

1002

RAPPORT NR. 27



GUDENÅUNDERSØGELSEN Vandføringsmålinger

GUDENÅUNDERSØGELSEN

SLUTRAPPORT

vedr.

VANDFØRINGS- OG VANDSTANDSMÅLINGER

DET DANSKE HEDESELSKAB
HYDROMETRISKE UNDERSØGELSER

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	INDLEDNING	side	1
2.	STATIONSNETTETS PLACERING	"	2
2.1	Vandføringsstationer	"	2
2.2	Vandstandsstationer	"	4
3.	MÅLEMETODIK	"	5
3.1	Vandføringsstationer i åbne vandløb	"	5
3.2	Vandføringsstationer med målebygværk	"	6
3.3	Vandføringsstationer ved sluser	"	7
3.4	Vandføringsstationer ved turbineanlæg	"	7
3.5	Vandstandsstationer	"	8
3.6	Vandføringsbestemmelser udenfor måle- stationsnettet	"	8
4.	RESULTATER	"	9
4.1	Datalagring	"	9
4.2	Vandføringsmålinger	"	9
4.3	Vandstandsmålinger	"	11
5.	AFSTRØMNINGENS STATISTISKE EGENSKABER	"	14
5.1	Karakterisering af undersøgelsesperioden	"	14
5.2	Middelafstrømning	"	16
5.3	Minimumsafstrømning	"	18
Bilag 1	Stationskort		
Bilag 2	Vandføringsdata		

1. INDLEDNING

Efter anmodning fra Vandkvalitetsinstituttet har Hydrometriske Undersøgelser for Gudenåudvalget forestået oprettelse og drift af et målestationsnet for vandførings- og vandstandsobservationer i Gudenåens opland.

Formålet med oprettelsen af stationsnettet har været at fremskaffe de hydrologiske data, der skal danne grundlag dels for beregning af stoftransporten i Gudenåsystemet, dels for kalibrering af vandkvalitetsmodeller. De indsamlede data har tillige været benyttet ved en undersøgelse af fordampningen fra Mossø.

Endvidere har datamaterialet været anvendt til at danne skøn for afstrømningens middel- og minimumsværdier. Endelig er der med støtte i materialet fra ældre målestationer i området foretaget en vurdering af hvilke afvigelser undersøgelsesperiodens afstrømning har haft fra de normale afstrømningsværdier.

Stationsnettet oprettedes i eftersommeren 1973 og har, bortset fra enkelte undtagelser, været i drift fra oktober 1973 til september 1975. Endvidere har der været udnyttet data fra to allerede eksisterende stationer, der indgår i Hydrometriske Undersøgelsers eget stationsnet.

2. STATIONSNETTES PLACERING

Stationsnettets omfang og placering fremgår af tabel 2.1 og bilag 1. Der er oprettet to stationstyper: Vandføringsstationer og vandstandsstationer.

2.1 Vandføringsstationer

Der er i forbindelse med Gudenåundersøgelsen oprettet ialt 23 vandføringsstationer, hvor der har været foretaget løbende registrering af vandstand og beregning af daglige vandførings-tal. Endvidere har data fra to allerede igangværende stationer, 21.01 Gudenå, Tvillum og 21.02 Gudenå, Åstedbro indgået i undersøgelsen.

Målestationerne er søgt placeret således at alle større tilløb til Gudenå og Nørre å er dækket af målestationer. I selve Gudenå findes syv stationer. Da det ikke er muligt at oprette traditionelle målestationer i den mellemste del af Gudenåen, hvor denne er påvirket af vandspejlsændringer i søerne, har man måttet indskrænke sig til at bestemme vandføringen i denne del af systemet ved kraftværkerne ved henholdsvis Rye Mølle og Silkeborg Papirfabrik.

På grund af stuvningspåvirkning fra Randers fjord har det ikke været muligt at oprette vandføringsstationer nedenfor henholdsvis Ulstrup i Gudenå og Vejrumbro i Nørre å. Vandføringen i Gudenå ved Randers har derfor måttet beregnes udfra målingerne fra disse to stationer samt fra målestationen i Lilleå.

To stationer, 21.43 Voel bæk og 21.44 Gjelbæk er placeret i to ganske små oplande, hvor en særlig undersøgelse har behandlet næringssaltudvaskninger fra landbrugsarealer.

Station 21.56 Granslev å, Røde Mølle er oprettet et stykke inde i undersøgelsesperioden og har kun været drevet i en eet-årig periode.

Tabel 2.1 STATIONSFORTEGNELSE

St. nr.	Navn	Type	Opland km ²	Oprettet	Nedlagt
21.01	Gudenå, Tvillum	Q	1289	05.1917	
21.02	Gudenå, Åstedbro	Q	187	05.1917	
21.03	Nørre å, Vejrumbro	Q	239	06.1917 09.1973	08.1967
21.09	Gudenå, Ulstrup	H Q	1787	07.1924 09.1973	02.1959
21.22	Tange sø, Tangeværket	H		09.1973	
21.24	Søndermølle å, Søndermølle	Q	46	09.1973	
21.25	Non mølleå, Non mølle	Q	41	09.1973	
21.27	Salten å, Ry bro	Q	169	09.1973	10.1975
21.28	Salten å, Salten bro	Q	124	09.1973	
21.29	Gudenå, Randers	H		09.1973	
21.30	Tange å, Vindelsbæk bro	Q	109	09.1973	
21.31	Nørre å, Alum	H		09.1973	07.1975
21.32	Mattrup å, Lillebro	Q	88	09.1973	
21.33	Gudenå, Tørring	Q	74	09.1973	
21.34	Uldum Lilleå, Uldum	Q	24	09.1973	10.1975
21.35	Knud å, Bensmøllevad bro	Q	56	09.1973	10.1975
21.36	Ravnsø, Bensmøllevad bro	H		09.1973	10.1975
21.37	Linå, Skjellerup mølle	Q	35	09.1973	10.1975
21.39	Funder å, Funder st.	Q	44	10.1973	
21.40	Gudenå, Voervadsbro	Q	384	10.1973	
21.41	Gjern å, Smingevads bro	Q	115	10.1973	
21.42	Hinge å, Haugård	Q	140	10.1973	
21.43	Voel bæk, Voel bro	Q	10	10.1973	
21.44	Gjelbæk, Lyngby bro	Q	12	10.1973	
21.45	Skanderborg sø, Skanderborg	H		10.1973	
21.46	Tåning å, Fuldbro mølle	Q	124	10.1973	
21.47	Mossø, Fuldbro mølle	H		10.1973	05.1975
21.48	Gudenå, Langå	H		10.1973	09.1975
21.49	Lilleå, Løgstrup mølle	Q	304	10.1973	
21.50	Gudenå, Ry mølle	Q,H	826	10.1973	
21.51	Gudenå, Silkeborg Papirf.	Q,H	992	10.1973	
21.53	Salten Langsø	H		05.1974	
21.54	Mossø, Kloster-Mølle	H		06.1974	
21.56	Granslev å, Røde mølle	Q	43	08.1974	10.1975

Q: Vandføringsstationer
H: Vandstandsstationer

2.2 Vandstandsstationer

Der er oprettet vandstandsmålestationer i alle større søer i Gudenåens opland. Formålet med disse stationer har været at få registreret ændringerne i sømagasinerne i løbet af undersøgelsesperioden.

