

RAPPORT

21 1994

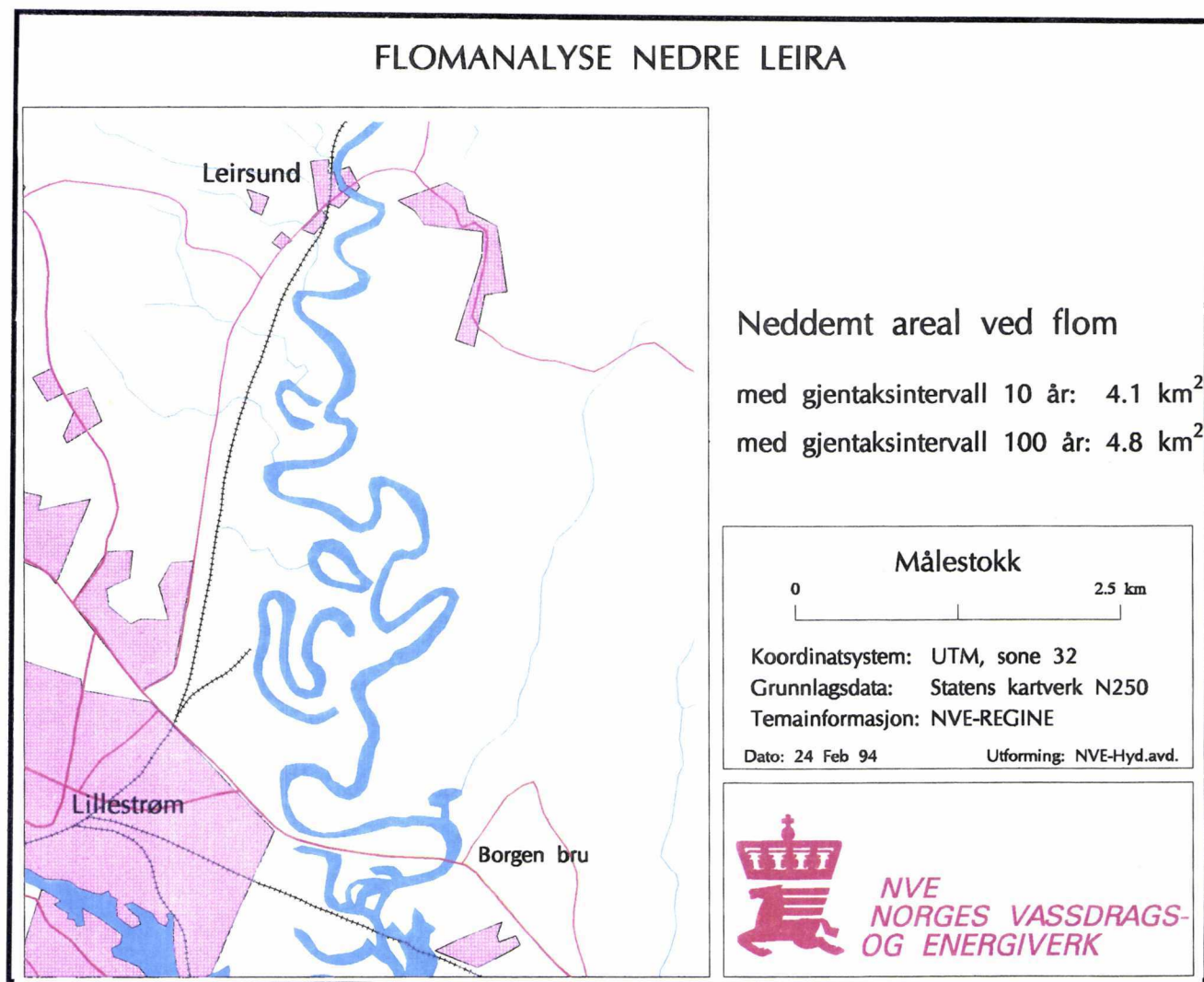


NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

Bjarne Krokli
Astrid Voksø

FLOMLINJEBEREGNING OG FLOMSONEKART FOR NEDRE DEL AV LEIRA (002.CAZ)

Revidert utgave





NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL FLOMLINJEBEREGNING OG FLOMSONEKART FOR NEDRE DEL AV LEIRA (002.CAZ) REVIDERT UTGAVE	RAPPORT 21 1994
SAKSBEHANDLER Bjarne Krokli og Astrid Voksø	DATO 01.09.94
	RAPPORTEN ER åpen
OPPDRAUGSGIVER Akershus fylkeskommune ved Vannbruksplanutvalget for Romerike	OPPLAG 5

SAMMENDRAG

Det er utført flomlinjeberegning i nedre del av Leira for strekningen Frogner bru til Borgen bru. Beregningen er gjort ved hjelp av en hydrodynamisk modell for flommer med gjentaksintervall 10, 20, 50, 100 og 200 år.

