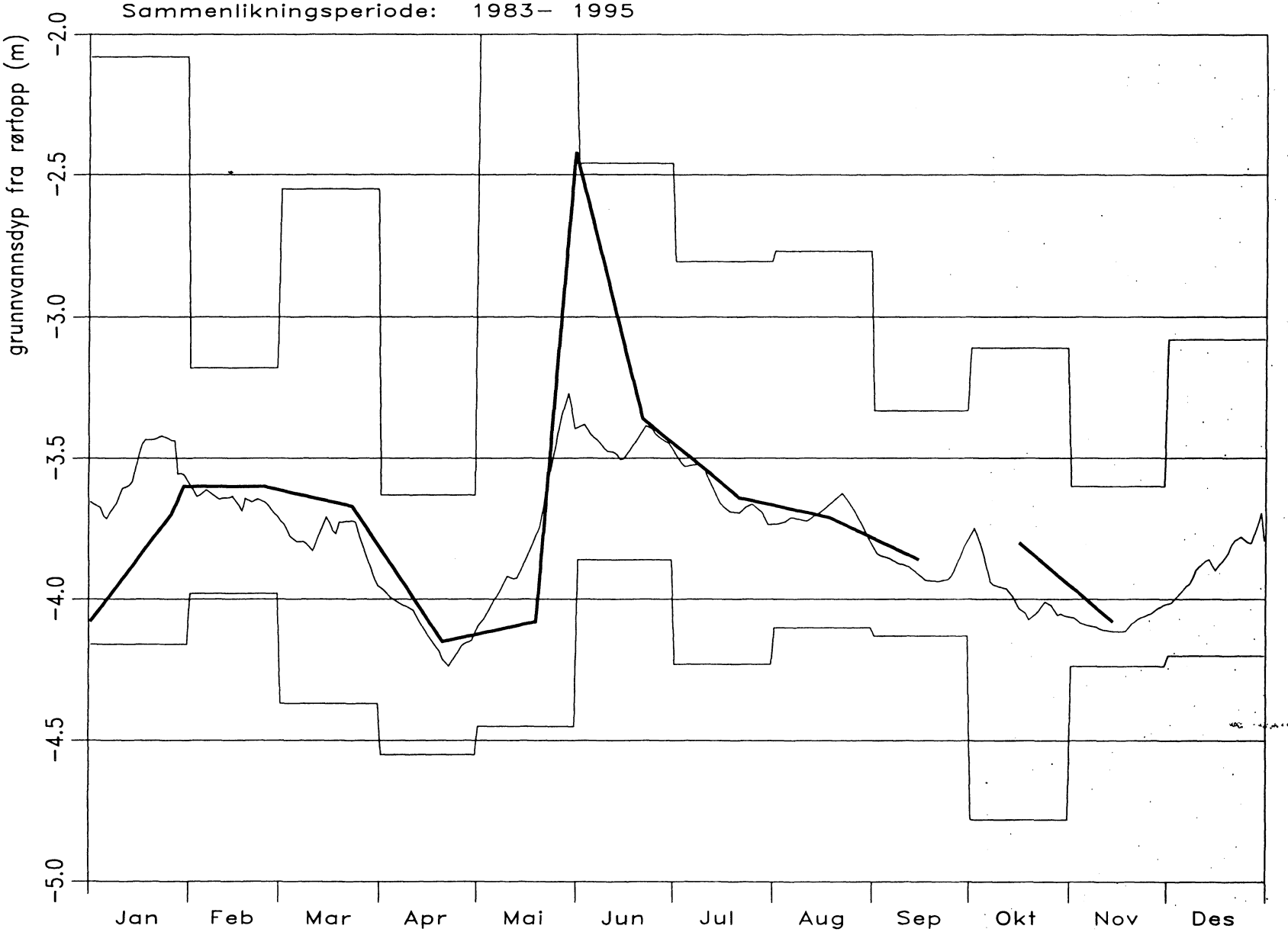
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 781. 2.2000. 1 RØR 10 BERGUM

Døgnverdier for året: 1995

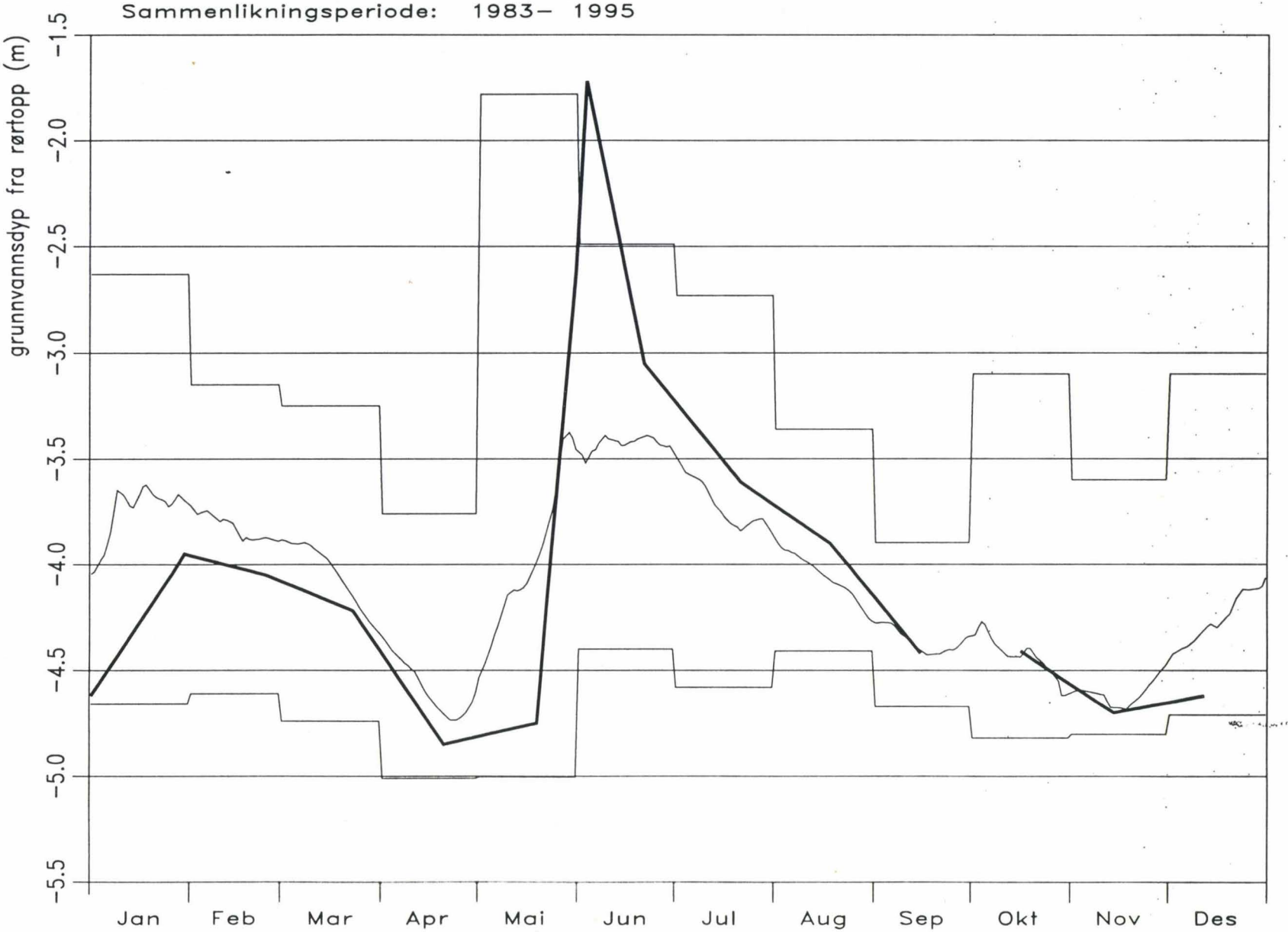
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 780. 3.2000. 1 RØR 7 EINANGEN

Døgnverdier for året: 1995

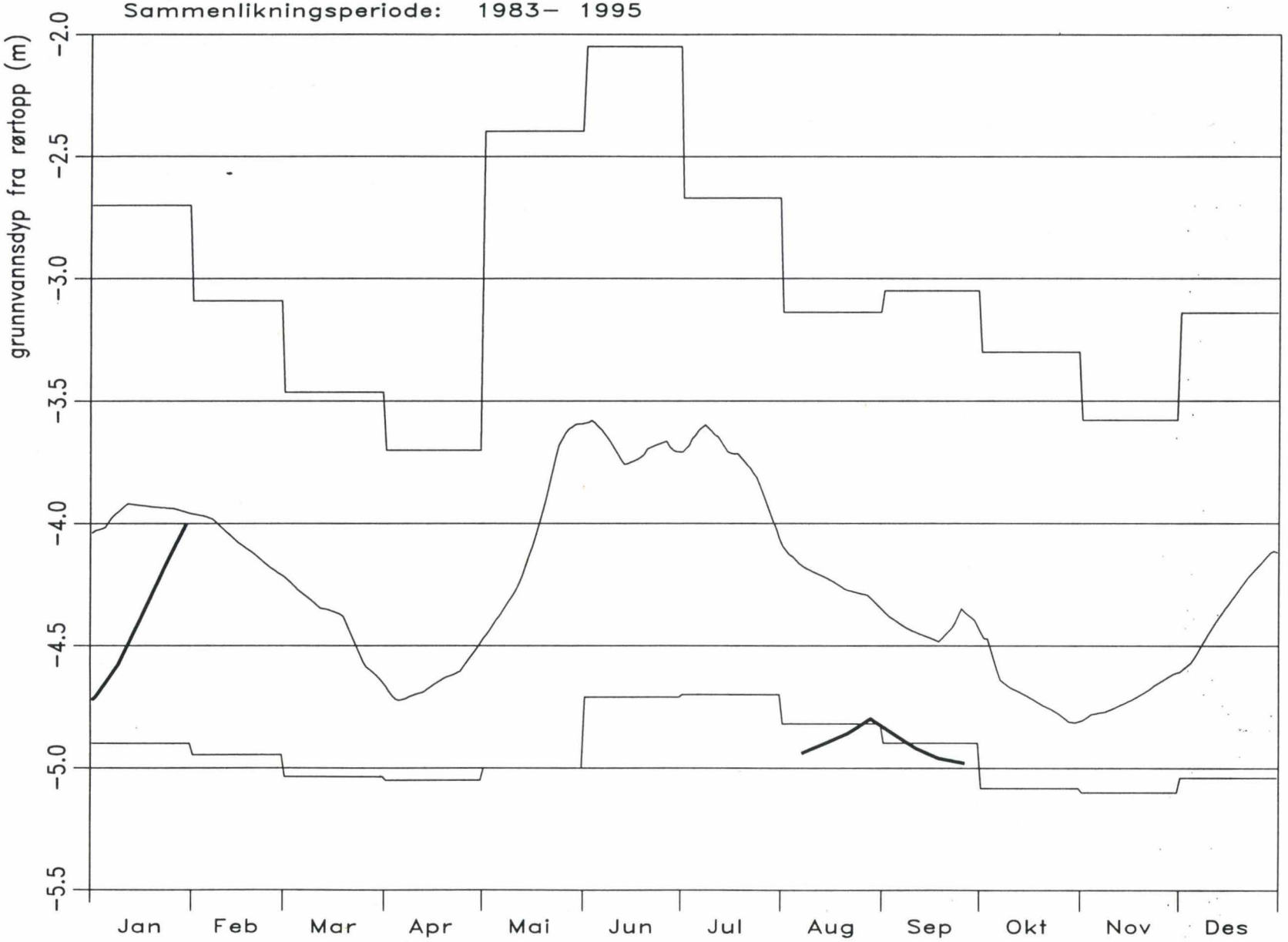
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 780. 4.2000. 1 GBR EINANGEN

Døgnverdier for året: 1995

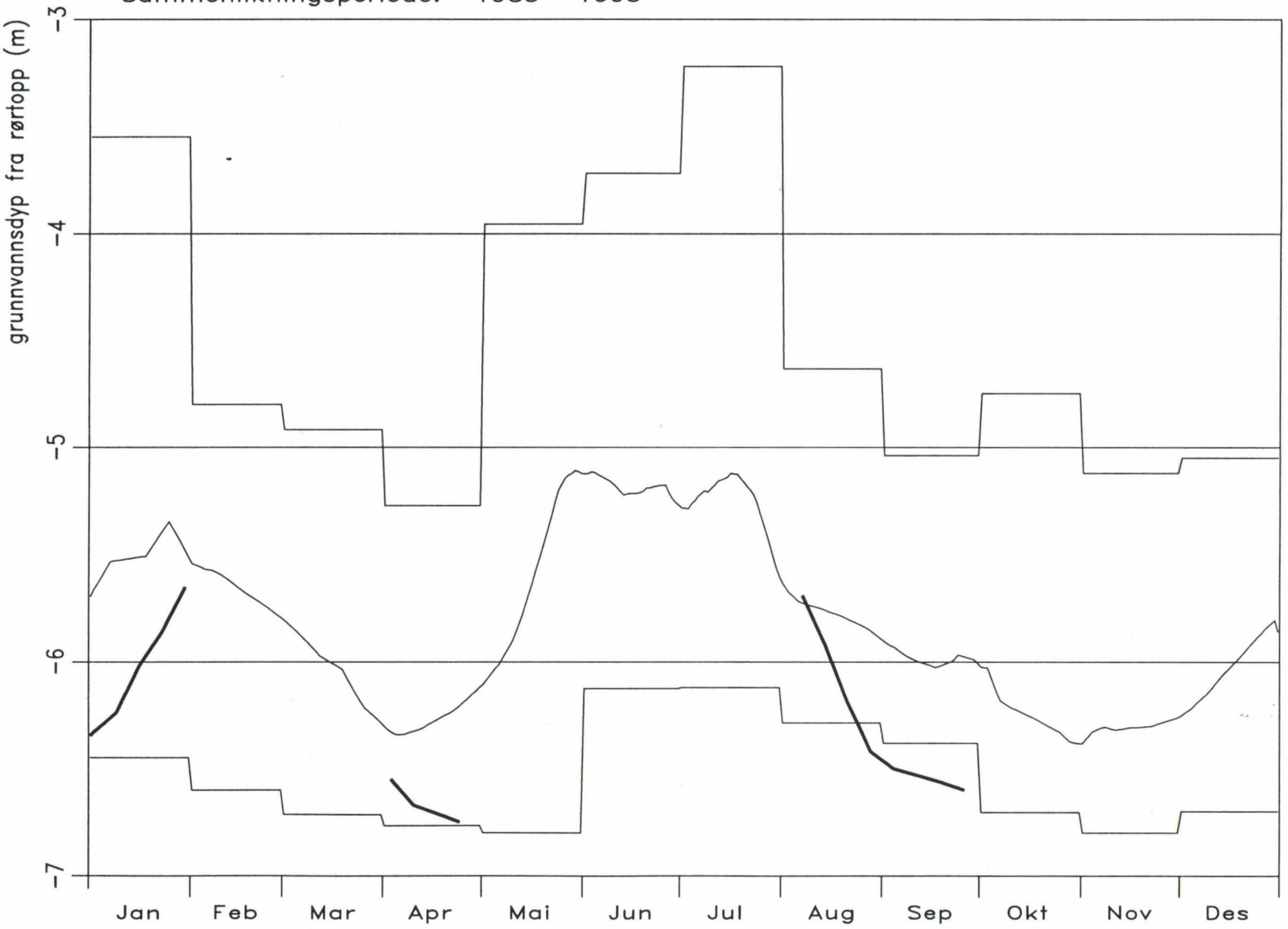
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 800. 3.2000. 1 GBR TANGEN