Der har ikke været oprettet nogen vandstandsstation i Julsø, da magasinændringerne i Himmelbjergsøerne registreres i øvre del ved Ry Mølles bagvand og i nedre del ved Silkeborg Papirfabriks forvand.

Udover vandstandsmålingerne i søerne har der været oprettet tre vandstandsstationer i Gudenå's og Nørre å's nedre løb, hvor disse er påvirket af vandstandsændringer i Randers fjord. Disse tjener dels til at kontrollere at der ikke forekommer stuvningspåvirkning ved målestationen ved Ulstrup, dels til at registrere magasinændringer i de nedre åløb.

3. MÅLEMETODIK

3.1 Vandføringsstationer i åbne vandløb

Størstedelen af stationsnettets vandføringsstationer er beliggende i åbne vandløb og der er her anvendt den traditionelle målemetode der også anvendes ved Hydrometriske Undersøgelers øvrige målestationer.

Ved hver station opsættes en registrerende vandstandsmåler, der på diagrampapir optegner vandstandens forløb.

Beregning af vandføringen sker på grundlag af disse vandstandsmålinger udfra en empirisk bestemt sammenhæng mellem vandstand og vandføring, den såkaldte Q-H kurve. (Q:vandføring, H:vandstand).

Hvis der forekommer ændringer i vandløbets hydrauliske egenskaber, ændres Q-H kurven. En særlig kraftig ændring i vandløbets hydrauliske egenskaber stammer fra grødevæksten, og da den varierer fra dag til dag, vil også Q-H kurven variere.

Det er derfor nødvendigt at foretage en løbende ajourføring af Q-H kurven under hele måleperioden.

Q-H kurven bestemmes ved samtidige målinger af vandføring og vandstand. Vandføringsmålingerne udføres med vingemåler og vandføringen beregnes ved numerisk integration ved hjælp af EDB.

På grundlag af de målinger, der er udført om vinteren i det grødefri vandløb, etableres den såkaldte vinterkurve, som antages at være en fast relation for det rene vandløb. På grund af måleperiodens ret begrænsede varighed har vinterkurven måttet fastlægges udfra forholdsvis få punkter. Derfor er især kurvens øverste del ret usikkert bestemt, da den ofte er fremkommet ved ekstrapolation uden støtte i målinger ved store vandførings- og vandstandsværdier.

Udfra de målinger der foretages i det grødepåvirkede vandløb, og med støtte i kendskabet til vinterkurven, fastlægges Q-H kurvens forløb på de pågældende måledage. I de mellemliggende perioder antages, at Q-H kurven forskyder sig jævnt fra den ene måledag til den næste. I visse tilfælde, f.eks. hvor der

foretages grødeskæring, foretages der særlige justeringer af Q-H kurven i perioden mellem måledagene.

Når Q-H kurvens form og tidsvariation er fastlagt beregnes den daglige middelvandføring ud fra den døgnmiddelvandstand, der aflæses på diagrammerne.

På en række særligt udvalgte prøveudtagningsdage har man tillige beregnet vandføringens døgnvariation.

De ovennævnte beregninger er udført ved hjælp af Hydrometriske Undersøgelsers EDB-system og har som resultat givet tabel og optegning af vandføringens døgnmidler ved hver station.

Enkelte stationer har givet anledning til særlige vanskeligheder ved bearbejdelsen.

Station 21.03 Nørre å, Vejrumbro ligger i et vandløb med meget ringe fald og ret kraftig grødevækst. Det har været vanskeligt at korrigere for grødeskæringer, da grødeskæring selv ret langt nedstrøms for stationen må formodes at påvirke vandstanden ved Vejrumbro. Bearbejdelsen er sket med støtte i de ovenforliggende stationer, men alligevel kan de enkelte døgnmidler om sommeren være behæftet med ret stor usikkerhed. Derimod kan månedsmidlerne anses for at være af rimelig nøjagtighed, sandsynligvis af størrelsesorden 5-10%.

Station 21.24 Søndermølle å, Søndermølle har været vanskelig at bearbejde på grund af de stærkt ikke-stationære vandføringer, der forekommer som følge af reguleringen ved Søndermølle. Især har der i sommeren 1975 været betydelige vanskeligheder og der er derfor kun opgivet døgnmidler frem til 30.04.1975.

Station 21.27 Salten å, Ry bro har vist nogle uforklarlige ændringer i Q-H kurven. Det er konstateret, at de ikke skyldes påvirkning fra vandspejlsændringer i Gudenå. Selv om disse ændringer er taget i betragtning ved beregningen, er der alligevel grund til at betragte de her beregnede data med et vist forbehold.

3.2 Vandføringsstationer med målebygværk

Der er blevet etableret målebygværker i station 21.43 Voel bæk og 21.44 Gjelbæk. Begge steder er der opsat et skarpkantet

trekantoverfald med kontinuert registrering af vandstanden. Data fra disse målestationer er beregnet udfra de teoretiske formler, der er blevet kontrolleret ved direkte vingemåling af vandføringen.

Ved station 21.37 Linå, Skjellerup Mølle har et eksisterende fordelingsbygværk været anvendt som målebygværk. Q-H kurven er her bestemt empirisk udfra sammenhørende målinger af vandføring og vandstand.

3.3 Vandføringsstationer ved sluser

I station 21.46 Tåning å, Fuldbro Mølle er vandføringsbestemmelsen sket ved en sluse. Slusen er en grundsluse uden påvirkning fra nedstrøms vandspejl. Vandføringen er derfor beregnet på grundlag af en registrering af vandstanden ovenfor slusen sammenholdt med notater vedrørende indstilling af skodderne. Slusens vandføringsevne er fundet empirisk ved direkte måling af vandføringen ved forskellige skodstillinger.