Resultatet fra beregningen er brukt i framstilling av flomsonekart som viser hvilke arealtyper som blir oversvømt ved flommer med gjentaksintervall 10 og 100 år.

EMNEORD/SUBJECT TERMS

Flomlinjer
Flomsonekart
Oppdragsrapport

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Arne Tollan
avd. direktør

**NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK**

FORORD

Som et oppdrag for Akershus fylkeskommune, ved Vannbruksplanutvalget for Romerike, ble NVE bedt om å beregne flomlinjer og framstille flomsonekart for området fra Øyeren til Leirsund.

Denne rapporten dokumenterer resultatene fra flomlinjeberegningen som tabeller og kart.

Flomlinjer er beregnet for flommer med gjentaksintervall 10, 20, 50, 100 og 200 år.

Det er også undersøkt hvordan vannstanden i Øyeren påvirker lokale flommer i Leiras nedbørfelt.

Flomsonekart er laget for flommene med gjentaksintervall 10 og 100 år.

Til flomlinjeberegningen er benyttet en hydrodynamisk modell, MIKE 11, og kartframstillingen er gjort ved hjelp av det geografiske informasjonssystemet ARC/INFO.

Oslo, august 1994.


Bjarne Krokli
fung. seksjonssjef

INNHold

	Side
1. INNLEDNING	2
2. VASSDRAGET	2
3. MODELLEN	4
4. FLOMLINJEBEREGNINGEN	5
5. VURDERINGER	8
6. FLOMSONEKART	8
7. LITTERATUR	9
8. APPENDIX	10

1. INNLEDNING

Leira hadde i oktober 1987 og september 1988 to regnflommer som førte til skader på eiendom. De største skadene var på hus i tettstedet Leirsund.

Størrelsen på flommene ble beregnet av Hydrologisk avdeling til henholdsvis ca 230 m³/s (16.10.87) og 160 m³/s (03.09.88). Det knytter seg usikkerhet til denne beregningen da det ikke blir registrert vannstand/vannføring mellom stasjonene Kråkfoss (Vm 1572,0) i øvre del av Leira og Mørkfoss (Vm 394,0) ved utløpet av Øyeren.

Forut for flomlinjeberegningen ble det ved hjelp av flomfrekvensanalyse beregnet flommer med ulike gjentaksintervall for Leira ved Leirsund:

Gjentaksintervall (år)	Flom (m ³ /s)
10	169
20	190
50	216
100	235
200	255

2. VASSDRAGET

Vassdraget Leira (002.CAZ) ligger i Akershus fylke. Totalt feltareal er ca 659 km². I hovedtrekk består vassdraget av elva Leira og sideelva Gjermåa.

Kartskisse er vist i figur 1.