Døgnverdier for året: 1995

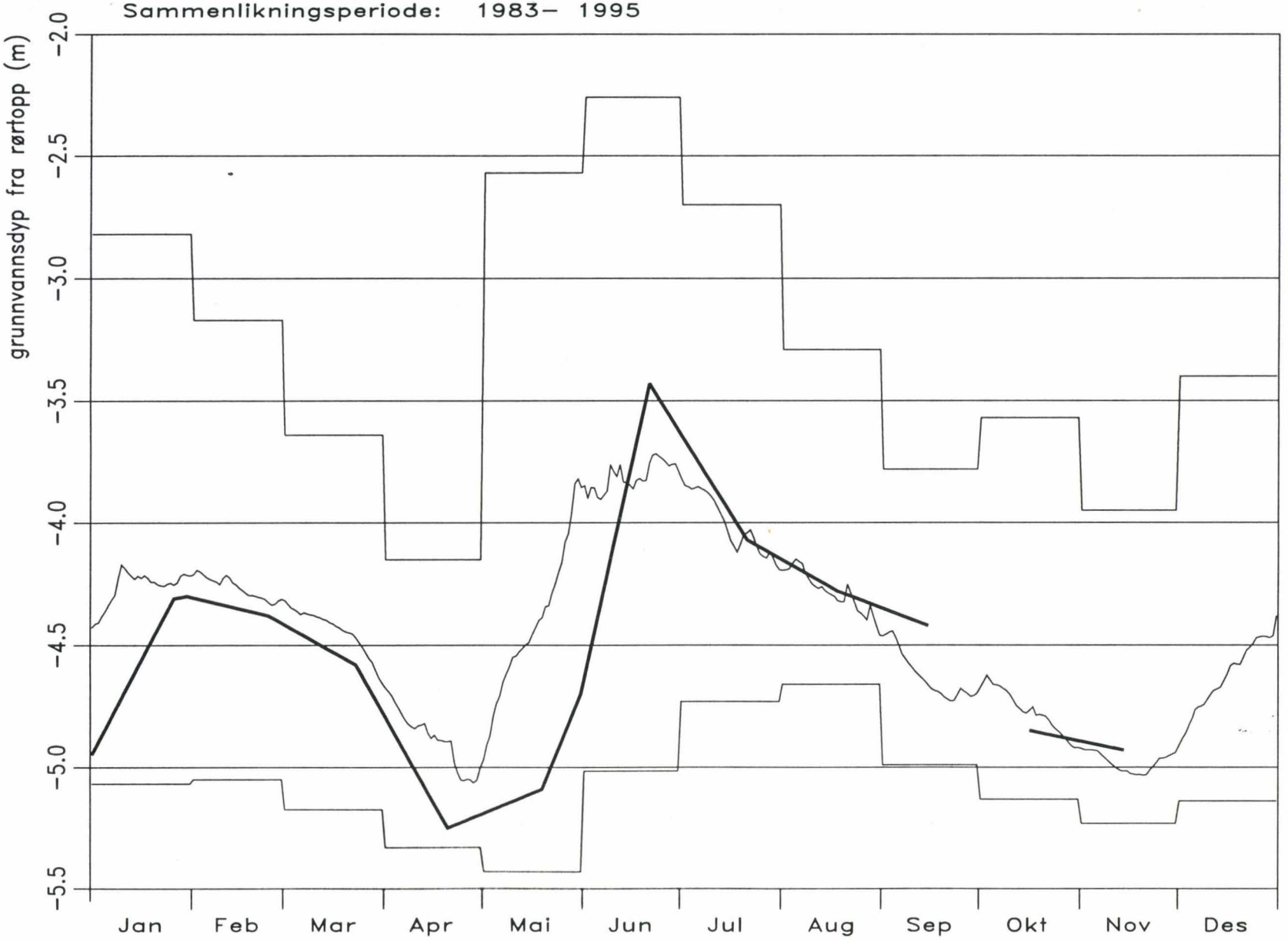
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 800. 2.2000. 1 RØR 2 YSTERIET

Døgnverdier for året: 1995

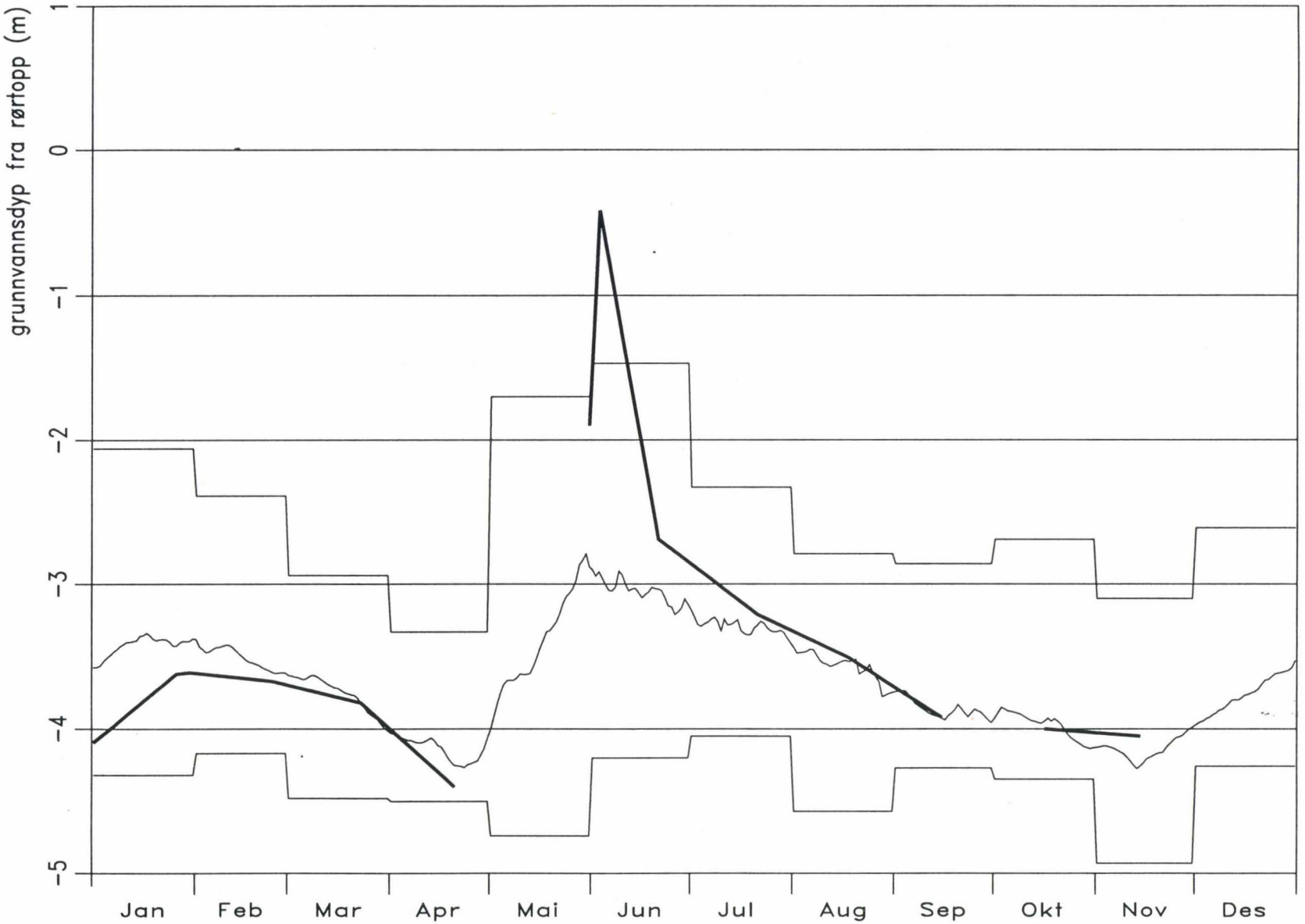
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 800. 1.2000. 1 RØR 1A ÅBOEN

Døgnverdier for året: 1995

Sammenlikningsperiode: 1984– 1995



Stasjon: 2. 846. 0.1000. 1 VM 1 CAMPINGPL.

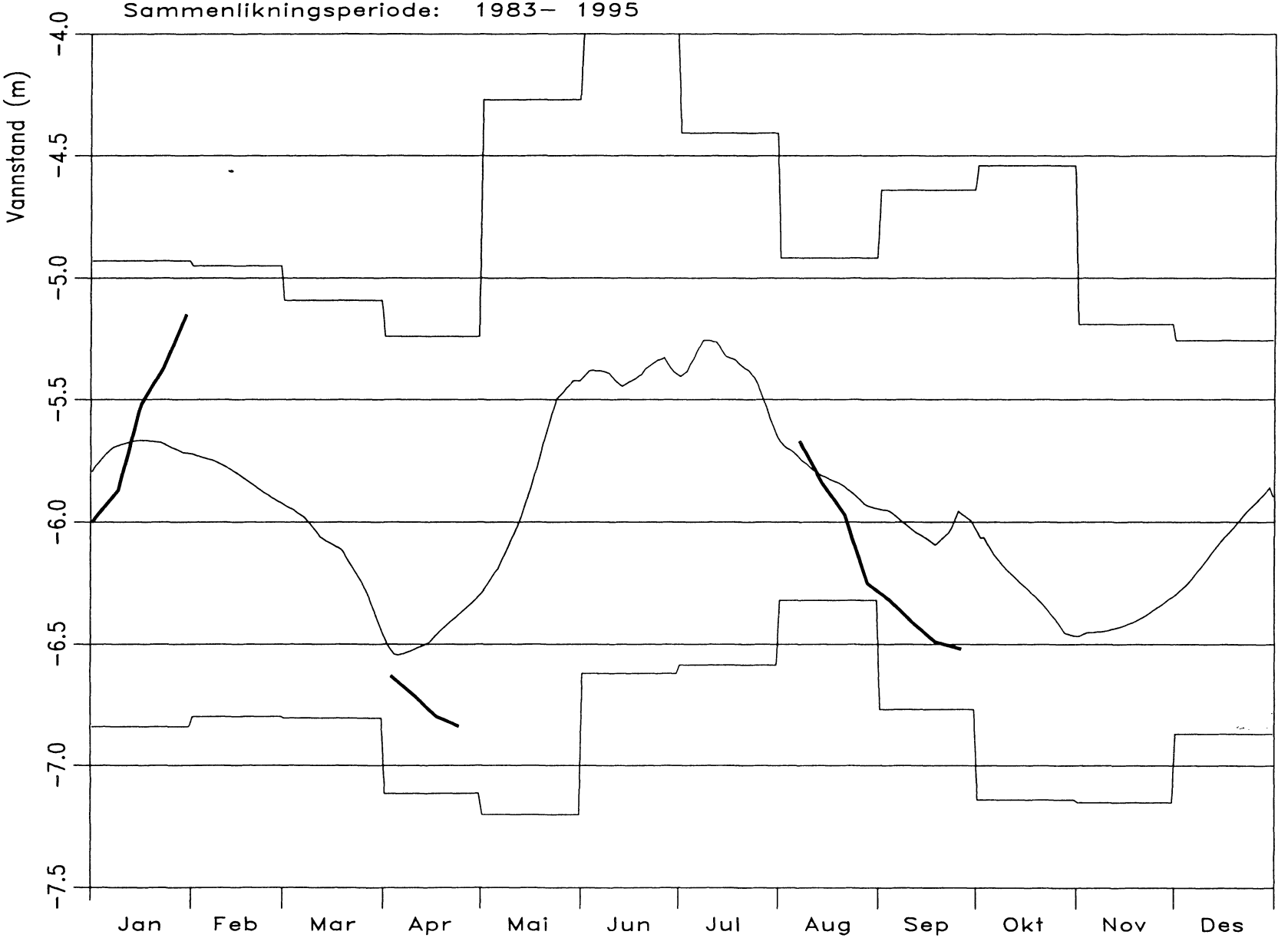
Døgnverdier for året: 1995

Sammenlikningsperiode: 1983– 1995

Stasjon: 2. 780. 0.1000. 1 VM OTTA BRU

Døgnverdier for året: 1995

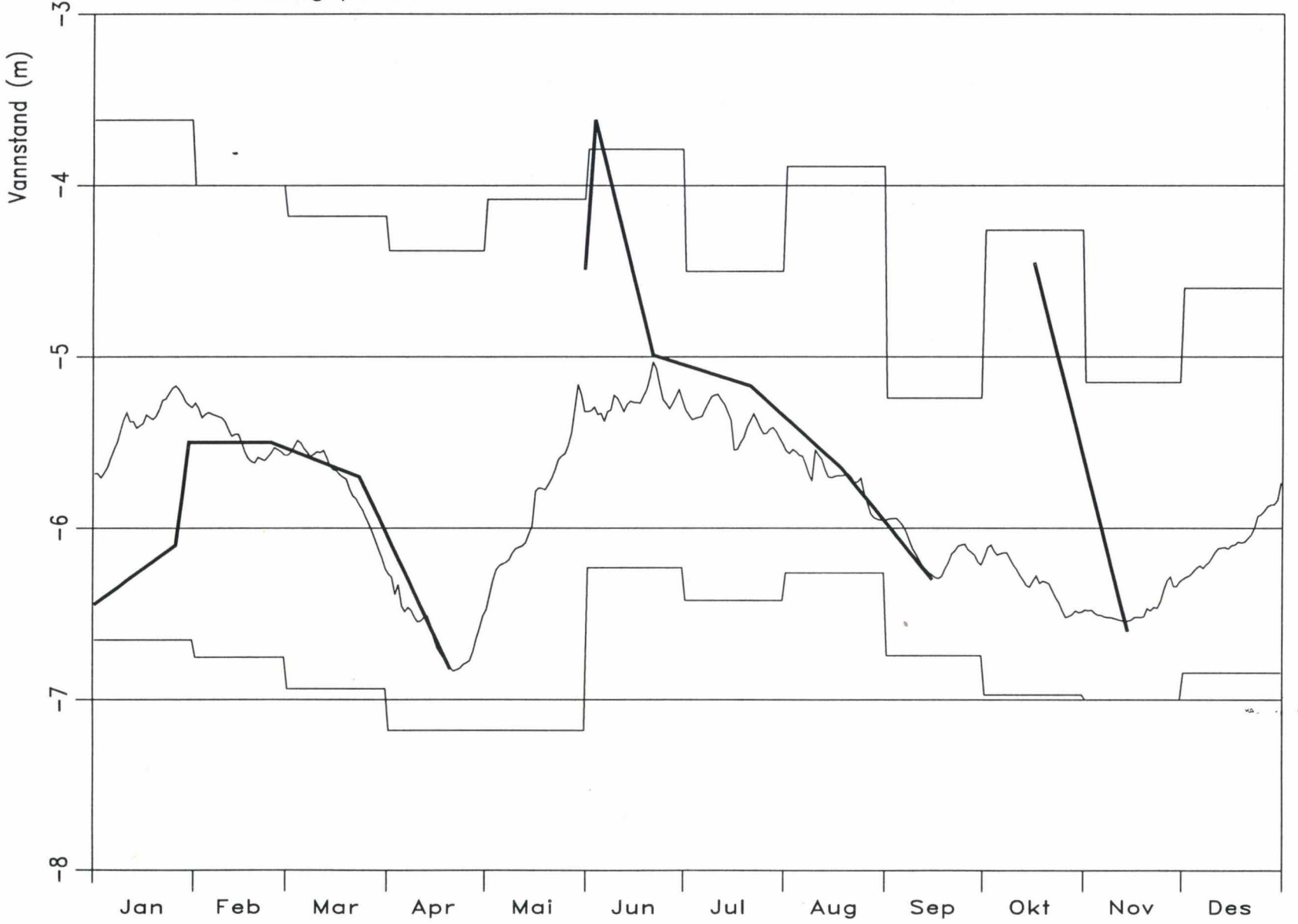
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 780. 0.1000. 2 VM OTTA BRU

Døgnverdier for året: 1995

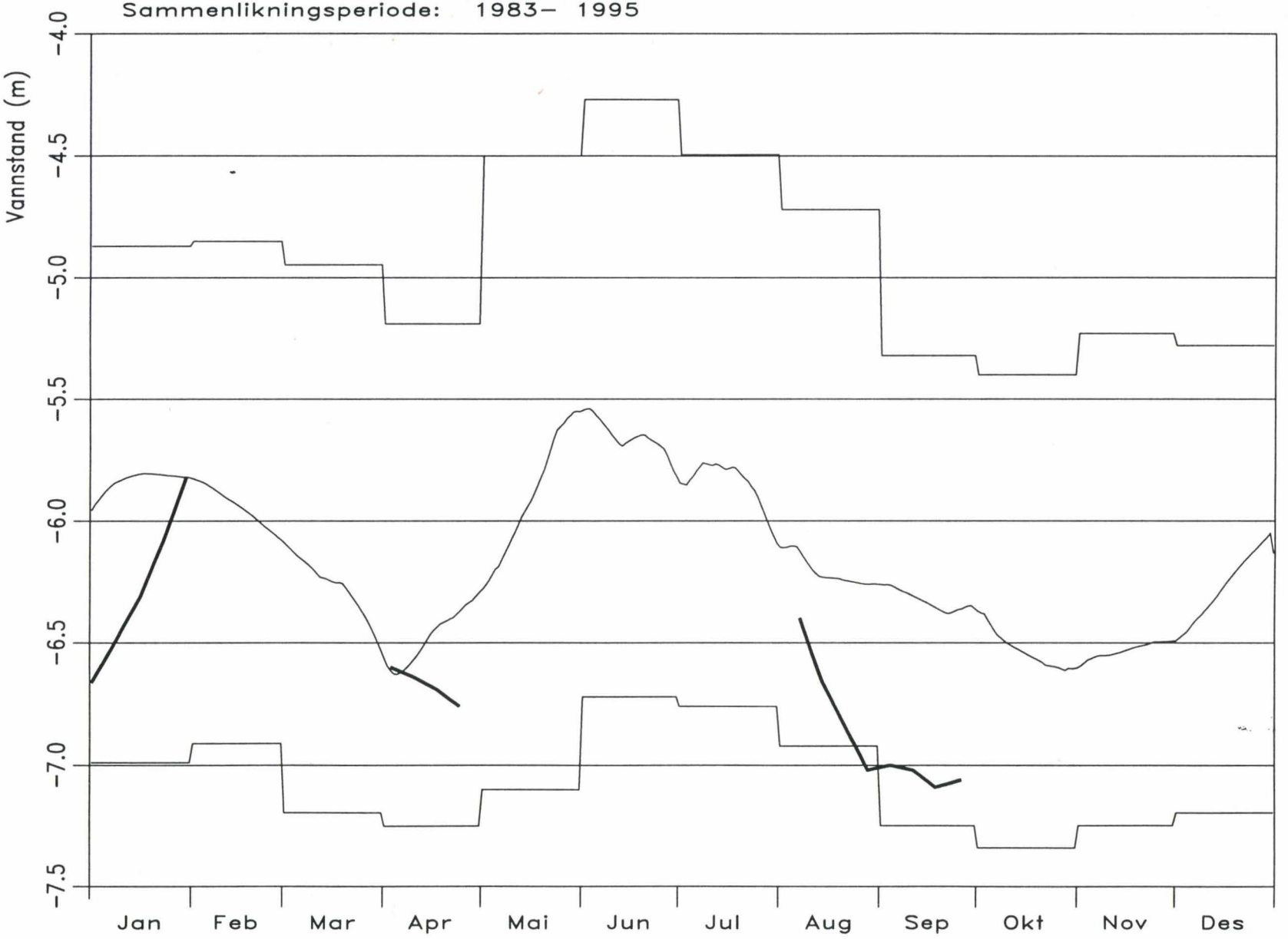
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 800. 0.1000. 1 VM LÅGEN BRU