3.4 Vandføringsstationer ved turbineanlæg

I Gudenå ved Ry mølle og ved Silkeborg Papirfabrik passerer vandet gennem to systemer: dels gennem turbineanlægget, dels gennem aflastningsluser med bevægelige skod.

Den del af vandføringen som passerer turbineanlægget er bestemt ud fra produktionstallene for turbinerne (kWh) samt en daglig aflæsning af vandstandene opstrøms og nedstrøms for anlægget til bestemmelse af faldhøjden. Produktionstallet er regnet proportionalt med vandføringen og med faldhøjden og proportionalitetsfaktoren er bestemt ud fra ret få målinger. Metoden forudsætter at nyttevirkningen er konstant (uafhængig af faldhøjden) samt at påslaget på turbinen er nogenlunde uændret. Dette synes at have været tilfældet for Ry mølles vedkommende, men ikke for turbinen ved Silkeborg. Sidstnævnte sted synes der at være passeret en ikke uvæsentlig vandmængde gennem turbineanlægget selv ved meget små produktionstal. Det har derfor været nødvendigt at støtte vandføringsberegningen for Gudenå ved Silkeborg på observationerne fra de nærmeste målestationer i Gudenåsystemet.

Den del af vandføringen som passerer aflastningssluserne er bestemt ved beregning ud fra daglige notater om skodstilling og opstrøms vandstand.

3.5 Vandstandsstationer

Ved vandstandsstationer foretages der kun registrering af vandstanden. Ved stationerne i Mossø, Skanderborg sø og Silkeborg Langsø foretages kontinuert registrering, medens der ved de øvrige søstationer kun foretages en daglig aflæsning af et vandstandsbrædt. Dog foretages der ved station 21.22 Tange sø, Tangeværket vandstandsobservationer ca. 5 gange i døgnet.

Ved stationerne i de nedre løb, 21.29 Gudenå, Randers, 21.48 Gudenå, Langå og 21.31 Nørre å, Alum er der foretaget kontinuert registrering af vandstanden.

3.6 Vandføringsbestemmelser udenfor målestationsnettet

Det har på grund af påvirkninger fra Randers fjord ikke været muligt at etablere en vandføringsstation i Gudenå ved Randers. Imidlertid er ca. 90% af oplandet her dækket af målestationerne 21.09 Gudenå, Ulstrup, 21.03 Nørre å, Vejrumbro og 21.49 Lilleå, Løgstrup mølle. Det er derfor fundet tilstrækkeligt at finde vandføringen i Gudenå ved Randers ved at proportionere målestationernes vandføring op svarende til oplandsfølgelsen. Der er ikke foretaget nogen korrektion for magasinering i de nedre åløb som følge af vandstandsændringer i Randers fjord. For uge- og månedsmidler er denne korrektion uden betydning, og den har kun i ret få tilfælde nogen væsentlig indflydelse på døgnmidlerne.

En lignende beregning har været udført til bestemmelse af vandføringen i Gudenå's udløb af Mossø ved Poulsbakke. Grundlaget har været målingerne i 21.50 Gudenå, Ry Mølle og 21.27 Salten å, Ry bro.

4. RESULTATER

4.1 Datalagring

Samtlige døgnmiddelvandstande og døgnmiddelvandføringer fra vandføringsstationerne foreligger lagret i Hydrometriske Undersøgelsers EDB-arkiv. Også resultaterne fra vingemålingerne (incl. oplysninger om vandhastighed, dybde m.m.) er lagret i EDB-arkivet.

Diagrammer fra registrerende målere ved vandstands- og vandføringsstationer arkiveres i Hydrometriske Undersøgelsers diagramarkiv, ligesom også alle målebøger med vandstandsnotater arkiveres. Desuden agtes diagram- og målebogsmaterialet i nær fremtid mikrofilmet.

De nedenfor omtalte resultater er kun at betragte som en del af datamaterialet. For specielle undersøgelser står der det mere omfattende datamateriale i arkiverne til rådighed.

4.2 Vandføringsmålinger

I bilag 2 findes tabeller og optegninger af døgnmiddelvandføringen fra samtlige stationer. I tabellerne angives hver måneds middel, minimum- og maksimum vandføring.

For at skabe en sammenfatning af afstrømningsmålingerne vises i tabel 4.1 en række karakteristiske afstrømningstal for perioden 1.10. 1973 til 30.09. 1975. Udover periodens middel angives maksimum og minimum for såvel månedsmidler som døgnmidler. Månedsmidlerne er medtaget, da de i modsætning til døgnmidlerne kan antages at være forholdsvis upåvirkede af kunstige reguleringer. De er derfor bedre egnede som mål for den naturlige afstrømningsvariationer.

Tabellen viser store forskelle i middelaflstrømning, og også store forskelle i variationer omkring middelaflstrømningen. Som een yderlighed kan peges på Funder å med en forholdsvis konstant vandføring. I modsætning hertil er der forekommet betydelige vandføringsvariationer i Gudenåens øvre opland.

Tabel 4.1 SAMMENFATNING AF AFSTRØMNINGSMÅLINGER I PERIODEN 01.10.73 - 30.09.75

St. nr.	Navn	Areal km ²	Periodemiddel		Månedsmiddel		Døgnmiddel		
			Afstrømning i l/sec.km ²		Månedsmiddel		Døgnmiddel		
			Max	Min	Max	Min	Max	Min	
21.01	Gudenå, Tvilum	1289	11,8		24,0	5,6	29,8	4,6	r
21.02	Gudenå, Åstedbro	187	13,4		37,4	4,7	72,7	4,0	r
21.03	Nørre å, Vejrumbro	239	11,4		17,9	8,5	23,3	6,8	r
21.09	Gudenå, Ulstrup	1787	10,8		21,8	5,6	28,3	4,5	r
21.24	Søndermølle å, Søndermølle	46	9,0		19,3	2,7	24,1	0	r
21.25	Non mølleå, Non mølle	41	25,7		33,1	22,5	46,3	17,8	r
21.27	Salten å, Ry bro	169	12,1		17,1	9,1	20,4	8,6	r
21.28	Salten å, Salten bro	124	12,8		19,6	9,3	22,7	8,1	r
21.30	Tange å, Vindelsbæk bro	109	9,0		20,0	5,2	37,2	4,7	r
21.32	Mattrup å, Lillebro	88	8,5		19,4	6,0	25,8	5,5	r
21.33	Gudenå, Tørring	74	16,7		37,2	8,2	65,1	7,3	r
21.34	Uldum Lilleå, Uldum	24	7,9		29,6	0,7	65,4	0,5	r
21.35	Knud å, Bensmøllevad bro	56	7,1		21,2	0,9	34,3	0,2	r
21.37	Lindå, Skjellerup mølle	35	7,9		18,4	3,5	28,0	3,1	r
21.39	Funder å, Funder st.	44	18,2		21,0	16,7	25,2	15,5	r
21.40	Gudenå, Voervadsbro	384	12,1		26,3	6,1	42,2	4,8	r
21.41	Gjern å, Smingevads bro	115	8,1		18,1	3,9	24,4	3,1	r
21.42	Hinge å, Haugård	140	9,4		23,2	5,0	39,2	3,4	r
21.43	Voel bæk, Voel bro	10	4,7		15,3	1,8	33,7	1,6	r
21.44	Gjelbæk, Lyngby bro	12	6,1		25,5	0,3	51,7	0,1	r
21.46	Tåning å, Fuldbro mølle	124	7,8		23,3	0,6	26,9	0	r
21.49	Lilleå, Løgstrup mølle	304	8,8		24,9	3,4	55,6	2,4	r
21.50	Gudenå, Ry mølle	826	11,2		29,5	5,2	35,4	2,6	r
21.51	Gudenå, Silkeborg Papirfabrik	992	12,2		25,3	4,1	31,6	2,0	r
21.56	Granslev å, Røde mølle x)	43	8,7		15,1	5,3	22,9	4,5	r