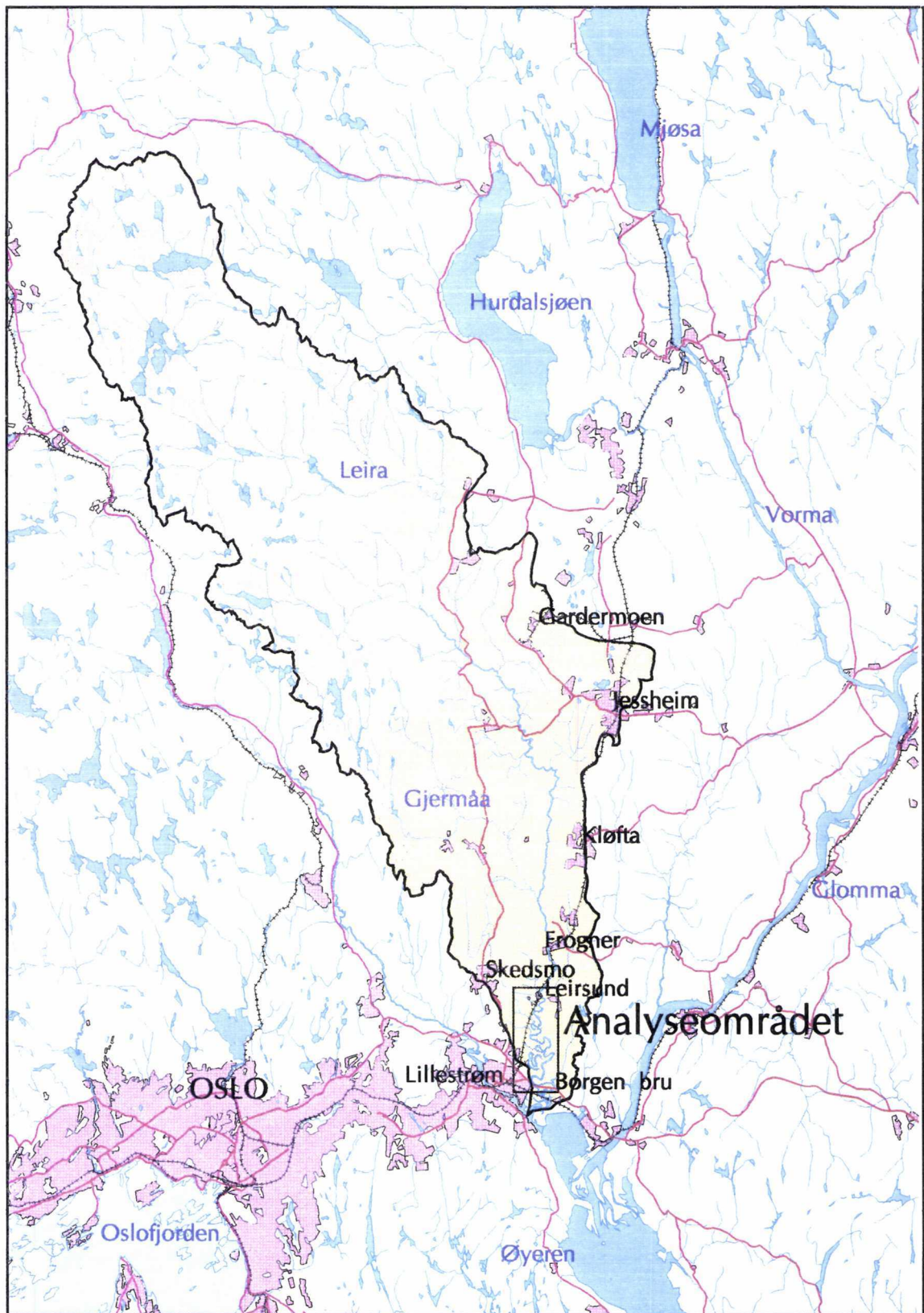


Fig. 1. Leiravassdraget.

3. MODELLEN

Modellen som ble benyttet er utviklet ved Dansk Hydraulisk Institut (DHI). Det er en PC-basert endimensjonal modell hvor de hydrauliske forutsetningene er ivaretatt ved løsning av Saint Venants ligninger (bevaring av masse og lineær bevegelsesmengde (impuls)):

$$\text{I:} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

$$\text{II:} \quad \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\alpha Q^2}{A} \right] + \frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{g|Q|Q}{C^2 AR} = 0$$

Her er

Q = vannføring, m^3s^{-1}

A = tverrsnittareal, m^2

q = lateral innstrømning, m^2s^{-1}

h = vannstand over referansenivå, m

C = Chezy motstandskoeffisient, $\text{m}^{1/2}\text{s}^{-1}$ (C er dybdeavhengig, Manningstallet, M , benyttes vanligvis)

R = Hydraulisk- eller motstandsradius, m

α = impulsfordelingskoeffisient

Ligning II. kan også inneholde ledd som behandler vindkrefter og impuls fra lateral innstrømning. Overkritisk strømning løses ved at første ledd i ligning II settes lik 0. Forøvrig vises til Mike 11 Technical Reference (1).

Ligningene blir løst ved en implisitt metode som fulltids-sentrerte differensialligninger i et gridnett hvor punktene blir bestemt automatisk. Løsningsmetoden er den såkalte "Double sweep method" med glatting av ikke lineære ledd.

Beregning av vannstand og vannføring blir foretatt i punkter som vist i figur 2. Punkter merket h tilsvarende tverrsnitt i elva som er lagt inn i modellen. Her beregnes vannstander. Midt mellom tverrsnittene beregnes vannføring (Q -punkter).

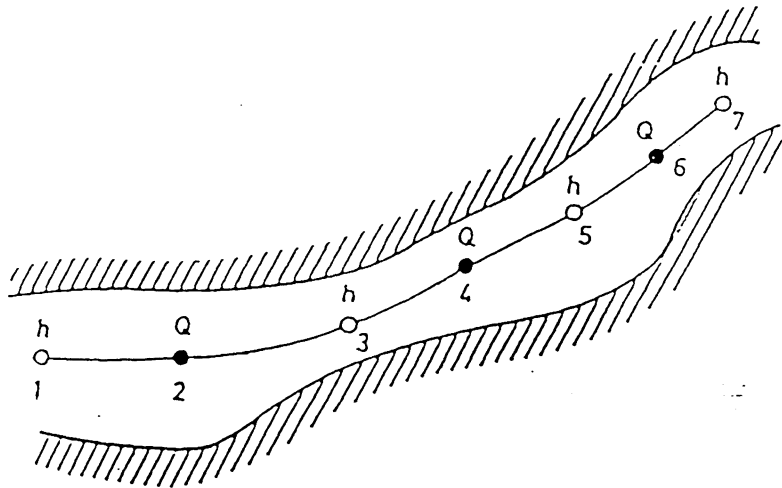


Fig. 2: Beregningspunkter i elvestrekning.