Døgnverdier for året: 1995

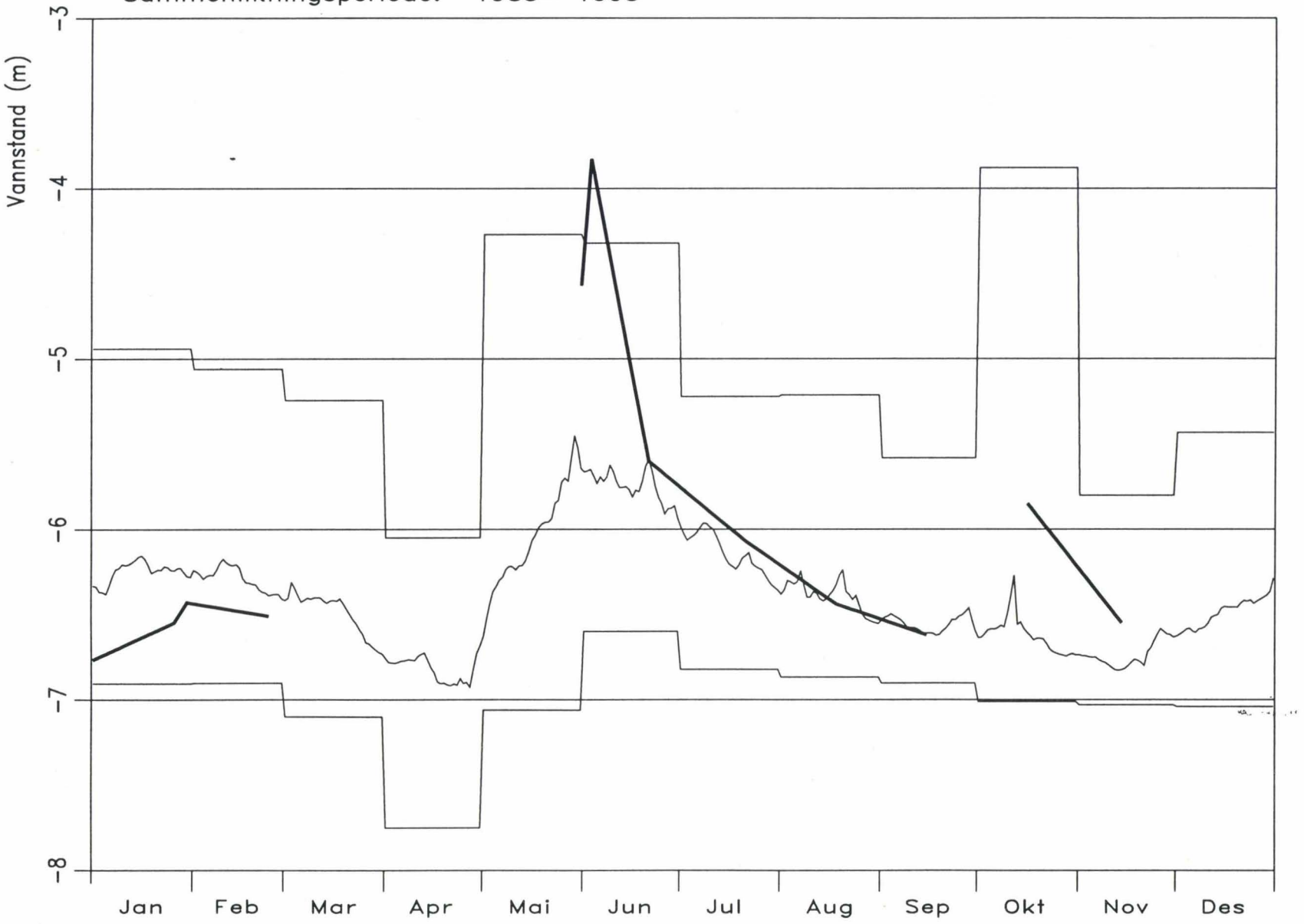
Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



Stasjon: 2. 800. 0.1000. 2 VM LÅGEN BRU

Døgnverdier for året: 1995

Sammenlikningsperiode: 1983– 1995



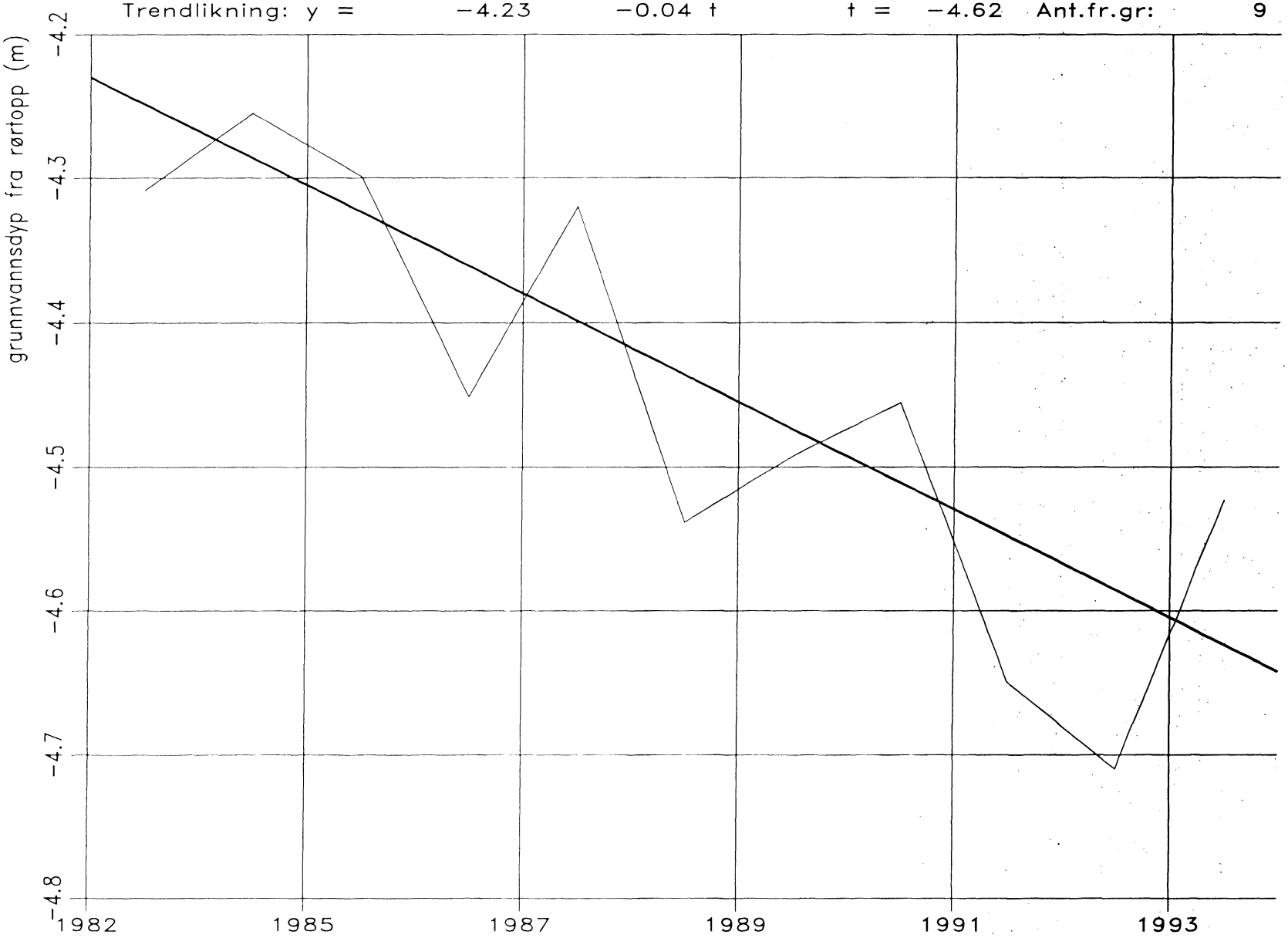
Vedlegg 2

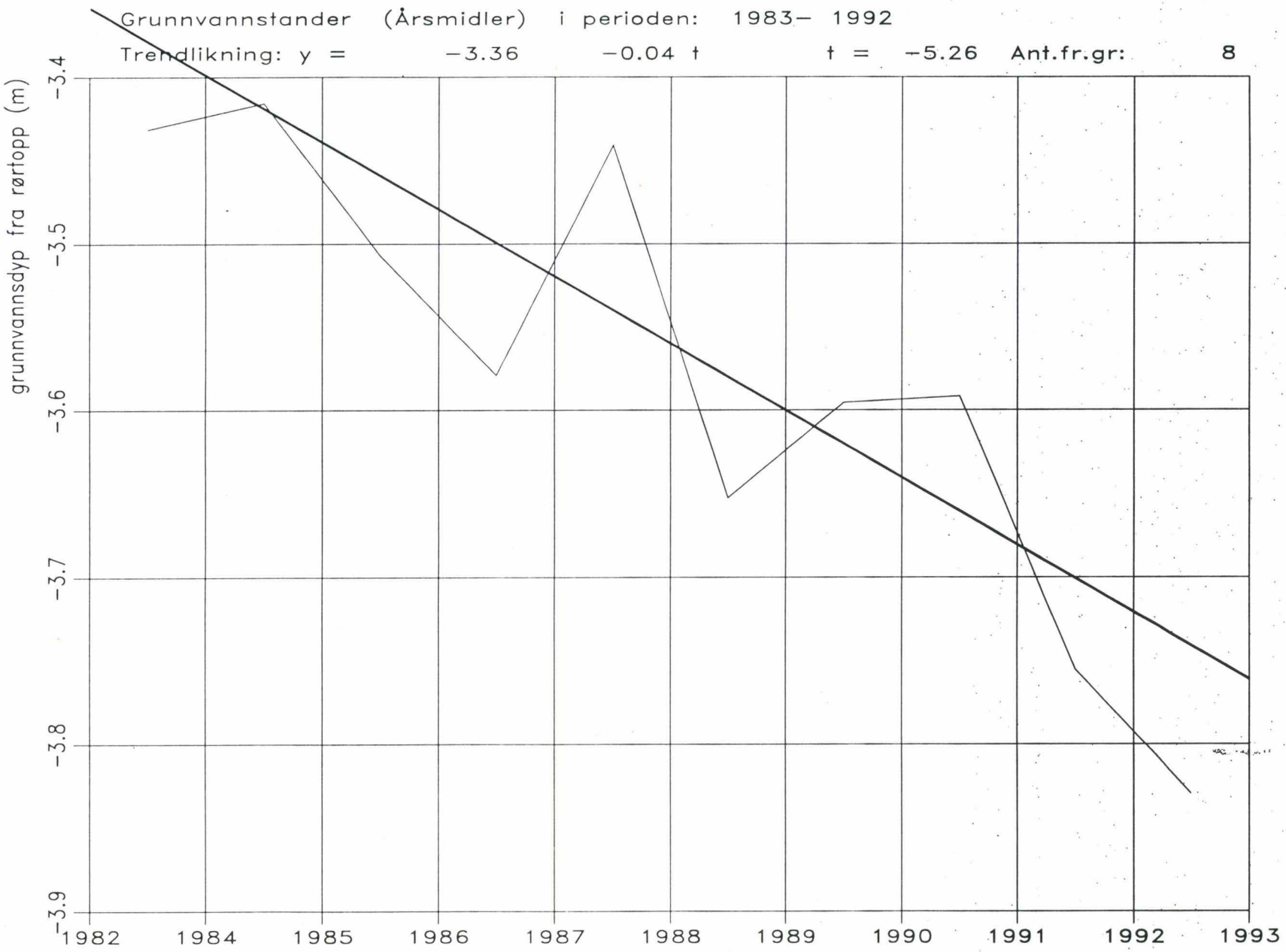
Trendanalyser.
Gjennomsnittlige årlige grunnvannstander og elvestander
for perioden 1983-95.

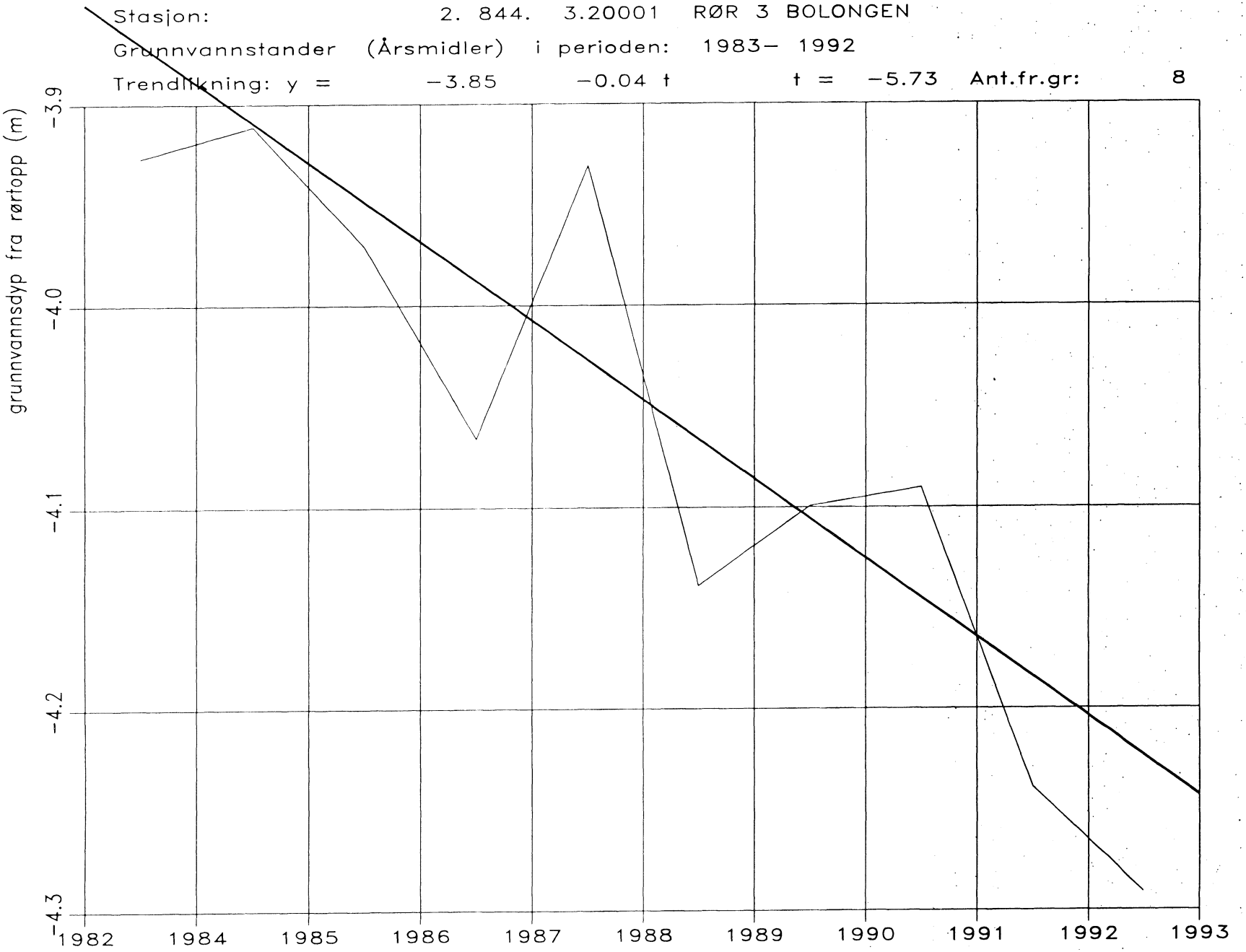
Stasjon: 2. 844. 1.20001 RØR 1 BOLONGEN LIMN.