x) 01.09.1974-01.09.1975

r vandføringen kan være reguleret ved stemmeværk, turbine eller lignende.

4.3 Vandstandsmålinger

Vandstandsmålingerne i Gudenåsystemets søer er sammenfattet i tabel 4.2. Det ses, at der forekommer magasinændringer i samtlige søer. Mindst er de ved kraftværkerne ved Ry Mølle, Silkeborg Papirfabrik og Tangeværket, hvor der tilstræbes vandspejlskoter nær flodemålet.

Til brug ved beregningen af magasineringens størrelse gives i tabel 4.3 arealerne af de søer, hvor der har været foretaget vandstandsmålinger.

Arealværdierne er de af Danmarks Statistik opgivne.

Tabel 4.3

Søarealer i Gudenåens opland

Tange sø	583,8	ha
Silkeborg Langsø	212,0	ha
Brassø	113,7	ha
Julsø	564,5	ha
Gudensø	132,9	ha
Mossø	1688,7	ha
Skanderborg sø	861,8	ha
Ravnsø	186,5	ha
Salten Langsø	301,9	ha

Tabel 4.2 VANDSTANDSOBSERVATIONER I SØMAGASINER

Vandstand ved månedsafslutning (cm)

<u>STATION</u>	<u>21.16</u> Silkeborg Langsø	<u>21.22</u> Tange sø	<u>21.26</u> Ravn sø	<u>21.45</u> Skander- borg sø	<u>21.50</u> Gudensø
måned					
<u>1973</u>					
09	96		35	--	
10	70		33	20	
11	--		42	44	28
12	141	57	52	57	28
<u>1974</u>					
01	150	58	59	54	30
02	140	58	54	51	29
03	100	58	40	46	20
04	87	58	35	28	20
05	87	60	33	30	15
06	90	58	30	26	15
07	91	60	38	26	15
08	--	58	34	26	15
09	86	58	38	25	20
10	99	60	41	29	20
11	121	56	54	42	29
12	166	50	76	64	28
<u>1975</u>					
01	180	42	66	74	28
02	110	57	69	44	28
03	94	60	48	36	20
04	97	59	49	50	20
05	83	59	40	46	15
06	76	59	32	40	14
07	83	60	31	26	15
08	78	61	30	18	15
09	89	59	33	20	19

Tabel 4.2 VANDSTANDSOBSERVATIONER I SØMAGASINER

Vandstand ved månedsafslutning (cm)

<u>STATION</u>	<u>21.50</u> Birksø	<u>21.51</u> Brassø	<u>21.53</u> Salten Langsø	<u>21.55</u> Mossø
måned				
<u>1973</u>				
11	13			
12	14			
<u>1974</u>				
01	16	-10		
02	14	20		
03	07	00		
04	02	00		
05	02	-10		
06	01	-20		38
07	07	10		40
08	06	00		37
09	02	10		44
10	00	10		46
11	10	10		62
12	20	20		83
<u>1975</u>				
01	25	10		93
02	07	00	68	60
03	03	00	67	52
04	01	00	66	48
05	00	00	55	38
06	00	0,1	60	36
07	01	-	59	39
08	-03	00	66	37
09	-02	00	68	44

5. AFSTRØMNINGENS STATISTISKE EGENSKABER

Der er foretaget to vurderinger af afstrømningens statistiske egenskaber.

Først er der på grundlag af målingerne ved de stationer, hvorfra der foreligger lange vandføringsserier, foretaget en beregning af månedsafstrømningens afvigelse fra normalværdien. Herved opnås et skøn over afstrømningens afvigelse fra det normale.

Endvidere er der skønnet værdier for henholdsvis middelaflstrømning og medianminimum ved samtlige målestationer.

5.1 Karakterisering af undersøgelsesperioden

I tabel 5.1 angives månedsafstrømningens afvigelse fra den normale værdi ved stationerne 21.01 Gudenå, Tvillum, 21.02 Gudenå, Åstedbro og 21.03 Nørre å, Vejrumbro. For alle tre stationer er normalværdierne bestemt på grundlag af lange måleserier.

For Gudenåens hovedløb konstateres, at de procentvise afvigelser generelt er større ved Åstedbro end ved Tvillum. Det skyldes den udjævnende effekt, sømagasineringen har på afstrømningen ved Tvillum. Afstrømningen ligger i oktober-november 73 under det normale, men vokser så til over normalen fra december 73 til januar 74. Hele foråret, sommeren og efteråret 74 er månedsafstrømningen under det normale, men stiger betydeligt over den normale i december 74 - februar 75. Resten af undersøgelsesperioden har afstrømningen ligget under det normale.

Trods de langvarige tørre sommerperioder har vinterafstrømningen alligevel været tilstrækkelig til at middelværdien for hele perioden 1.10.73-30.09.75 er meget nær årsmidlen. For Åstedbro fås en periodemiddel på $13,4 \text{ l/s/km}^2$, hvor årsmidlen er $13,1 \text{ l/s/km}^2$. For Tvillum er de tilsvarende værdier henholdsvis $11,8 \text{ l/s/km}^2$ og $12,3 \text{ l/s/km}^2$.