4. FLOMLINJEBEREGNINGEN

Det ble benyttet 48 tverrprofiler til modellering av Leira på strekningen Frogner bru til Øyeren (NSBs bru). Dette tilsvarer ca tre profil for hver km. Profilene på strekningen Leirsund til Borgen bru er de samme profilene som NVE-Vassdragsavdelingen har benyttet i forbindelse med forbygningsarbeider. I tillegg har Hydrologisk avdeling målt opp profiler ved Frogner bru, ved NSBs bru i Frogner og ved NSBs bru ved Øyeren.

For å kalibrere modellen med hensyn på ruheter er det benyttet registrerte flomhøyder i forbindelse med flommene i 1987 og 1988.

Resultatet av beregningen er gitt i etterfølgende tabell. Første kolonne er lengdeangivelse i Leira relatert til Kråkfoss (Frogner bru: 16.550 km, Borgen bru 32.600 km). De fire neste kolonner gir flomvannstand i kotehøyde for flommer med gjentaksintervall 100, 50, 20 og 10 år.

Vannstanden i Øyeren for de fire flommene er satt til kote 103.06 for flom med gjentaksintervall 100 år og 200 år, og kote 102.64 for de tre andre. Vannstanden ved Mørkfoss vannmerke (utløpet av Øyeren) var 16.10.87 kote 102.36. Observasjoner antyder en oppstuvning fra syd til nord i Øyeren på ca 0.70 m (pga. lokalflom og vind). Ved denne vannstand vil utløpet fra Øyeren være ca 2550 m³/s med en omløpstunnel i bruk. Ved flommen i hovedvassdraget i 1967 steg Øyeren til kote 106.60.

Lengde-	Gj.int.	100	50	20	10
koordinat	Vstøyeren	103.06	102.64	102.64	102.64
16.550	Frogner bru	107.72	107.51	107.20	106.93
17.450		107.42	107.22	106.93	106.67
17.735	NSB bru	107.36	107.16	106.87	106.61
18.670		107.12	106.92	106.64	106.39
19.670		106.79	106.60	106.34	106.11
19.786		106.74	106.55	106.29	106.06
20.090	Leirsund gangbru	106.61	106.42	106.17	105.94
20.310		106.54	106.36	106.10	105.88
20.488		106.51	106.33	106.08	105.85
20.588		106.47	106.29	106.04	105.82
20.894		106.38	106.20	105.96	105.74
21.045		106.34	106.16	105.91	105.70
21.309		106.29	106.11	105.87	105.66
21.670		106.23	106.06	105.82	105.61
21.972		106.19	106.01	105.78	105.57
22.410		106.07	105.90	105.67	105.47
22.914		105.97	105.81	105.58	105.38
23.426		105.87	105.71	105.49	105.30
24.058	Asak	105.78	105.62	105.41	105.21
24.486		105.72	105.56	105.34	105.15
25.100		105.63	105.46	105.24	105.05
25.318		105.59	105.42	105.20	105.01
25.568		105.53	105.36	105.14	104.95
25.684		105.50	105.33	105.12	104.92
26.140		105.43	105.26	105.04	104.86
26.620		105.35	105.17	104.95	104.76
26.858		105.32	105.14	104.92	104.73
27.203		105.25	105.07	104.85	104.66
27.445		105.19	105.01	104.79	104.61

27.767		105.15	104.96	104.75	104.56
27.961		105.11	104.92	104.70	104.52
28.417		105.01	104.82	104.61	104.43
28.741		104.94	104.74	104.54	104.36
29.100		104.87	104.67	104.46	104.29
29.306		104.82	104.61	104.41	104.24
29.772		104.75	104.54	104.34	104.17
30.040		104.69	104.48	104.28	104.11
30.238		104.63	104.41	104.22	104.05
30.492		104.57	104.35	104.15	103.99
30.712		104.47	104.21	104.03	103.87
31.082		104.28	104.04	103.87	103.73
31.644		104.10	103.84	103.68	103.55
32.000		104.02	103.75	103.59	103.46
32.248		103.98	103.70	103.54	103.41
32.468		103.92	103.62	103.47	103.34
32.600	Borgen br	103.84	103.54	103.39	103.28
33.800	NSB bru	103.07	103.65	102.65	102.64
33.807		103.06	103.64	102.64	102.64

Det ble også gjort beregning for å påvise hvilken effekt vannstanden i Øyeren har på flomlinjene i Leira. Det ble beregnet flomlinjer for 10-årsflom og 100-årsflom hvor vannstanden i Øyeren ble senket 0.50 m i forhold til flomlinjene i tabellen over.