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1983– 1993

Trendlikning: y = −4.23 −0.04 t t = −4.62 Ant.fr.gr: 9



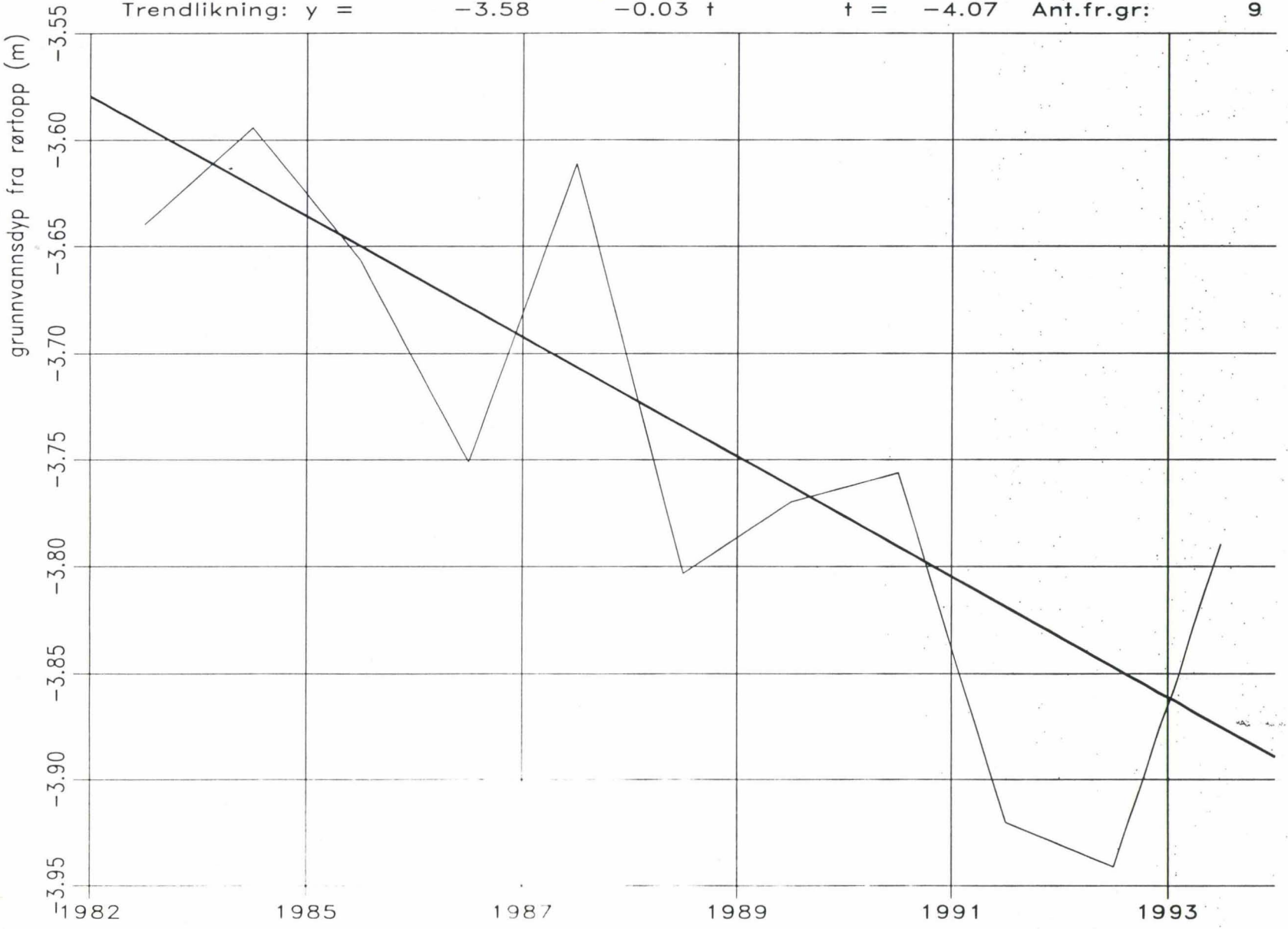

Stasjon: 2. 844. 2.20001 RØR 2 BOLONGEN
Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1983– 1992
Trendlikning: y = −3.36 −0.04 t t = −5.26 Ant.fr.gr: 8
grunnvannsdyp fra rørtopp (m)
-3.4
-3.5
-3.6
-3.7
-3.8
-3.9
1982
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993


Stasjon: 2. 844. 3.20001 RØR 3 BOLONGEN
Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1983– 1992
Trendlikning: y = −3.85 −0.04 t t = −5.73 Ant.fr.gr: 8
grunnvannsdyp fra rørtopp (m)
-3.9
-4.0
-4.1
-4.2
-4.3
1982
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993

Stasjon: 2. 844. 4.20001 RØR 4 BOLONGEN LIMN.

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1983– 1993

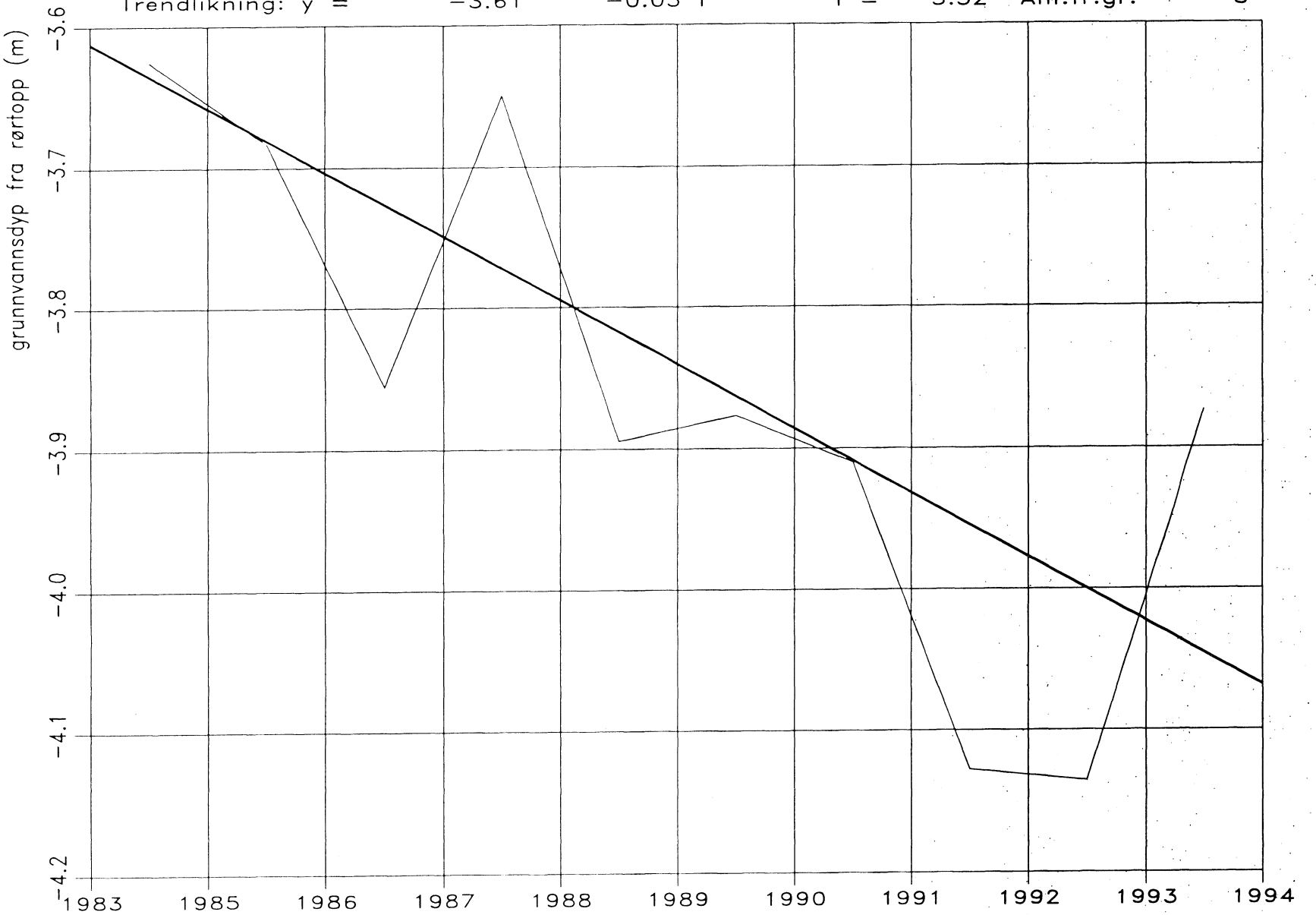
Trendlikning: y = −3.58 −0.03 t t = −4.07 Ant.fr.gr: 9

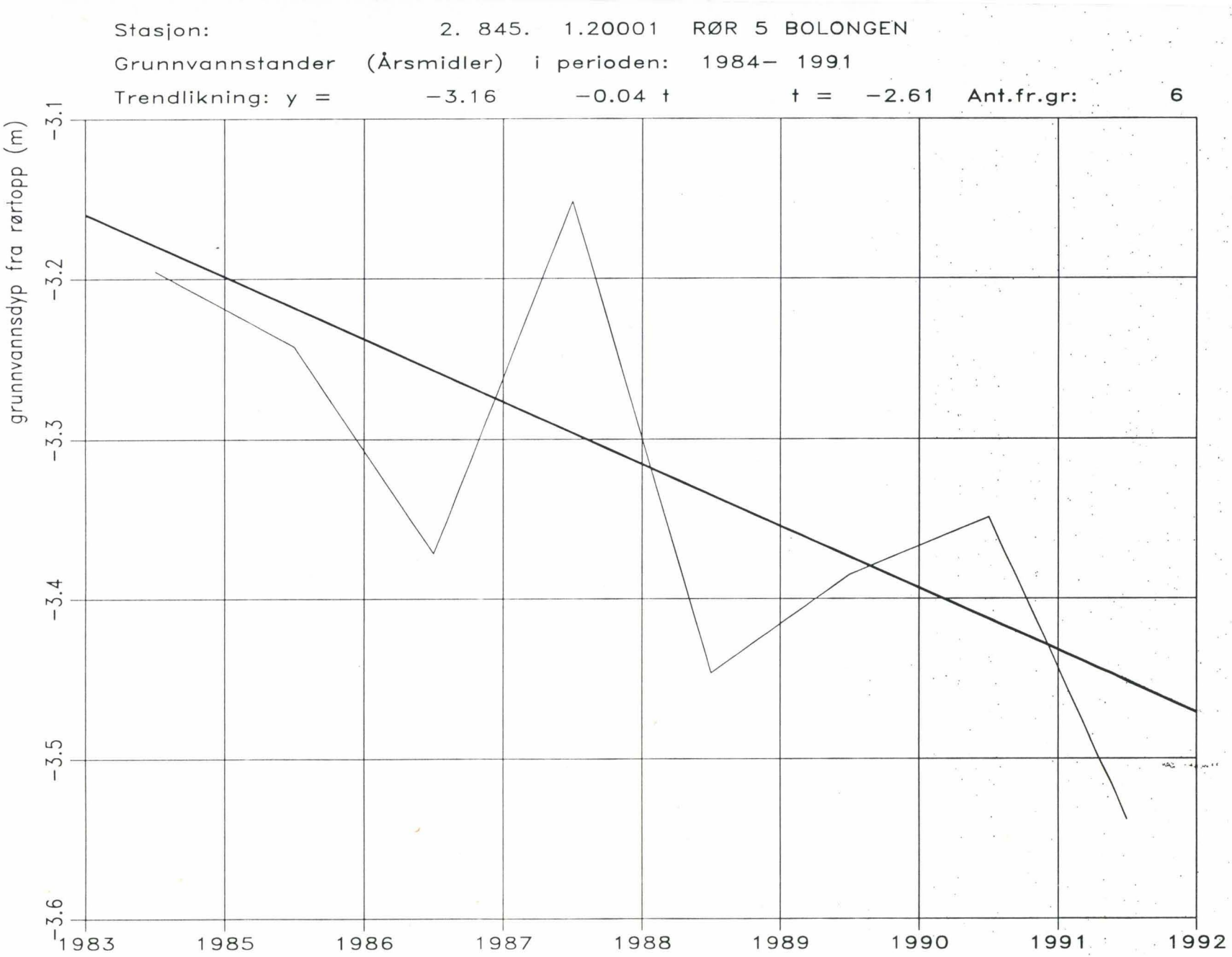


Stasjon: 2. 844. 5.20001 RØR 8 BOLONGEN

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1984– 1993

Trendlikning: y = −3.61 −0.05 t t = −3.52 Ant.fr.gr: 8

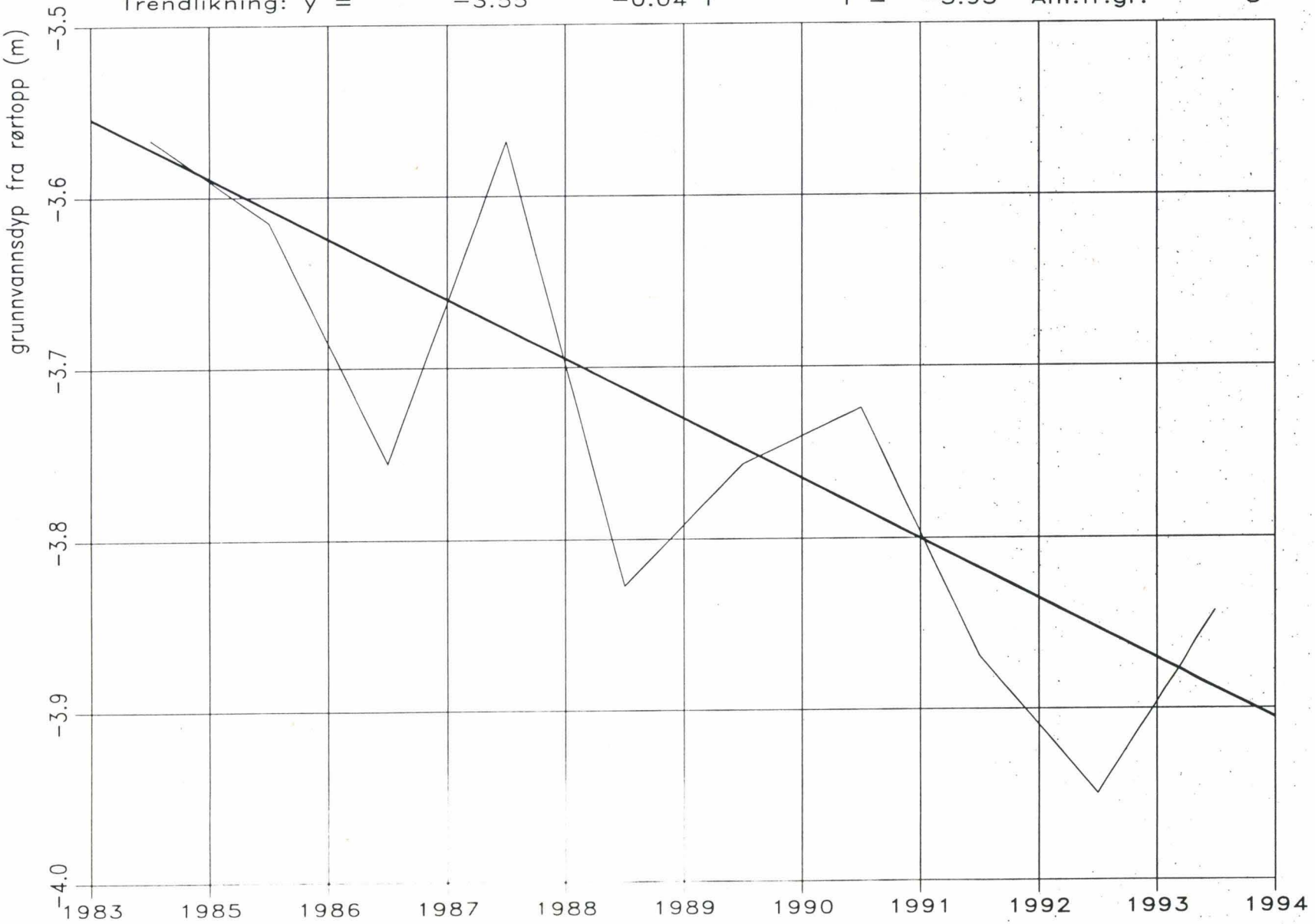



Stasjon: 2. 845. 1.20001 RØR 5 BOLONGEN
Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1984– 1991
Trendlikning: y = −3.16 −0.04 t t = −2.61 Ant.fr.gr: 6
grunnvannsdyp fra rørtopp (m)
−3.1
−3.2
−3.3
−3.4
−3.5
−3.6
1983
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992