For Nørre å gælder noget tilsvarende som i Gudenåen. Dog er afvigelserne ved Vejrumbro i de fleste tilfælde noget mindre end ved Åstedbro og Tvillum. Desuden ligger afstrømningen

Tabel 5.1 MÅNEDSAFSTRØMNINGENS AFVIGELSE FRA LANGTIDSMIDDEL

Afstrømning i l/sec.

måned	21.02			21.01			21.03		
	<u>Gudenå, Åstedbro</u>			<u>Gudenå, Tvilumbro</u>			<u>Nørre å, Vejrumbro</u>		
	<u>mid-</u> <u>del</u>	<u>nor-</u> <u>mal</u>	<u>afv.</u> <u>%</u>	<u>mid-</u> <u>del</u>	<u>nor-</u> <u>mal</u>	<u>afv.</u> <u>%</u>	<u>mid-</u> <u>del</u>	<u>nor-</u> <u>mal</u>	<u>afv.</u> <u>%</u>
<u>1973</u>									
10	7,5	12,9	-42	9,0	10,6	-15	10,6	10,7	-1
11	14,1	16,7	-16	10,3	13,4	-23	12,3	12,1	2
12	21,6	17,6	23	16,8	15,2	11	14,5	12,6	15
<u>1974</u>									
01	27,5	22,1	24	18,1	17,3	5	14,7	13,7	7
02	29,4	19,7	49	20,1	16,8	20	13,8	15,5	-11
03	12,3	17,3	-29	12,8	15,9	-19	11,3	12,9	-12
04	7,7	12,9	-40	9,6	14,3	-33	9,6	11,7	-18
05	6,1	8,7	-30	7,7	10,7	-28	9,5	10,0	-5
06	5,5	7,0	-21	7,3	8,2	-11	8,4	9,4	-11
07	5,3	6,4	-17	7,6	8,1	-6	9,3	8,6	8
08	5,0	6,9	-28	7,8	8,5	-8	9,1	8,7	5
09	6,7	9,0	-26	8,9	8,9	0	9,7	9,4	3
10	8,2	12,9	-36	9,0	10,6	-15	11,2	10,7	5
11	16,1	16,7	-4	11,9	13,4	-11	13,8	12,1	14
12	36,1	17,6	105	20,1	15,2	32	16,3	12,6	29
<u>1975</u>									
01	37,4	22,1	69	24,0	17,3	39	17,9	13,7	31
02	20,6	19,7	5	21,8	16,8	30	14,5	15,5	-6
03	12,9	17,3	-25	13,3	15,9	-16	11,5	12,9	-11
04	12,9	12,9	0	12,7	14,3	-11	11,4	11,7	-3
05	7,3	8,7	-16	9,4	10,7	-12	8,7	10,0	-13
06	5,7	7,0	-19	7,3	8,2	-11	7,9	9,4	-16
07	4,7	6,4	-27	5,8	8,1	-28	8,7	8,6	1
08	4,8	6,9	-30	5,6	8,5	-34	8,5	8,7	-2
09	6,0	9,0	-33	7,0	8,9	-21	10,6	9,4	13

ved Vejrumbro i sommeren 1974 over det normale allerede fra juli måned. Men også her findes, at periodemidlen på 11,4 l/s/km² er meget nær årsmidlen på 11,3 l/s/km².

5.2 Middelfafstrømning

Da vandføringen ved de tre gamle målestationer i perioden 1.10.73-30.09.74 har haft en middelværdi, der er meget nær årsmidlen antages det, at periodemidlen ved de nye stationer kan anvendes som skøn for årsmidlen. Dette skøn er naturligvis behæftet med en vis usikkerhed, og de angivne værdier bør derfor anvendes med forbehold.

Middelvandføringen for Gudenåens hovedløb angives i tabel 5.2.

Tabel 5.2 VANDFØRING I GUDENÅENS HOVEDLØB

St. nr.	Lokalitet	Middelvandføring 01.10.73-30.09.75 l/sec	Middelvandføring 01.07.75-31.08.75 l/sec
21.33	Tørring	1240	600
21.02	Åstedbro	2510	880
21.40	Voervadsbro	4650	2380
21.50	Rye Mølle	9250	4540
21.51	Silkeborg Papirfabrik	12100	5565
21.01	Tvilum	15200	7350
21.09	Ulstrup	19300	10200
	Randers, A10	28300	16000

I tabel 5.3 angives middelfafstrømningen i Gudenåens tilløb.

For de vestlige tilløb bemærkes at Salten å og Funder å har betydelig større afstrømning end de øvrige. Årsagen hertil er sandsynligvis at grundvandsoplandet er væsentlig større end det topografiske, dvs. at disse vandløb "stjæler" vand fra den vestlige side af hovedvandskellet.

Gudenåens vestlige tilløb

St. nr.	Navn	Middelafstrømning	Middelafstrømning
		01.10.73-30.09.75	01.07.75-31.08.75
		1/sec.km ²	1/sec.km ²
21.32	Mattrup å, Lillebro	8,5	6,1
21.28	Salten å, Salten bro	12,8	10,4
21.27	Salten å, Ry bro	12,1	9,6
21,39	Funder å, Funder st.	18,2	17,0
21.42	Hinge å, Haugård	9,4	4,6
21.30	Tange å, Vindelsbæk	9,0	5,7

Gudenåens østlige tilløb

St. nr.	Navn	Middelafstrømning	Middelafstrømning
		01.10.73-30.09.75	01.07.75-31.08.75
		1/sec.km ²	1/sec.km ²
21.34	Uldum Lilleå, Uldum	7,9	0,8
21.46	Tåning å, Fuldbro ml.	7,8	0,8
21.35	Knud å, Bensmøllevad bro	7,1	1,6
21.37	Linå, Skjellerup mølle	7,9	4,0
21.41	Gjern å, Smingevads bro	8,1	3,9
21.49	Lilleå, Løgstrup mølle	8,8	4,2
21.56	Granslev å, Røde Mølle		5,3
21.43	Voel bæk, Voel bro	4,7	1,9
21.44	Gjelbæk, Lyngby bro	6,1	0,3

Nørre å

St. nr.	Navn	Middelafstrømning	Middelafstrømning
		01.10.73-30.09.75	01.07.75-31.08.75
		1/sec.km ²	1/sec.km ²
21.25	Non Mølleå, Non mølle	25,7	22,7
21.03	Nørre å, Vejrum bro	11,4	8,6
21.24	Søndermølle å, Søndermølle	9,0	3,0

I de østlige tilløb er middelfastrømningen betydelig mere ensartet. Dog konstateres ved de to små oplande i Voel bæk og Gjelbæk betydelig mindre værdier end ved de øvrige stationer. Middelfastrømningen i Voel bæk tyder på, at der "stjæles" vand fra dette opland ved at grundvandsoplandet til nabo-vandløbene strækker sig ind i Voel bæk's topografiske opland.