Det viser seg da at den senkede vannstanden i Øyeren bare påvirker flomlinjene opp til 2-3 km ovenfor Borgen bru. Videre oppover elva faller flomlinjene sammen. Dette er vist på flomlinjediagram i appendix.

Spørsmål om beregning av flomlinjer for flom med gjentaksintervall 200 år kom etter at beregningen for de andre flommene var gjort og er ikke tatt med i tabellen. Det kan nevnes at vannstanden vil være 0.22 m høyere ved Frogner bru, 0.18 m høyere ved Leirsund gangbru, 0.15 m høyere ved Asak og 0.11 m høyere ved Borgen bru sammenlignet med flom med gjentaksintervall 100 år.

5. VURDERINGER

Modellberegningene viser at ved lokalflom i Leira har en forskjell i vannstand i Øyeren på 0.50 m (i området kote 102 til 103) bare innvirkning på vannlinjene til ca 2-3 km ovenfor Borgen bru. Flomlinjediagrammet antyder at dette kan gjelde for området kote 102 til 104. Flere modellkjøringer kan avklare dette.

Forholdene som bestemmer kapasiteten til elveleiet vil derfor være avgjørende for vannlinjehøyden ved Leirsund.

Bunnålen i elva har en rekke terskler i området ved Jølsen gård. Den høyeste ligger ca 0.75 m over bunnen ved Leirsund gangbru. Dette **kan** ha innvirkning på vannlinjehøyden ved Leirsund.

Et annet moment er at det finnes en rekke lokale forbygninger i forbindelse med utnytting av jordbruksarealer. Leira er en sterkt meandrerende elv (elvelengden mellom Leirsund og Borgen bru er mer enn dobbelt så lang som luftlinjen).

Før forbygningene kom hadde elven større muligheter til å ta "snarveier" ved flomforhold. Dette **kan** også ha påvirket vannlinjehøyden ved Leirsund.

Et svar på hvilken betydning de to momentene har kan avklares ved videre modellberegninger hvor bunnprofil og forbygninger modelleres på ulike måter.

6. FLOMSONEKART

Det fantes økonomisk kart for området med høydekurver med 1 meters ekvidistanse. Da disse ikke fantes digitalt, ble digitalisering utført ved NVE. Alle høydekurver under 109 meter og alle elver og vann ble digitalisert.

Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), hadde data om arealbruken innenfor området. NVE har kjøpt data for analyseområdet, som er på ca. 8 km².

NVEs GIS benytter ARC/INFO med modulene TIN og GRID. TIN er en trekantmodell og GRID behandler rasterdata.

Høydekurvene er via TIN overført til GRID med en rutestørrelse på 2 x 2 meter. Hver rute har en høydeverdi. Dette er blitt en terrengmodell bestående av 3,6 millioner ruter.

Flomhøyder beregnes i punkter langs elva. Ut fra disse flomhøydene genereres en trendflate for hvert gjen-

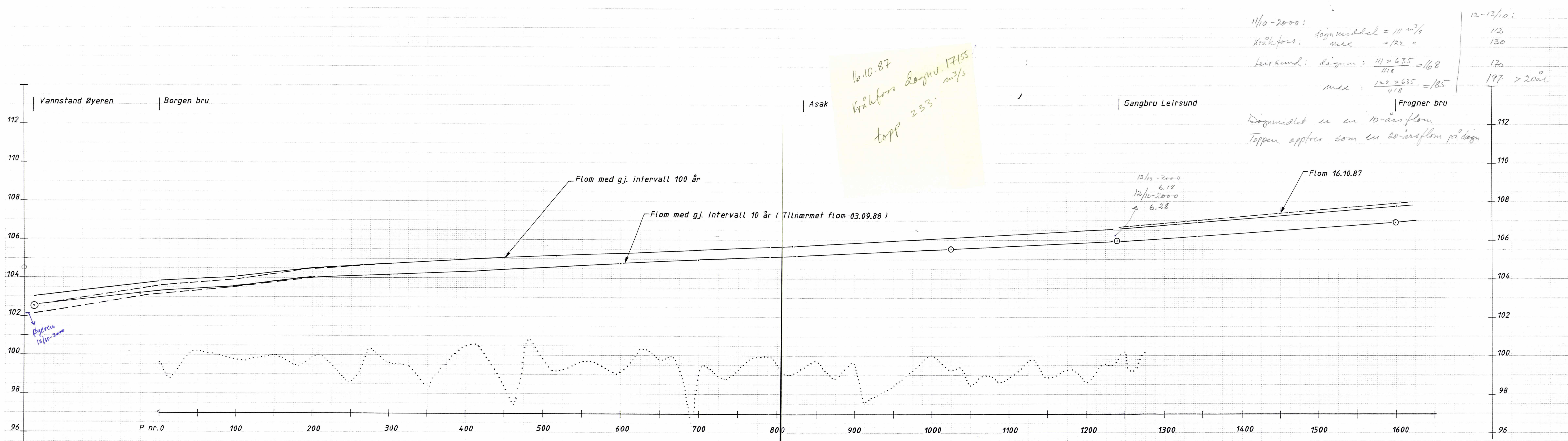
taksinterval. En linje over elva ved hvert av tverr-profilene trekkes ut fra elva og til grensen for analyseområdet. Linjene må ikke krysse hverandre. Det medfører at ikke alle tverr-profilene benyttes. Hver av disse linjene tilordnes høyden på den spesifikke flommen i det punktet linjen er trukket ut fra. Deretter splittes linjene opp i punkter med 2 meters avstand. Ut fra disse punktene genereres en trendflate for hele analyseområdet. Områdene mellom punktene får tilordnet verdier ved interpolering.