Stasjon: 2. 845. 2.20001 RØR 11 BOLONGEN

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1984– 1993

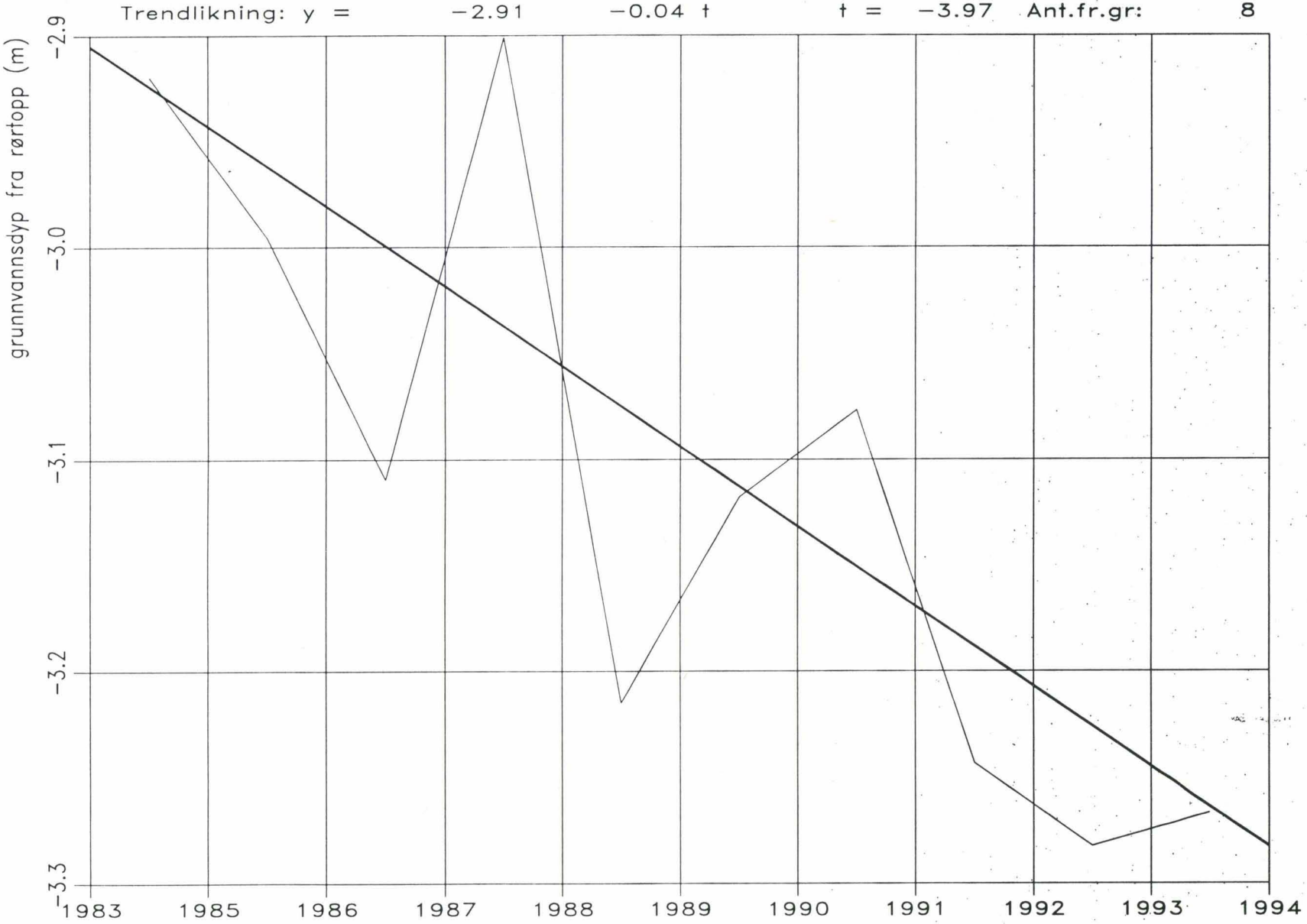
Trendlikning: y = −3.55 −0.04 t t = −3.93 Ant.fr.gr: 8



Stasjon: 2. 845. 3.20001 RØR 12 BOLONGEN

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1984– 1993

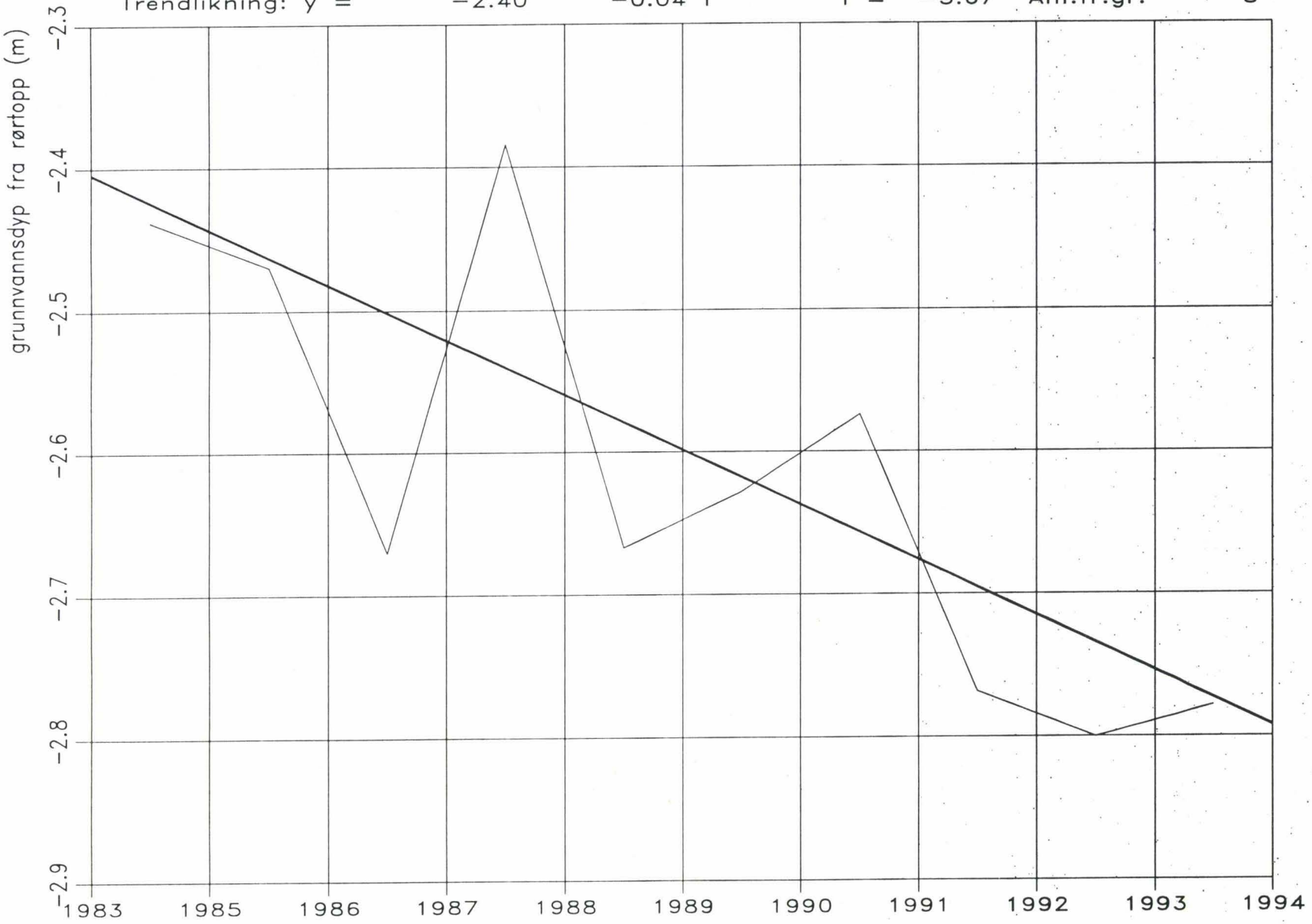
Trendlikning: y = −2.91 −0.04 t t = −3.97 Ant.fr.gr: 8



Stasjon: 2. 845. 4.20001 RØR 13 BOLONGEN

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1984– 1993

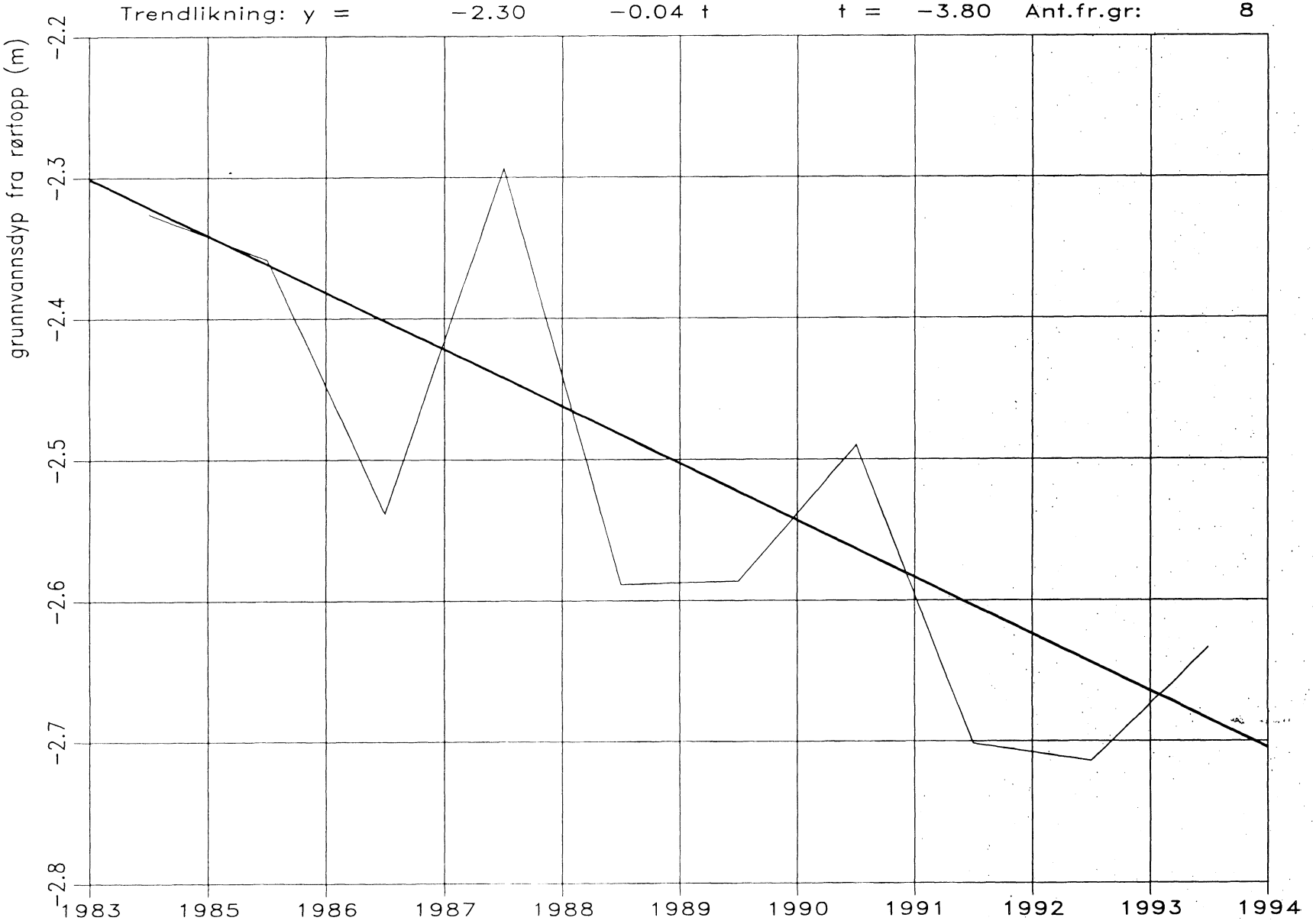
Trendlikning: y = −2.40 −0.04 t t = −3.67 Ant.fr.gr: 8



Stasjon: 2. 845. 5.20001 RØR 14 BOLONGEN

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1984– 1993

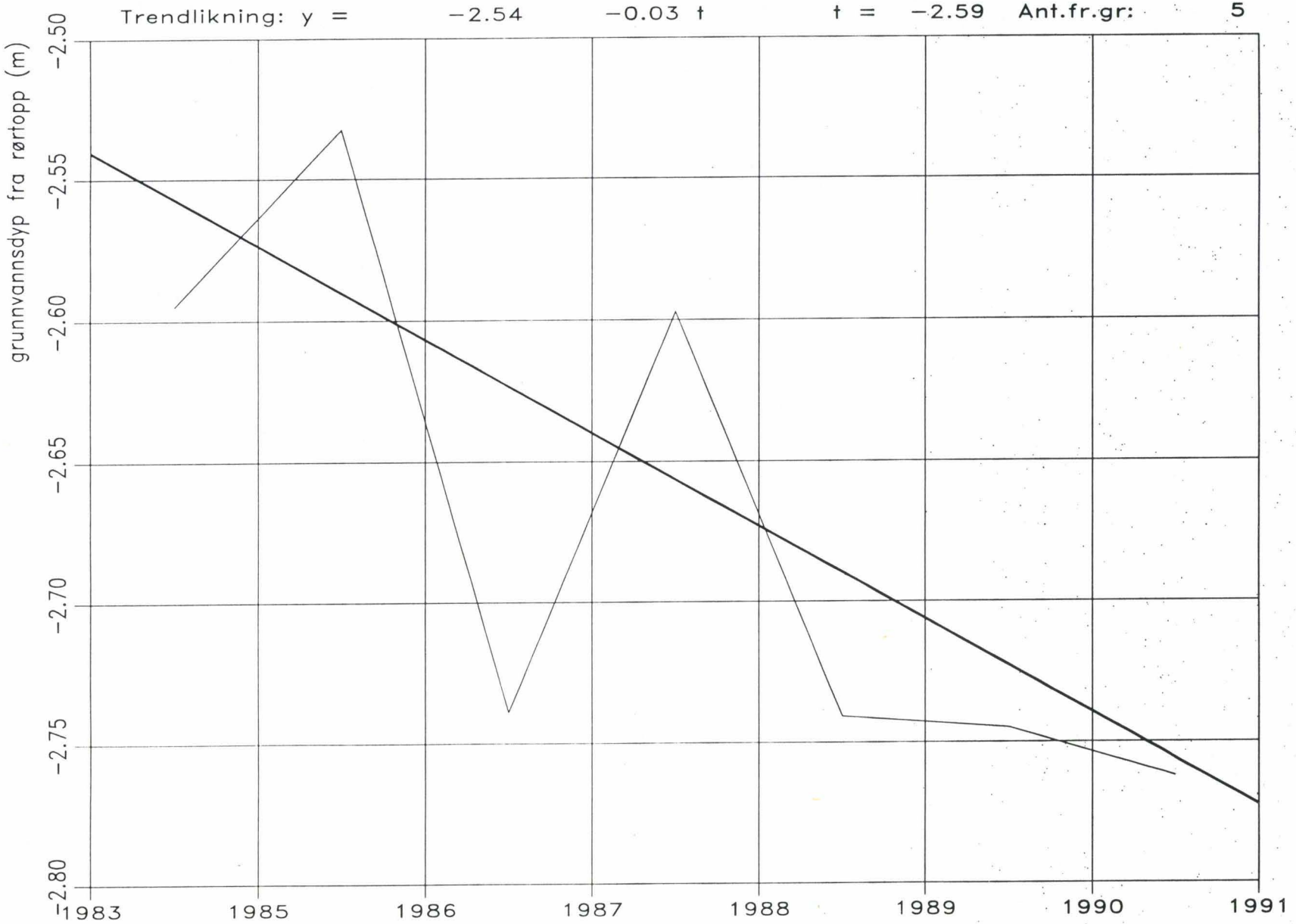
Trendlikning: y = −2.30 −0.04 t t = −3.80 Ant.fr.gr: 8



Stasjon: 2. 781. 1.20001 RØR 9 BERGUM

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1984– 1990

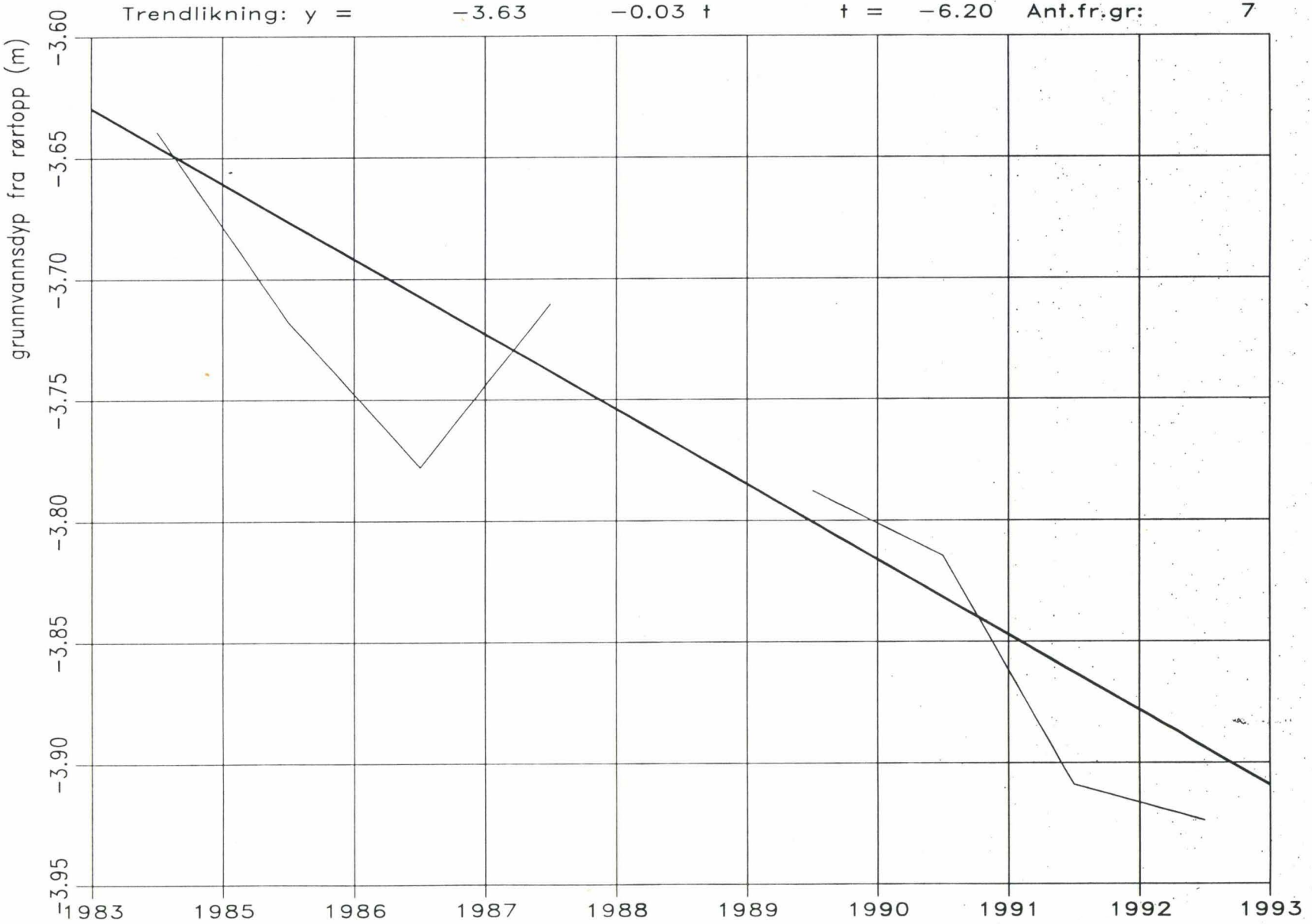
Trendlikning: y = −2.54 −0.03 t t = −2.59 Ant.fr.gr: 5