I Nørre å viser middeltallet fra Non mølle, at der også her lige som i Salten å og Funder å må ske grundvandstilstrømning fra områder vest for hovedvandskellet.

5.3 Minimumsafstrømning

Den korte undersøgelsesperiode muliggør ikke skøn over minimumsafstrømningen udfra en traditionel statistisk bearbejdelse. Desuden vanskeliggøres skøn over minimumsvandføringen af at der meget ofte forekommer kunstig regulering af vandføringen, således at de mindste afstrømningsværdier er resultat af menneskelig indgriben.

Imidlertid har det vist sig, at afstrømningen i juli-august 1975 var forholdsvis konstant. Endvidere var middelværdien for denne periode 896 l/s ved station 21.02 Gudenå, Åstedbro. Medianminimum for denne station er 865 l/s, dvs. at afstrømningen ved Åstedbro lå meget nær medianminimum i juli-august 1975.

Antages det samme at gælde for de øvrige stationer i Gudenåens opland, kan man udfra middelfastrømningen i juli-august 1975 få et skøn for medianminimum ved samtlige stationer.

Da der tages middelværdi over to måneder kan indflydelsen fra kunstig regulering antages at være meget lille. Det er dog givet, at dette skøn er behæftet med en del usikkerhed, og de angivne tal bør derfor kun anvendes med forbehold.

I tabel 5.2 opgives tallene for Gudenåens hovedløb.

I tabel 5.3 angives tallene for Gudenåens tilløb.

I de vestlige tilløb konstateres samme gruppering som i forrige afsnit. Salten å og Funder å ligger betydeligt højere end de øvrige, hvilket understøtter formodningen om at disse vandløbs grundvandsopland er større end det topografiske. Iøvrigt

bemærkes, at afstrømningsreduktionen i Salten å fra Salten bro til Ry bro i væsentlig grad skyldes fordampning fra Salten Langsø.

I Gudenåens østlige tilløb har den nedre gruppe, fra Linå til Lilleå en ret ensartet minimumsafstrømning på 4-5 l/s/km². Derimod har Uldum Lilleå, Tåning å og Knud å væsentlig mindre værdier. For Tåning å og Knud å skyldes dette dog især fordampningen fra de ovenfor liggende søer.

I Tåning å er den daglige minimumsvandføring iøvrigt meget afhængig af regulering ved slusen.

Bemærkelsesværdig er den meget store forskel mellem de små oplande Voel bæk (1,9 l/s/km²) og Gjelbæk (0,3 l/s/km²). Disse tal påviser, at man indenfor selv ret tætliggende oplande kan finde meget forskellige minimumsafstrømninger.

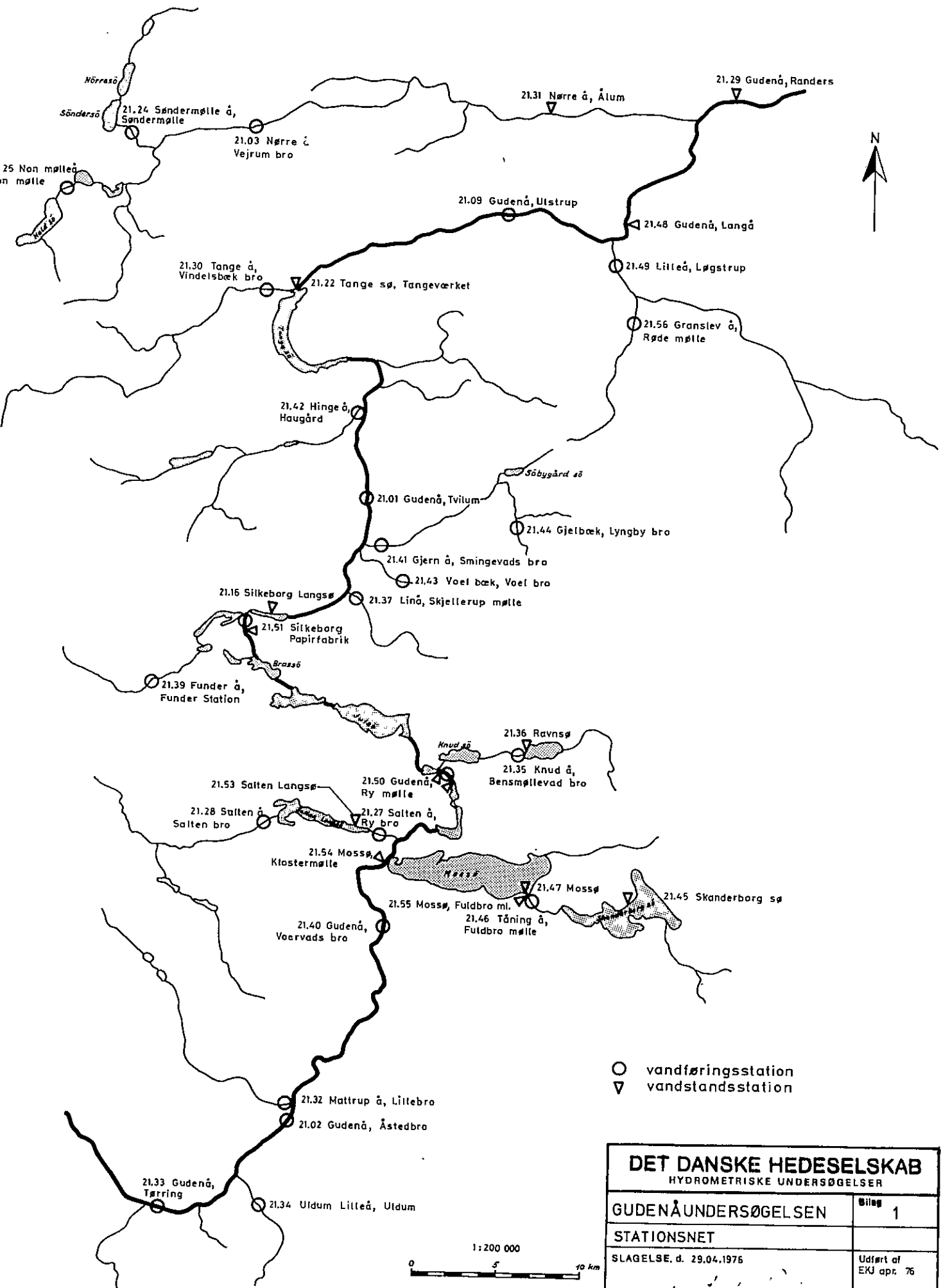
I Nørre å viser Non mølle en meget stor minimumsafstrømning, og også ved Vejrumbro fås en ret stor værdi.