De områder som er utsatt for flom bestemmes ved å trekke trendflaten fra grunnlagets terrengmodell. De ruter som har høyere høydeverdi enn trendflaten blir ikke berørt av flom, mens de som har lavere høydeverdi, dvs. ligger lavere i terrenget blir berørt av flommen. Ut fra dette lages geografiske polygoner som representerer flomutsatte områder ved forskjellige gjentaksintervall på flom.

For å presentere resultatet av analysen har vi benyttet digital kartfremstilling. Det er utarbeidet kart for gjentaksintervallene 10 år og 100 år som viser hvilke typer areal det er i de områder som blir berørt av flommen. På hvert kart er også beregnet hvor stort areal og hvor lang strekning som blir berørt.

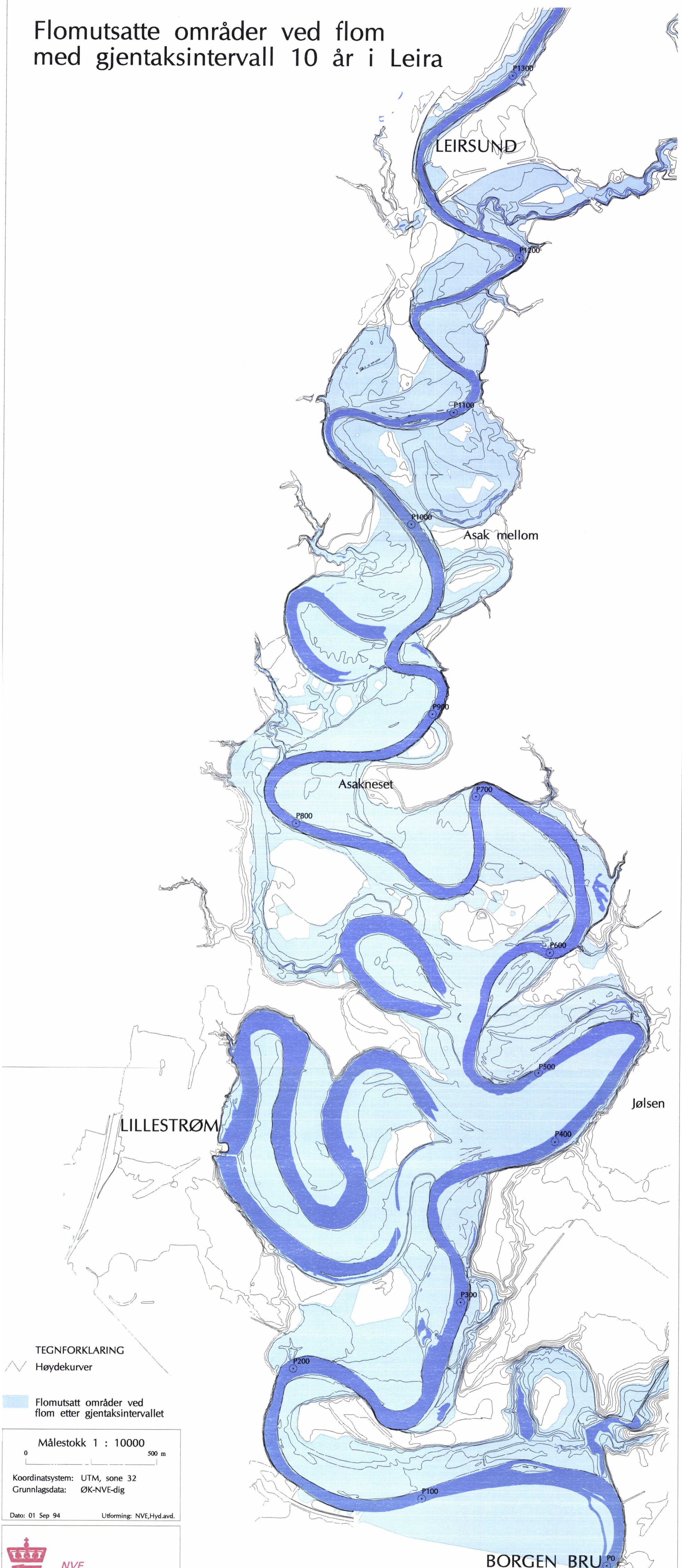
6. LITTERATUR

- (1) Dansk Hydraulisk Institut
MIKE 11 Technical Reference



Kommune				Fylke		
Målt	Tegn.	Kont.	Dato	Målestokk	NVE AVD: H	
Sak Flomlinjer, Leira.						
Tegn. nr.					Erstatning for	Erstattet av
10- og 100-års flommer.					Tegn. nr.	
Henvisning			Endring		Vassdr. nr.	Format

Flomutsatte områder ved flom med gjentakintervall 10 år i Leira



TEGNFORKLARING

Høydekurver

Flomutsatt områder ved flom etter gjentakintervall

Målestokk 1 : 10000

0 500 m

Koordinatsystem: UTM, sone 32

Grunnlagsdata: ØK-NVE-dig

Dato: 01 Sep 94

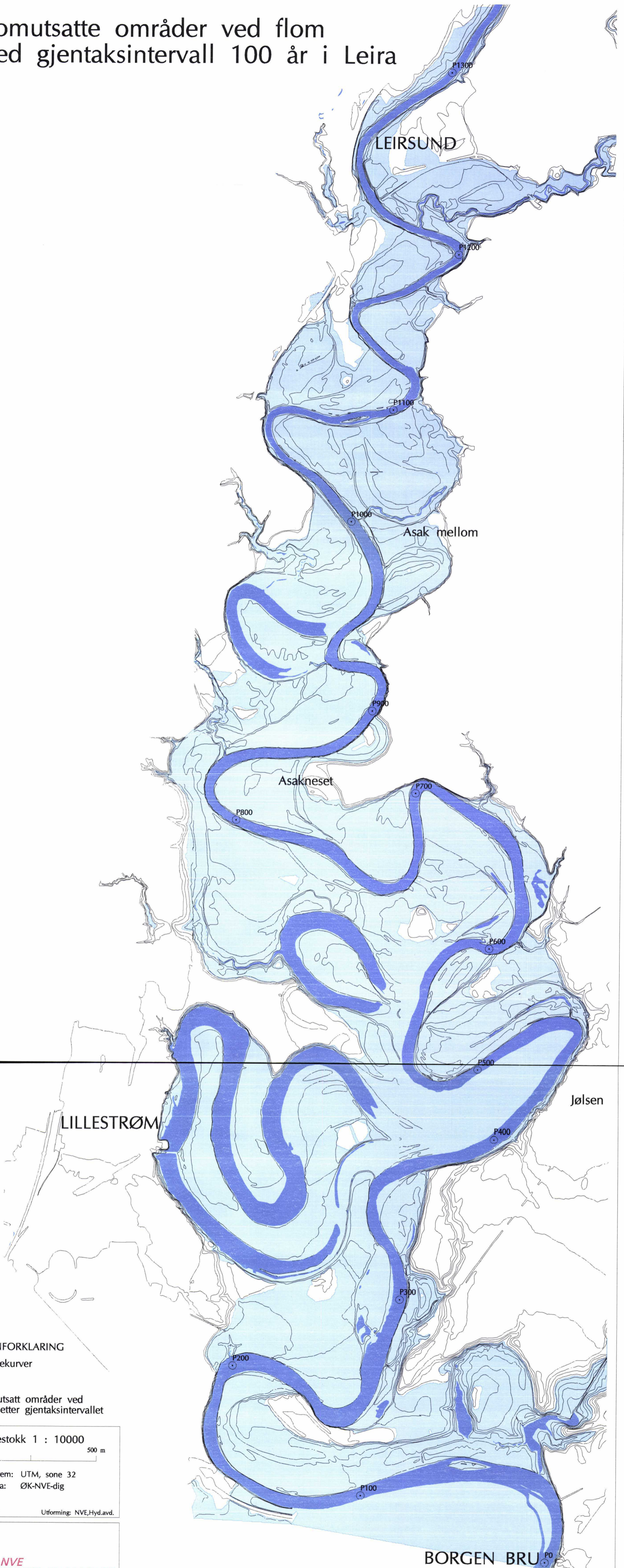
Utforming: NVE,Hyd.avd.