Stasjon: 2. 781. 2.20001 RØR 10 BERGUM

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1984– 1992

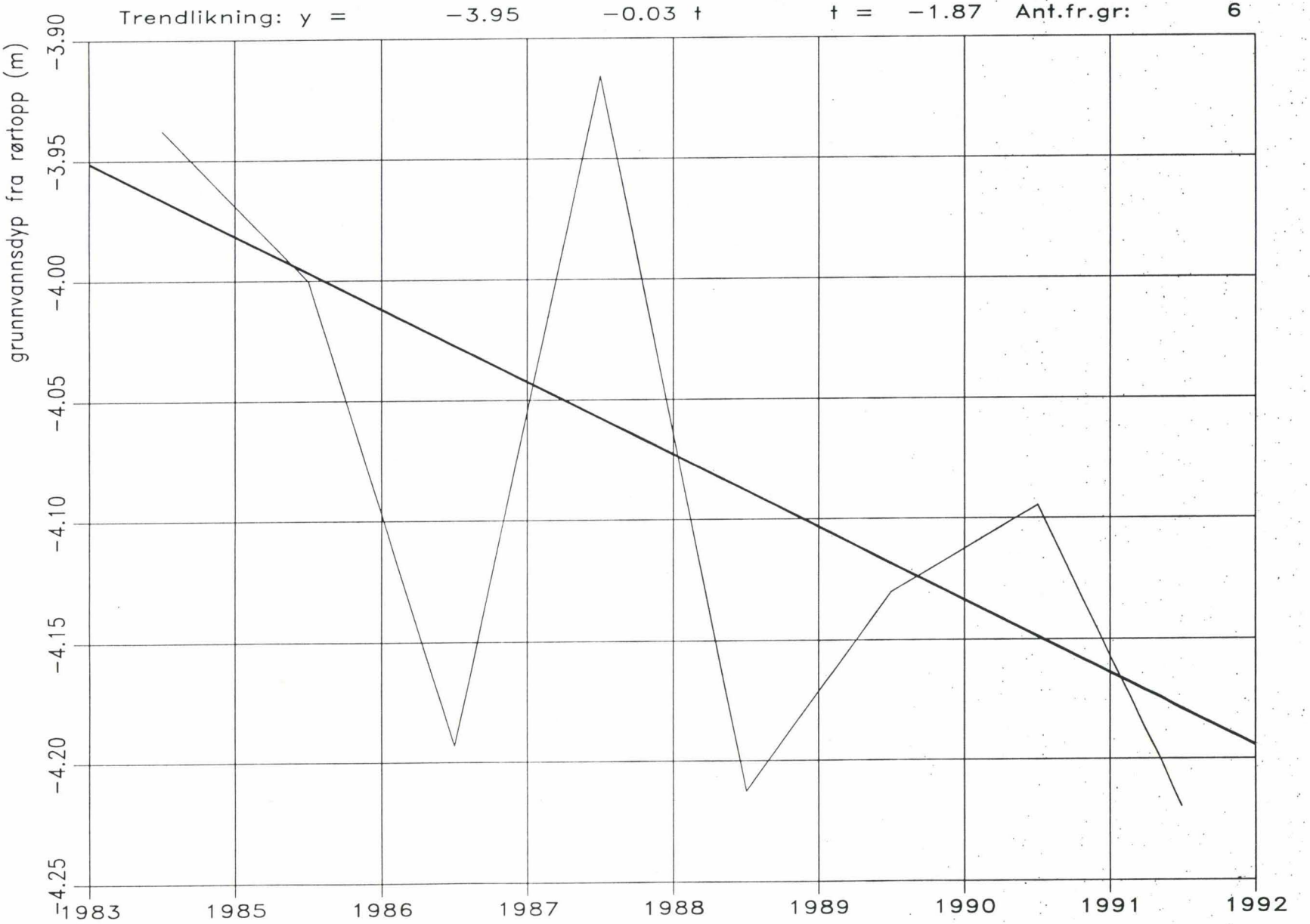
Trendlikning: y = −3.63 −0.03 t t = −6.20 Ant.fr.gr: 7



Stasjon: 2. 780. 3.20001 RØR 7 EINANGEN

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1984– 1991

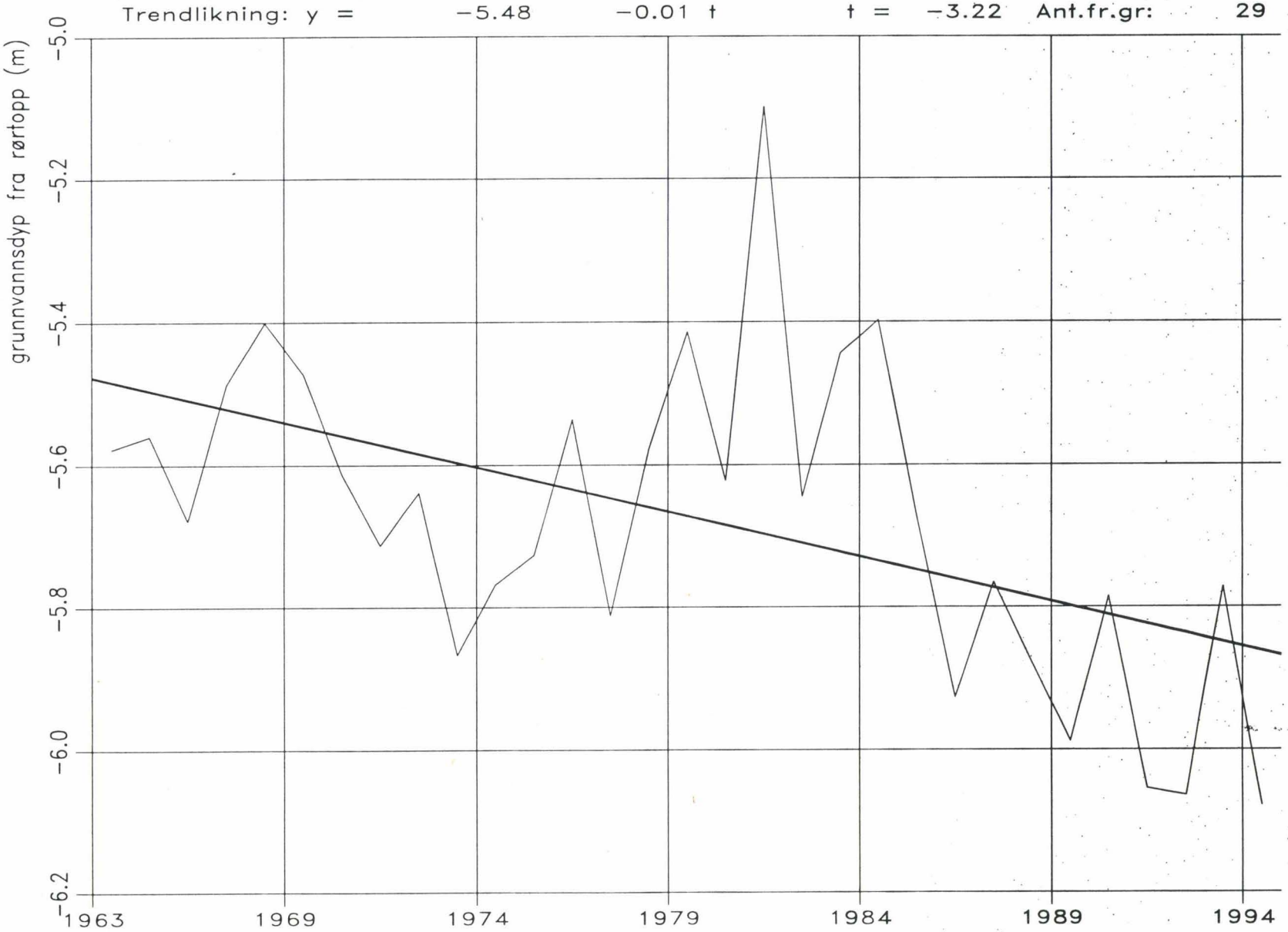
Trendlikning: y = −3.95 −0.03 t t = −1.87 Ant.fr.gr: 6



Stasjon: 2. 800. 3.20001 GBR TANGEN

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1964– 1994

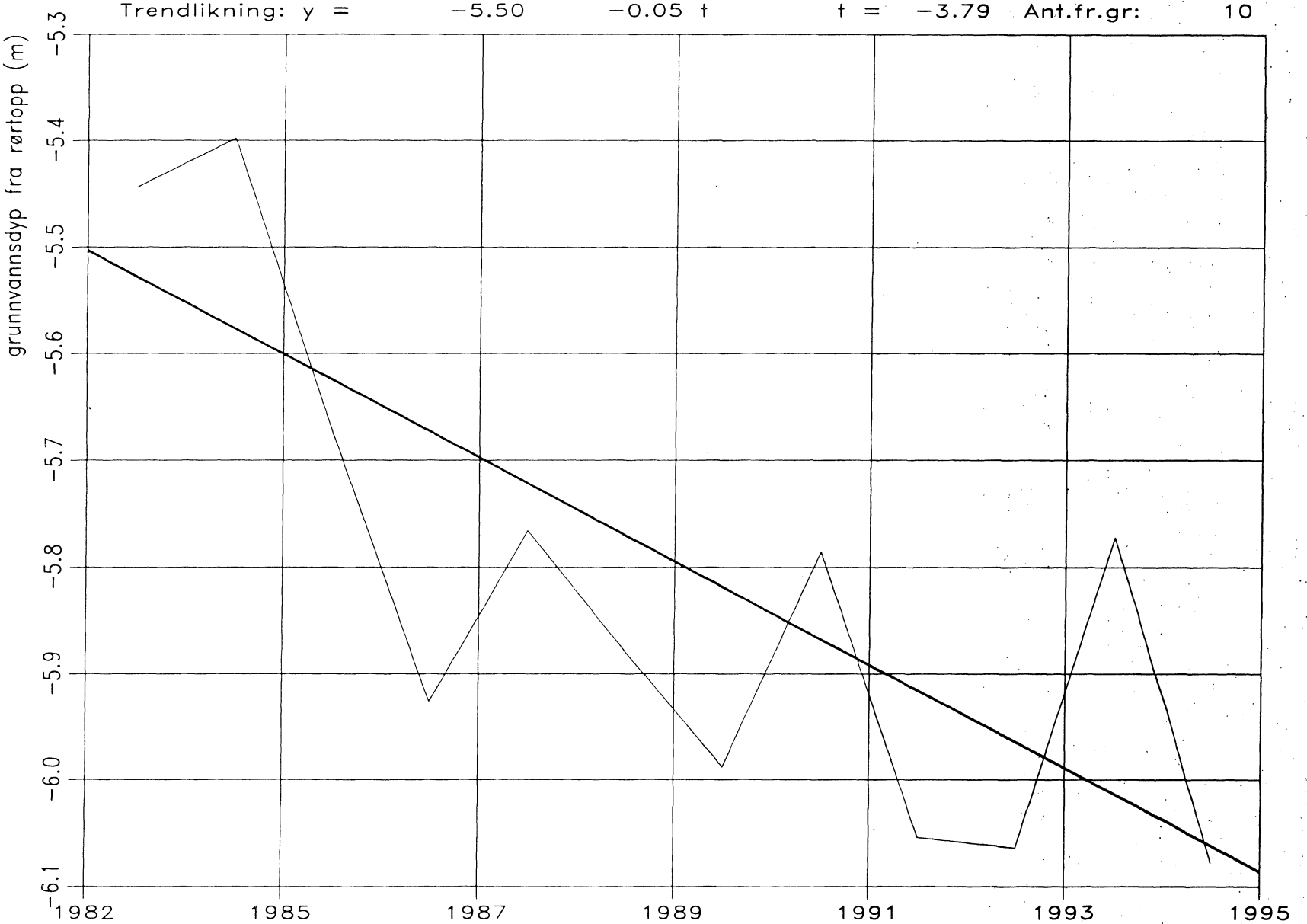
Trendlikning: y = −5.48 −0.01 t t = −3.22 Ant.fr.gr: 29



Stasjon: 2. 800. 3.20001 GBR TANGEN

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1983– 1994

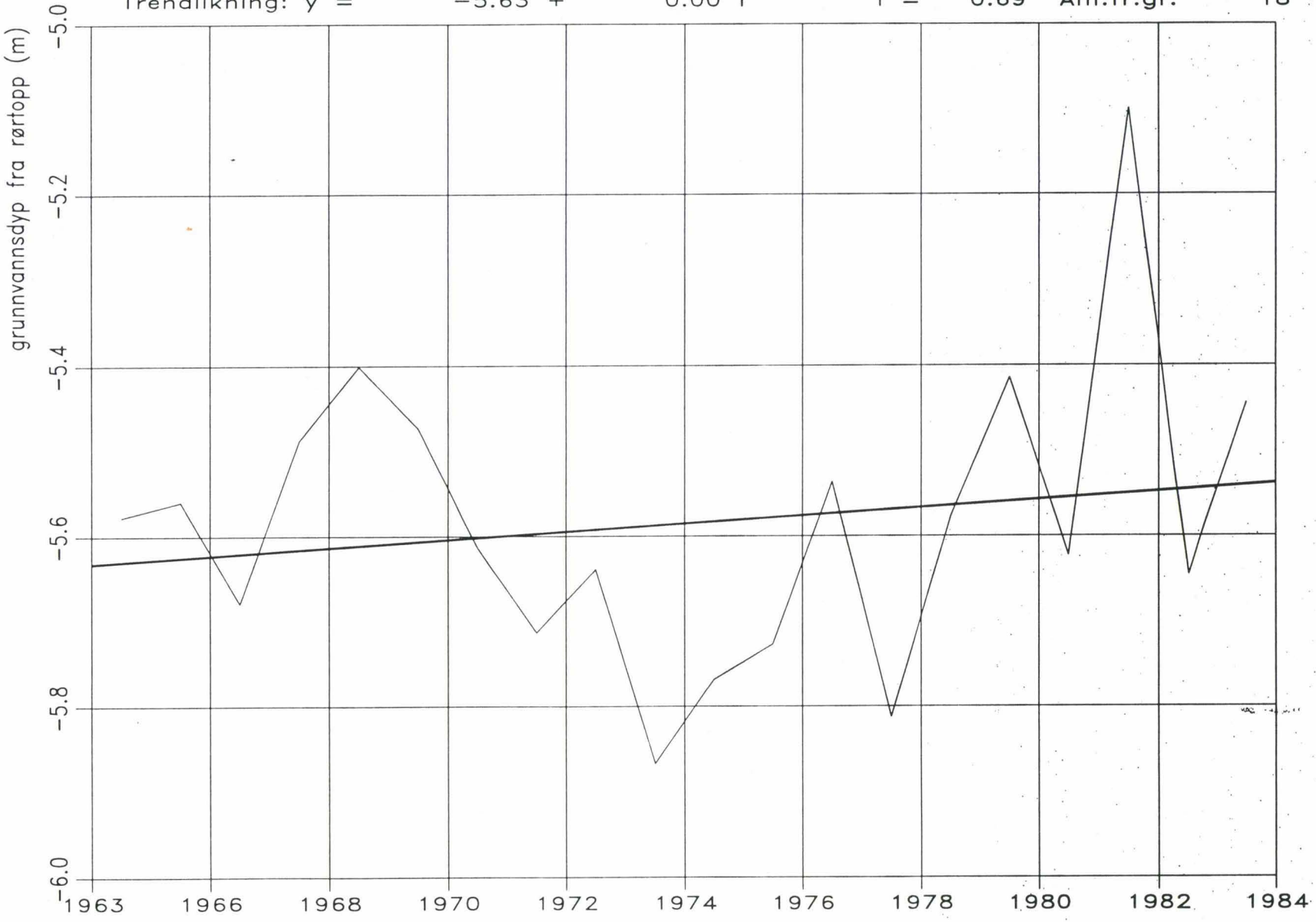
Trendlikning: y = −5.50 −0.05 t t = −3.79 Ant.fr.gr: 10