For Søndermølle å gælder som tidligere anført, at tallene herfra er behæftet med ret stor usikkerhed på grund af dårlige målebetingelser. Iøvrigt bemærkes, at afstrømningen her er kraftigt påvirket af fordampningen i Viborgsøerne. Iøvrigt er den daglige minimumsvandføring i Søndermølle å meget afhængig af turbinereguleringen ved Søndermølle.

Slagelse, den 30.04.76

P. Dybbel-Andersen

BILAG 1
STATIONSKORT

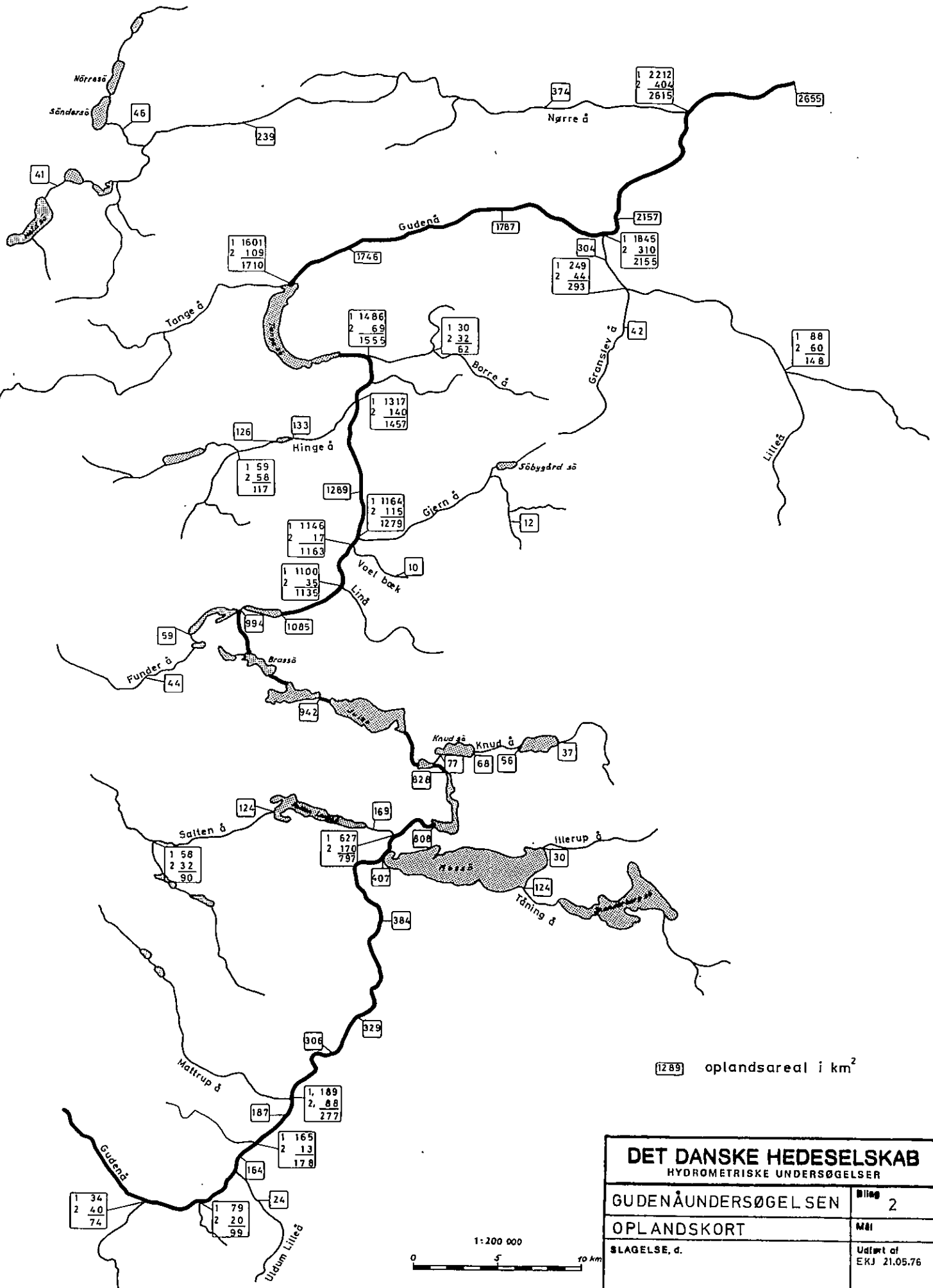


○ vandføringsstation
 ▼ vandstandsstation

DET DANSKE HEDESELSKAB HYDROMETRISKE UNDERSØGELSER	
GUDENÅUNDERSØGELSEN	Bilag 1
STATIONSNET	
SLAGELSE, d. 29.04.1976	Udført af EKJ apr. 76

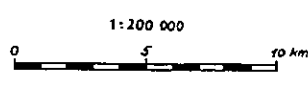
BILAG 2

EKSEMPEL PÅ OPTEGNING
OG TABELUDSKRIFT AF VANDFØRINGSDATA



[1289] oplandsareal i km²

DET DANSKE HEDESELSKAB HYDROMETRISKE UNDERSØGELSER	
GUDENÅUNDERSØGELSEN	Bilag 2
OPLANDSKORT	Mål
SLAGELSE, d.	Udført af EKJ 21.05.76