Stasjon: 2. 800. 3.20001 GBR TANGEN

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1964– 1983

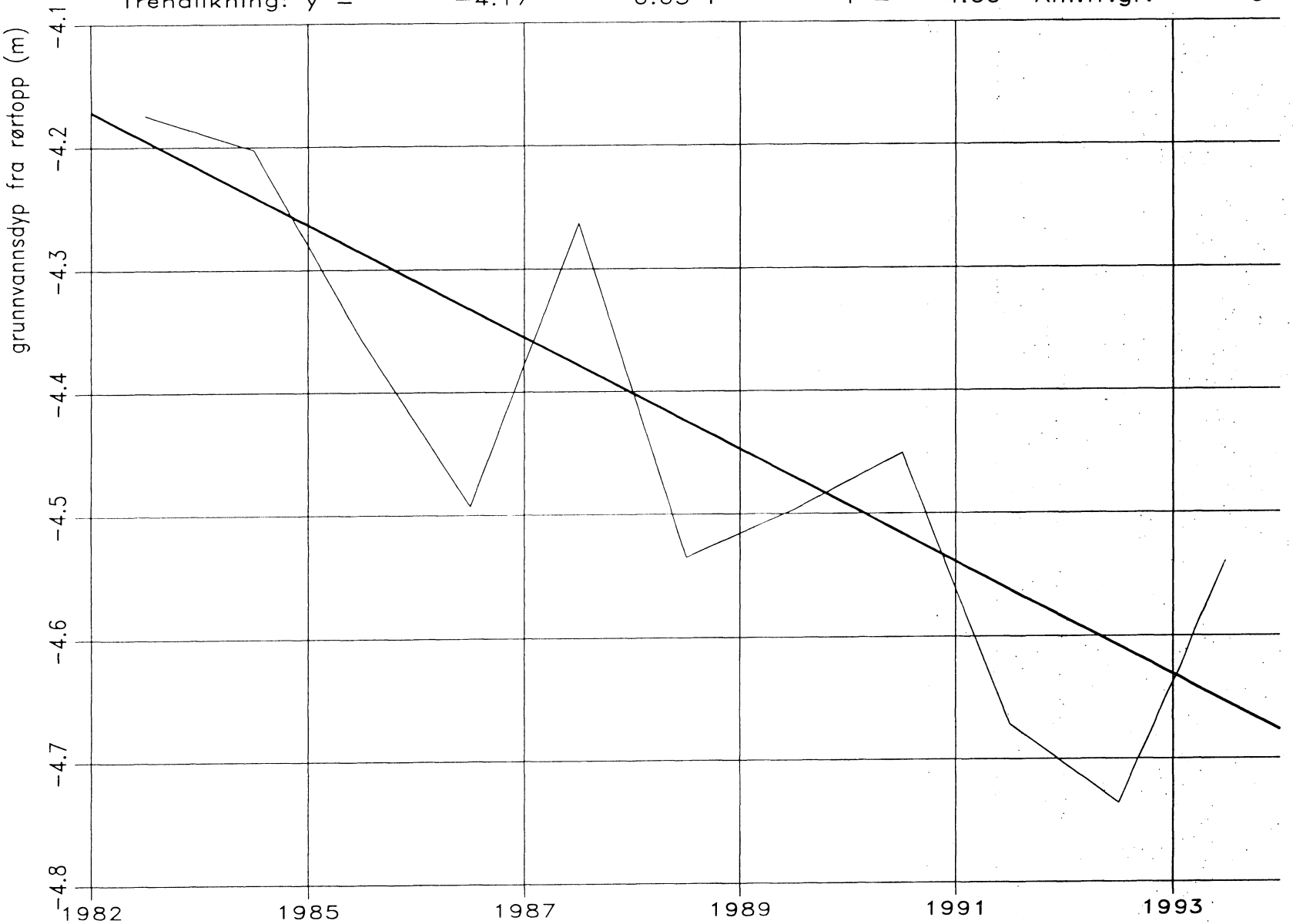
Trendlikning: y = −5.63 + 0.00 t t = 0.69 Ant.fr.gr: 18



Stasjon: 2. 800. 2.20001 RØR 2 YSTERIET

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1983– 1993

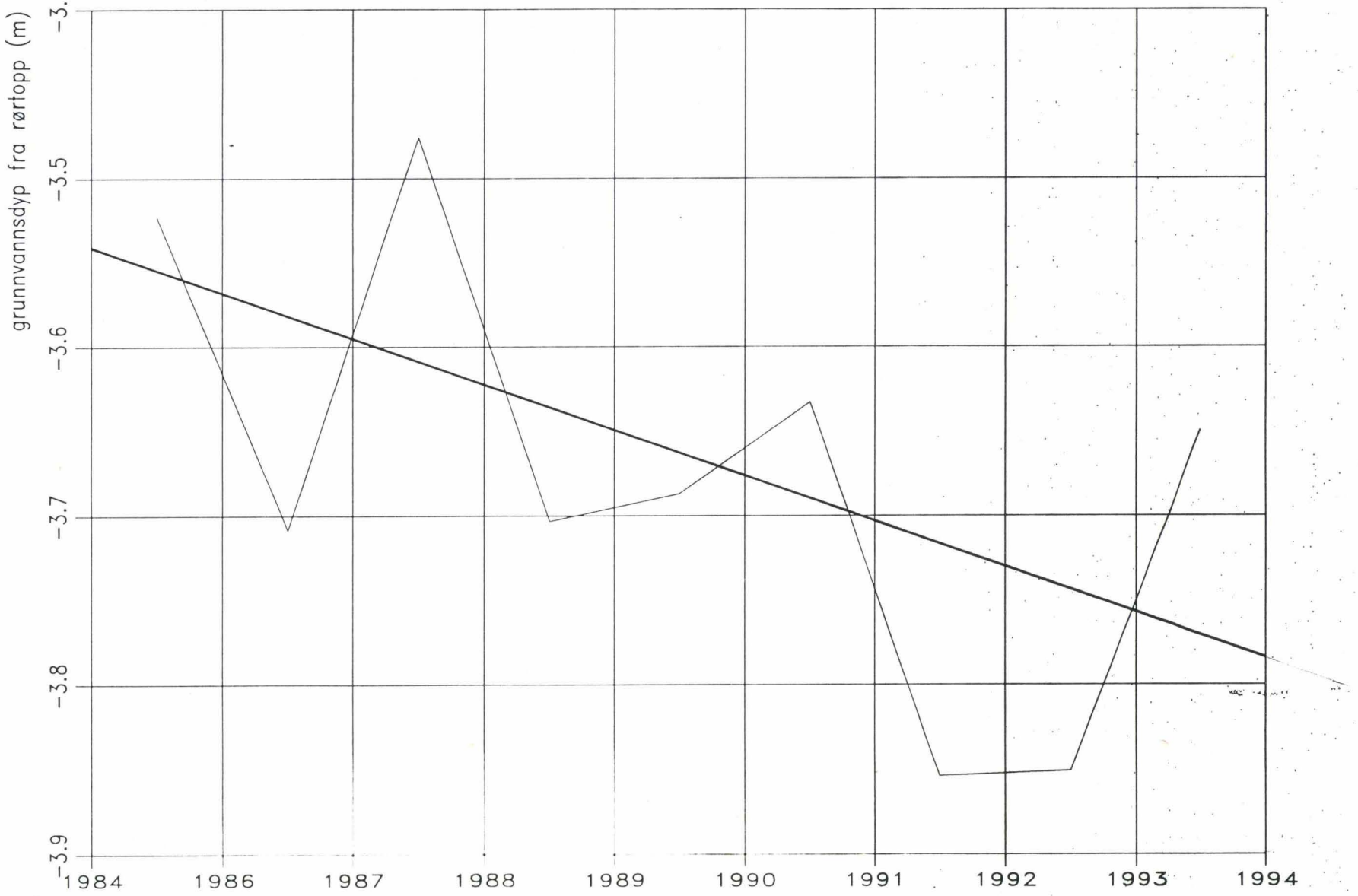
Trendlikning: y = −4.17 −0.05 t t = −4.60 Ant.fr.gr: 9



Stasjon: 2. 800. 1.20001 RØR 1A ÅBOEN

Grunnvannstander (Årsmidler) i perioden: 1985– 1993

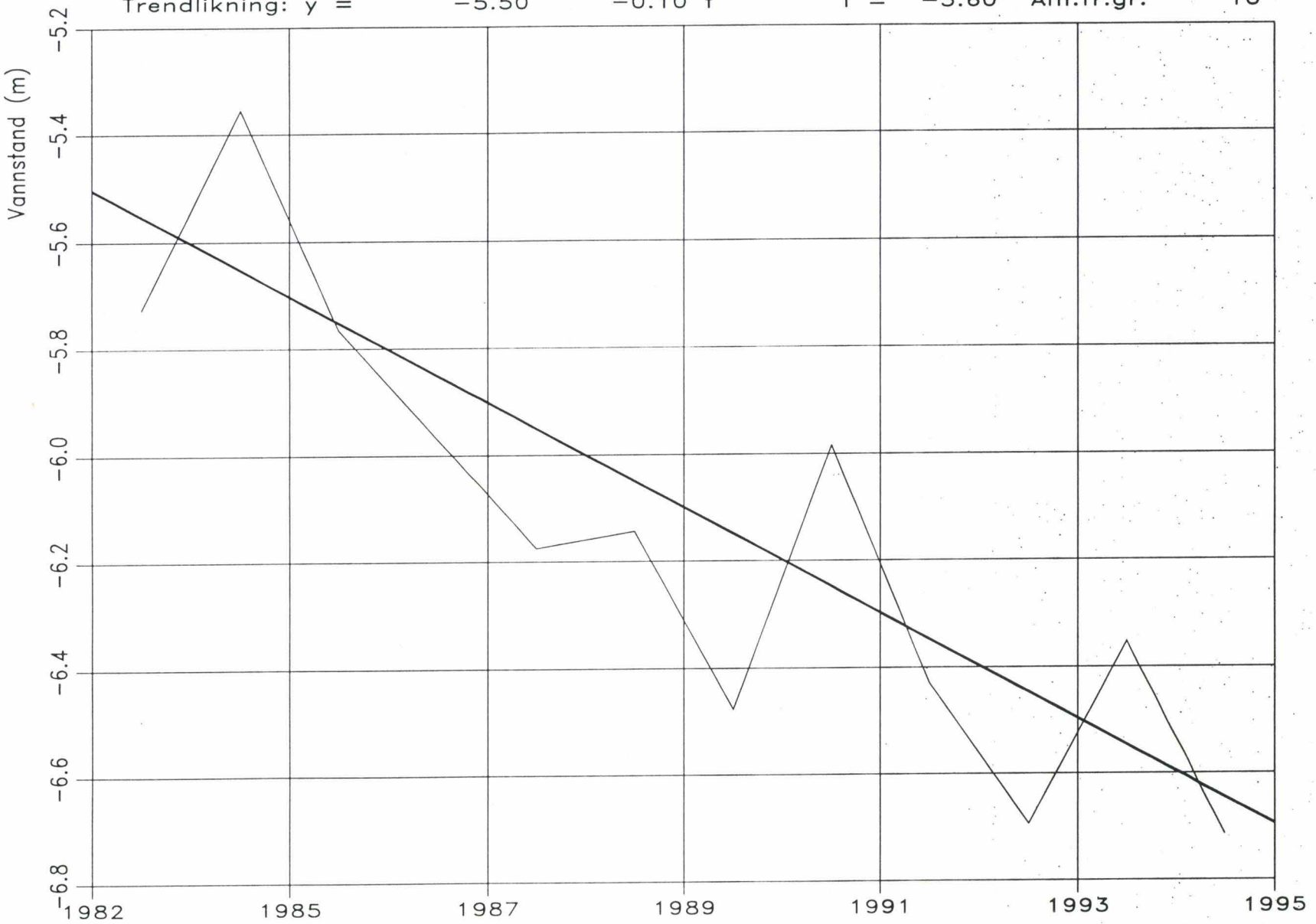
Trendlikning: y = −3.54 −0.03 t t = −1.88 Ant.fr.gr: 7



Stasjon: 2. 800. 0.10001 VM LÅGEN BRU

Vannstandsdata (Årsmidler) i perioden: 1983– 1994

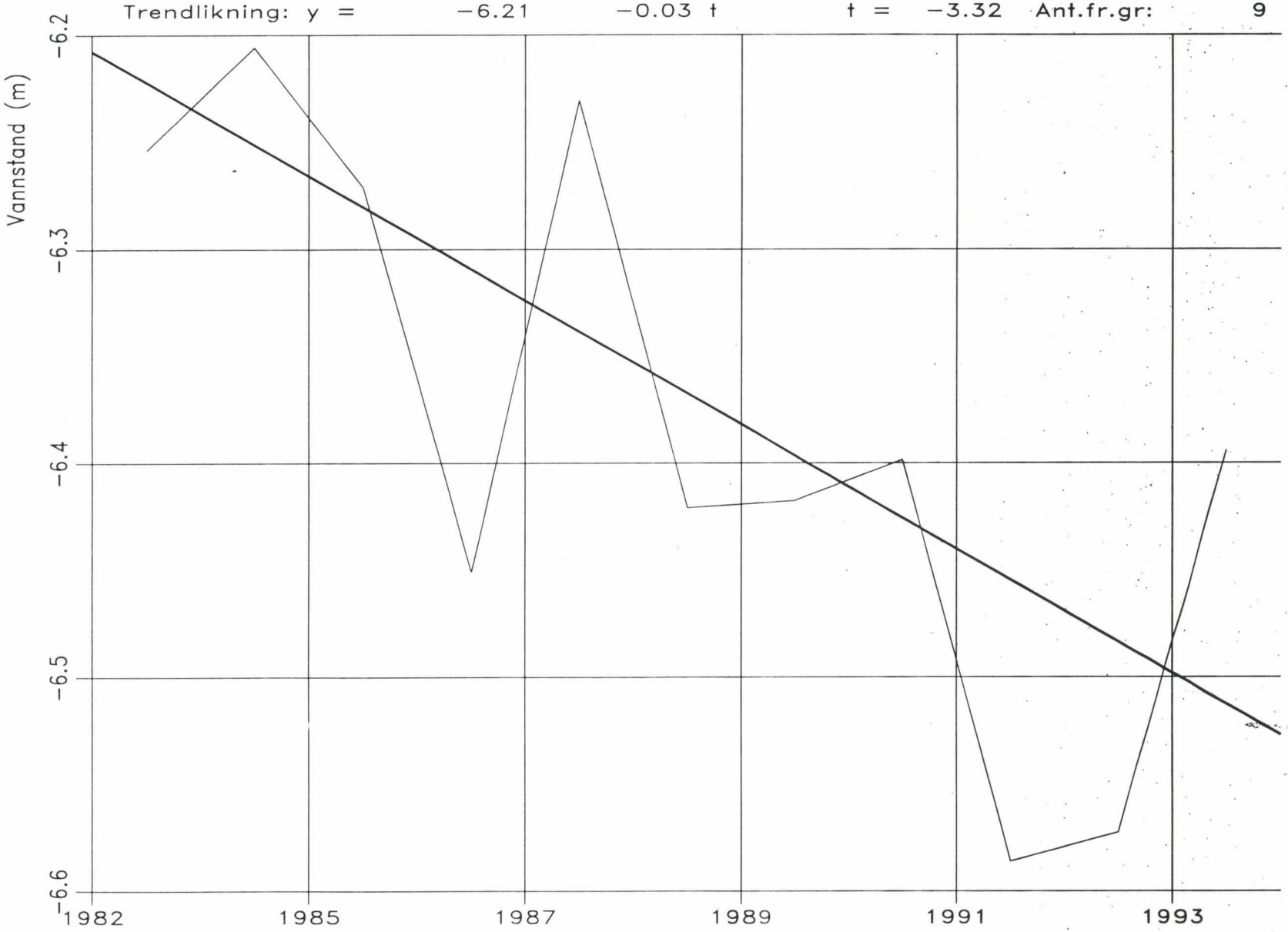
Trendlikning: y = −5.50 −0.10 t t = −5.60 Ant.fr.gr: 10