25.02.1976

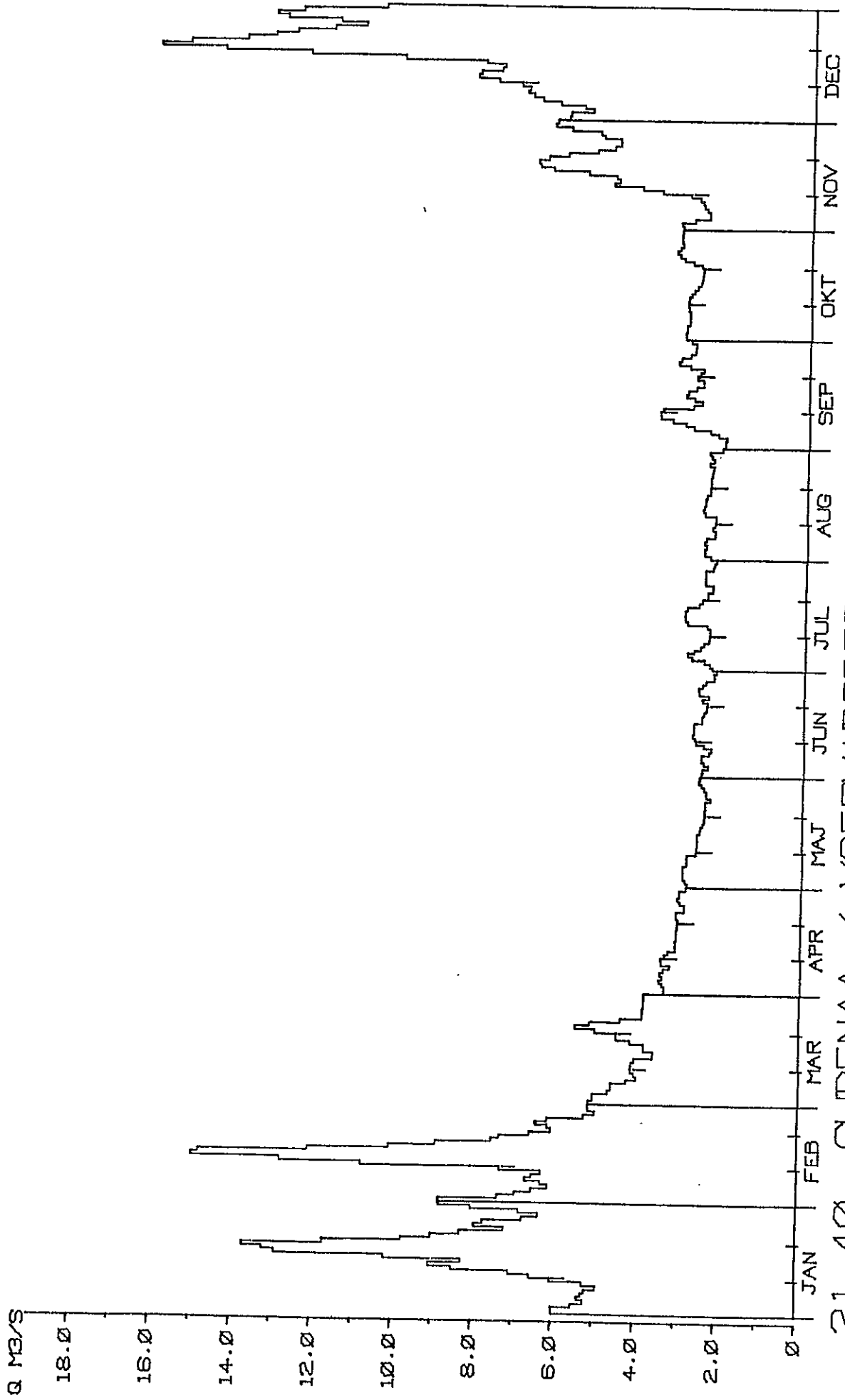
1974

21-40 GUDENAA / VOERVADSEBO

DAGLIG MIDDELVANDFØRING I L/SEK

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC
1	6000	8850	5180	3350	2830	2490	2310	2410	2070	3090	3200	6060
2	5990	7380	5080	3350	2890	2480	2380	2550	2070	3090	3260	5990
3	5490	6950	5080	3420	2960	2340	2510	2550	2060	3090	2890	5450
4	5190	6530	4710	3490	2950	2470	2790	2480	2250	3080	2550	5660
5	5380	6120	4620	3400	2950	2530	2930	2550	2450	3010	2540	6280
6	5280	6320	4620	3470	2940	2530	2720	2480	2860	3010	2620	6710
7	5180	6730	4250	3380	2860	2330	2580	2280	3080	3000	2700	6950
8	4890	6520	3990	3220	2850	2270	2510	2280	3370	3000	2720	7090
9	5260	6310	4070	3450	2850	2470	2370	2340	3680	3060	2800	7020
10	6040	7360	4150	3440	2630	2680	2370	2270	3680	3050	3030	7260
11	6550	10800	4140	3350	2620	2690	2370	2270	3610	3040	3720	7840
12	7070	12800	4130	3270	2610	2760	2370	2270	2860	3030	4220	8310
13	8510	15000	4040	3110	2610	2700	2440	2540	2650	2950	4920	8240
14	9080	14800	3610	3100	2600	2700	2920	2600	2850	2870	4770	7720
15	8260	12100	3610	3090	2600	2710	2990	2540	3070	2790	4880	7650
16	10200	10100	3850	3080	2520	2510	2990	2530	2990	2710	5540	8130
17	12900	8920	3850	3080	2510	2510	2990	2530	2770	2710	6430	10200
18	13200	7560	4180	3070	2440	2450	2920	2470	2630	2700	6760	12500
19	13700	7340	4530	3060	2430	2390	2630	2400	2630	2690	6790	14600
20	11700	6590	4520	3050	2430	2390	2560	2400	2770	2680	6520	16200
21	9740	6080	5060	3050	2420	2400	2430	2400	2690	2740	6060	15400
22	9010	6180	5520	3110	2420	2530	2430	2400	2620	2940	5330	14000
23	8310	6480	5140	3110	2410	2340	2290	2390	2970	3140	4910	13300
24	7190	6170	4400	2880	2400	2610	2290	2370	3260	3280	4760	12800
25	7960	5280	3880	2870	2270	2620	2490	2350	3180	3340	4780	11900
26	7730	5000	3870	3010	2390	2490	2490	2330	2960	3260	5170	11100
27	6760	5180	3870	3080	2390	2420	2490	2460	2820	3170	5280	11700
28	6340	5180	3860	3000	2450	2230	2490	2320	2810	3240	5970	13100
29	6860	3860	3860	2990	2510	2240	2290	2390	2810	3230	6390	13300
30	8050	3850	3850	2840	2570	2180	2280	2450	2950	3220	6330	12700
31	8850	3840	3840	2560	2560	2220	2220	2130	3210	3210	2540	10600
MIDDEL	7830	7880	4300	3170	2610	2480	2540	2410	2850	3010	4590	9860
MAX	13700	15000	5520	3490	2960	2760	2990	2600	3680	3340	6790	16200
MIN	4890	5000	3610	2840	2270	2180	2220	2130	2060	2680	2540	5450

PERIODEN 1.01 TIL 31.12.74: MIDDEL: 4450 MAX: 16200 D.20.12.74 MIN: 2060 D.03.09.74



21.40 GUDENAA / VOERVADSBRO 1974
 PLOTTET D. 01.03.1976 AF