Stasjon: 2. 800. 0.10002 VM LÅGEN BRU

Vannstandsdata (Årsmidler) i perioden: 1983– 1993

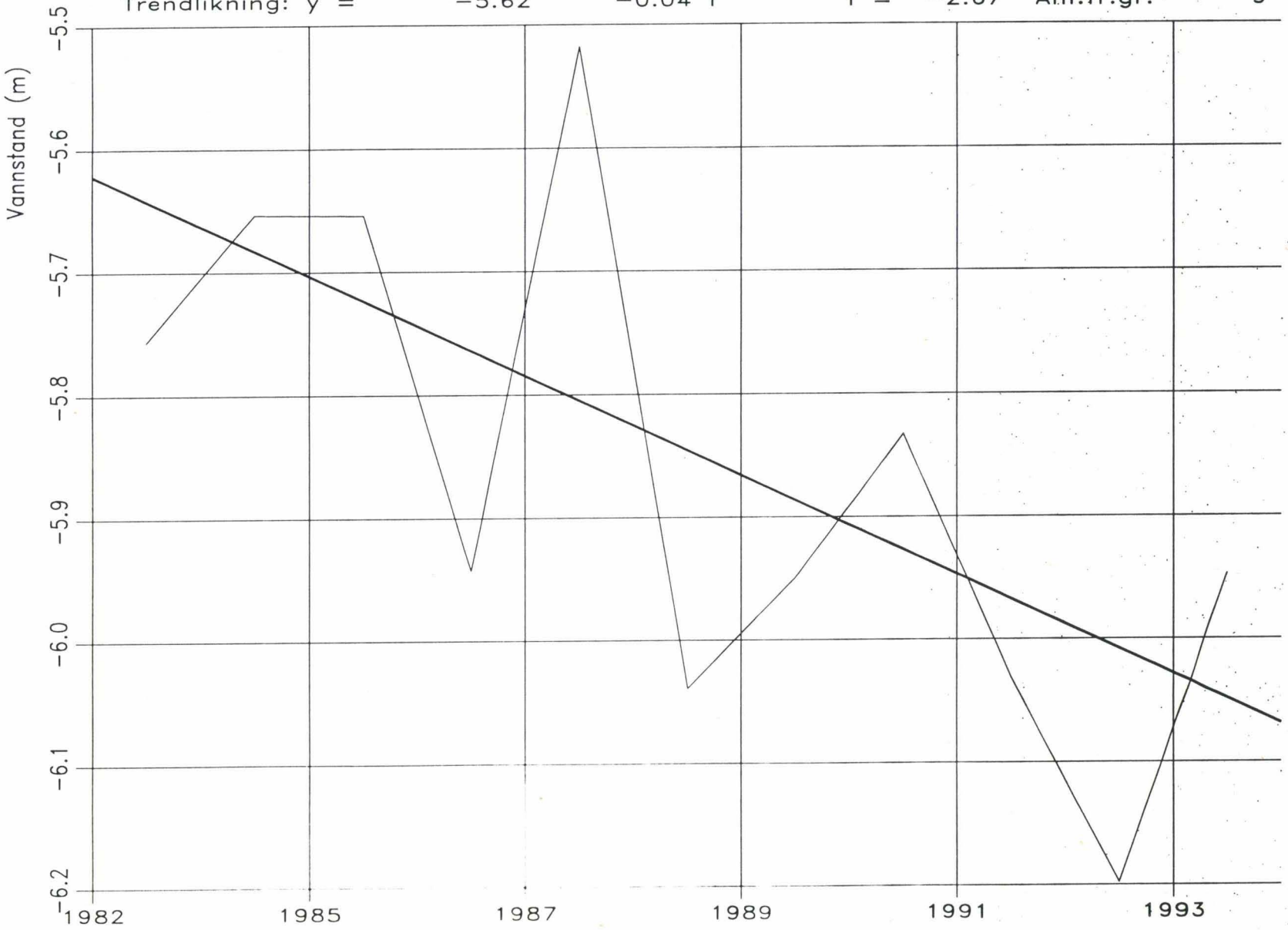
Trendlikning: y = −6.21 −0.03 t t = −3.32 Ant.fr.gr: 9



Stasjon: 2. 780. 0.10002 VM OTTA BRU

Vannstandsdata (Årsmidler) i perioden: 1983– 1993

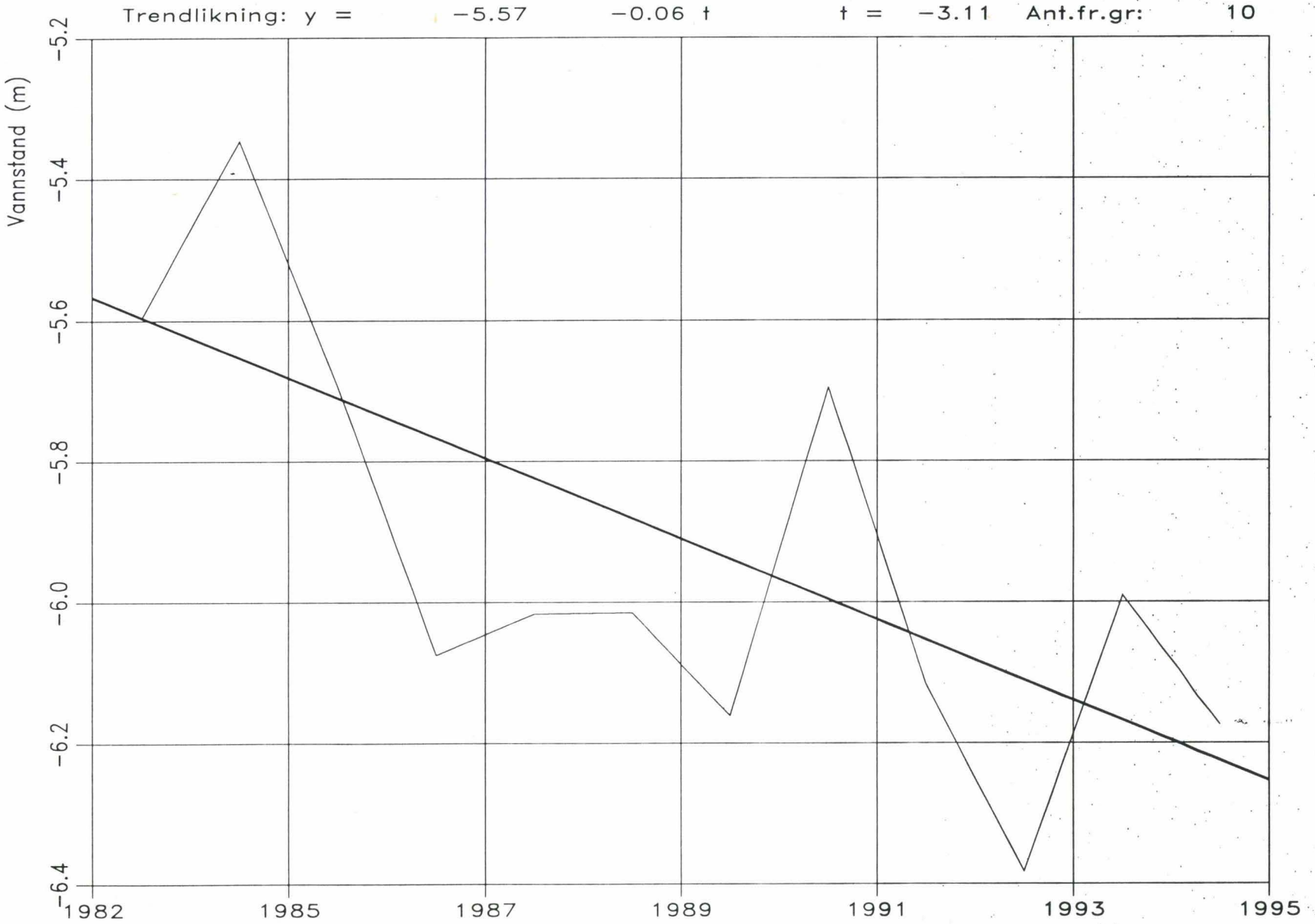
Trendlikning: y = −5.62 −0.04 t t = −2.67 Ant.fr.gr: 9

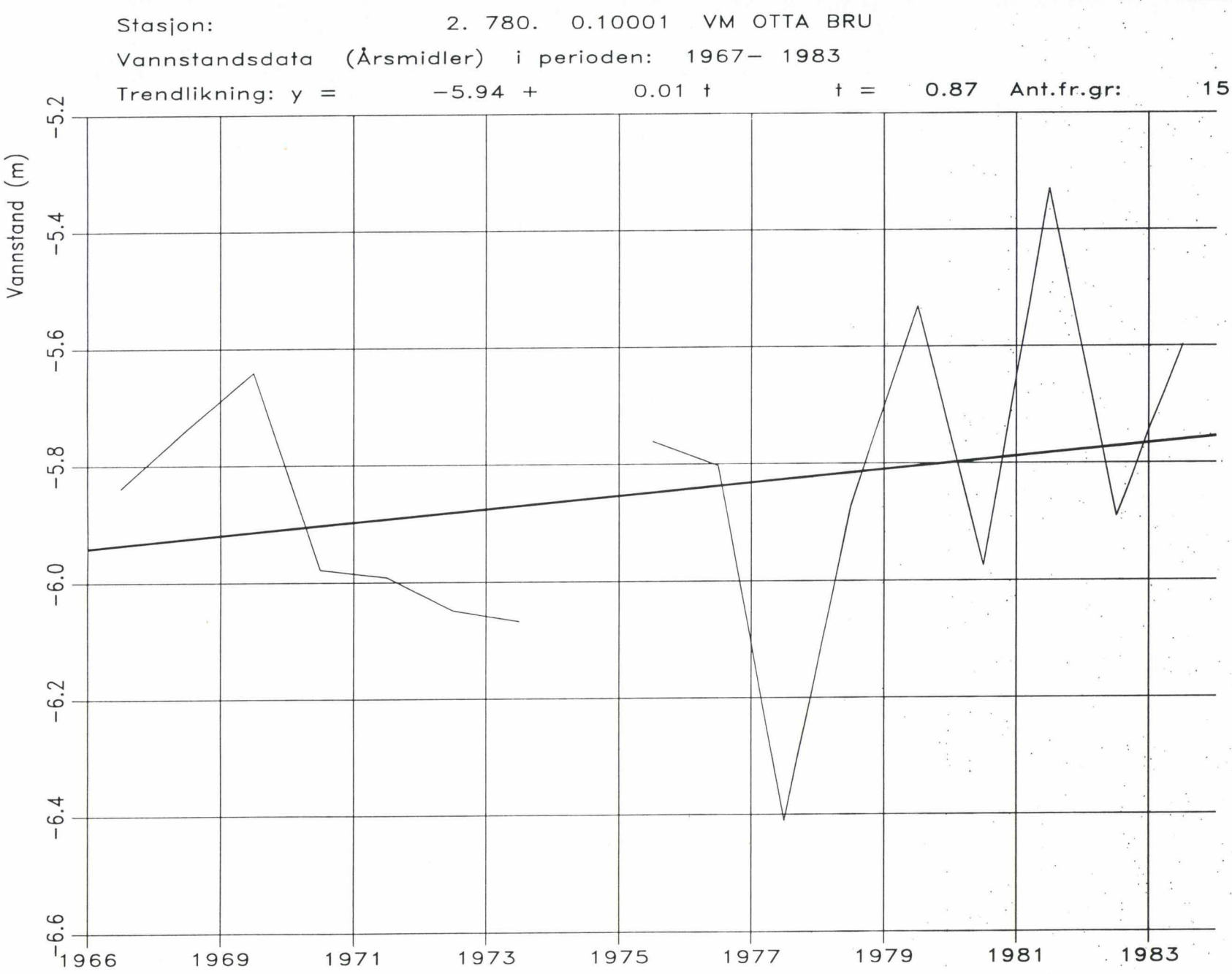


Stasjon: 2. 780. 0.10001 VM OTTA BRU

Vannstandsdata (Årsmidler) i perioden: 1983– 1994

Trendlikning: y = −5.57 −0.06 t t = −3.11 Ant.fr.gr: 10

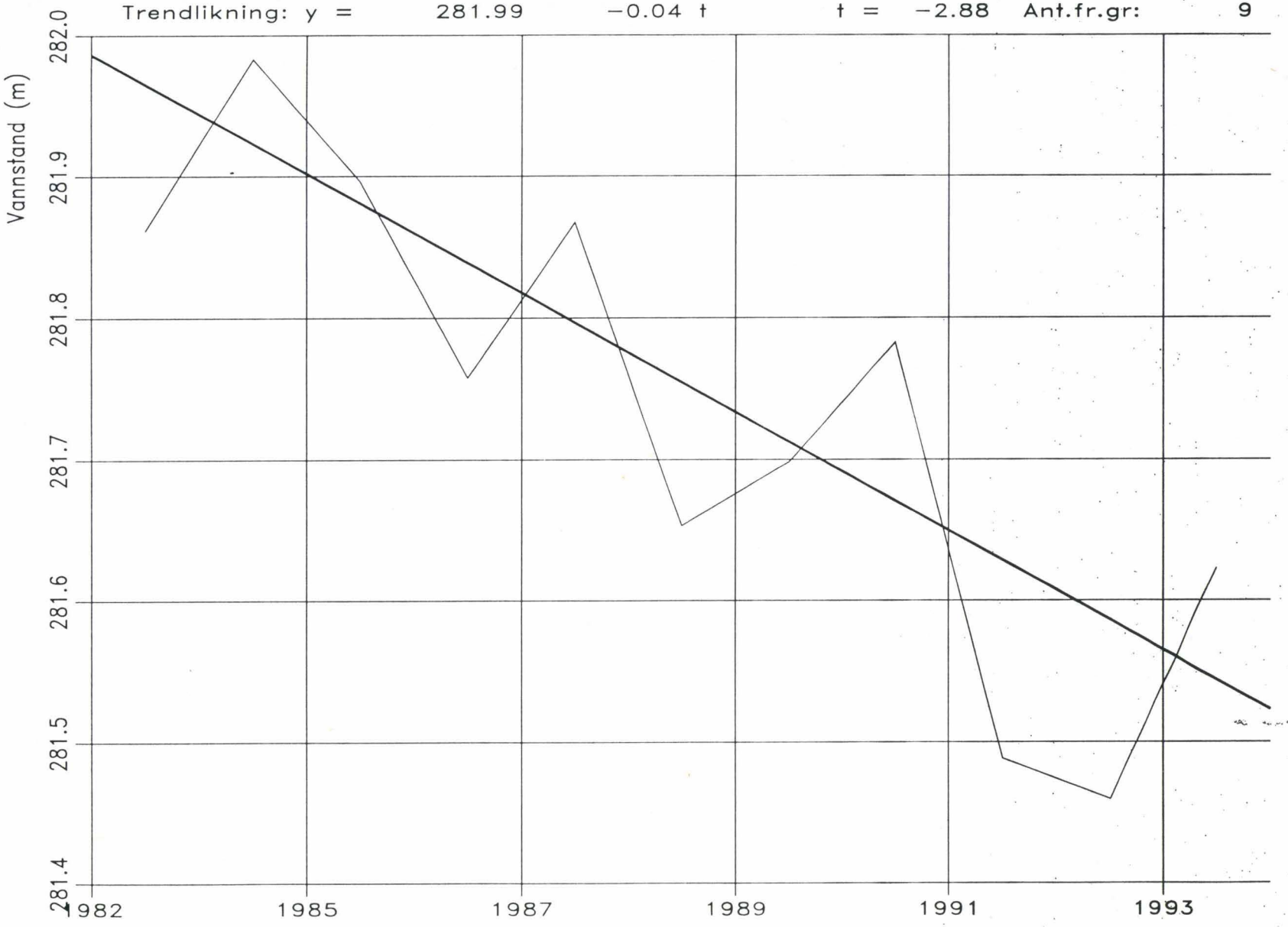



Stasjon: 2. 780. 0.10001 VM OTTA BRU
Vannstandsdata (Årsmidler) i perioden: 1967– 1983
Trendlikning: y = −5.94 + 0.01 t t = 0.87 Ant.fr.gr: 15
Vannstand (m)
−5.2
−5.4
−5.6
−5.8
−6.0
−6.2
−6.4
−6.6
1966
1969
1971
1973
1975
1977
1979
1981
1983

Stasjon: 2. 846. 0.10001 VM 1 CAMPINGPL.

Vannstandsdata (Årsmidler) i perioden: 1983– 1993

Trendlikning: y = 281.99 −0.04 t t = −2.88 Ant.fr.gr: 9



enne serien utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
dresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

1998 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

r 1 Oslo Energi Konsult: Sluttbrukertiltak og lokal kraftsystemplanlegging. (55 s.)

r 2 Halfdan Benjaminsen, Jim Bogen, Truls Erik Bønsnes:
Suldalslågens sedimentkilder. Fotoregistrering 1997 (149 s.)

r 3 Liss M. Andreassen: Volumendringer på Jostefonn 1966 - 93 (10 s.)

r 4 Tharan Fergus og Jim Bogen: Bunntransport i vassdrag - en gjennomgang av internasjonal litteratur (50s.)

r 5 Olvar Bergland: Verdsetjing av estetiske verdiar i tilknytning til tersklar i regulerte vassdrag. (69 s.)

r 6 Rolv Bjelland: KONTROLLBESØK 1997
Rapport fra NVEs kontrollbesøk ved 15 energiverk våren 1997 (10s.)

r 7 Inger Sætrang (red): Statistikk over overføringstariffer (nettleie)
i regional- og distribusjonsnettet 1998 (64 s.)

r 8 Hilleborg Konnestad Sorteberg: Regional breovervåking i Sør-Norge 1997 (21 s.)

r 9 Hans Otnes, Frode Trengereid og Sjur Bjerkli: Årsrapport for Norges vassdrags- og energiverks(NVEs) havarigruppe (21 s.)

r 10 Randi Pytte Asvall, Ånund S. Kvambekk: Vanntemperatur- og isforhold i Jostedalen
Virkninger av vannkraftutbyggingene i vassdraget (104 s.)

r.11 Thomas Skaugen: Studie av skillettemperaturen for snø ved hjelp av samlokaliserte snøpute, nedbør og temperaturdata (13 s.)

r.12 Jack Kohler: The Effect of Subglacial Intakes on Ice Dynamics at Engabreen (47 s.)

r.13 Hervé Colleuille og Nils-Otto Kitterød : 2D simulering av strømningsforholdene i løsmassene på Sundreøya i Ål kommune. Oppdragsrapport. (55 s.)

r.14 Hervé Colleuille og Tor Simon Pedersen : Grunnvannsundersøkelser på Otta.
Forenkling av grunnvannsmålinger. Oppdragsrapport. (16 s.)