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

BORGEN BRU P0

Flomutsatte områder ved flom med gjentaksintervall 100 år i Leira



TEGNFORKLARING

Høydekurver

Flomutsatt områder ved flom etter gjentaksintervallet

Målestokk 1 : 10000

0 500 m

Koordinatsystem: UTM, sone 32
Grunnlagsdata: ØK-NVE-dig

Dato: 01 Sep 94

Utforming: NVE,Hyd.avd.



BORGEN BRU P0

Flomutsatte områder ved flom med gjentakintervall 10 år i Leira

Jordbruk

Skog

Veier og tettsteder

Areal av de ulike arealtyper berørt av flom i km²

Fulldyrka	2.068
Anna jordekt fastmark	0.1905
Gjødsla beite	0.0003
Lauvskog	0.9781
Blandingskog	0.0235
Barskog	0.006
Myr	0.0224

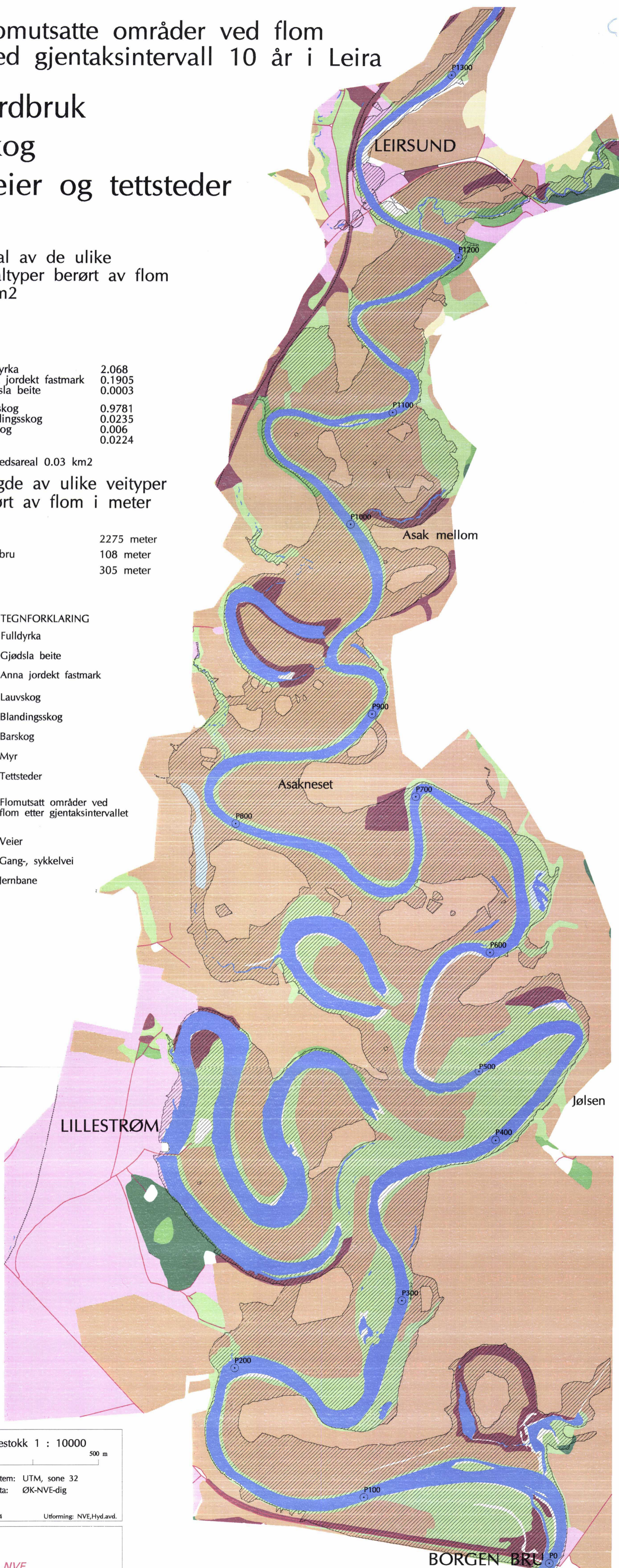
Tettstedsareal 0.03 km²

Lengde av ulike veityper berørt av flom i meter

Vei	2275 meter
Gangbru	108 meter
Bru	305 meter

TEGNFORKLARING

- Fulldyrka
- Gjødsla beite
- Anna jordekt fastmark
- Lauvskog
- Blandingskog
- Barskog
- Myr
- Tettsteder
- Flomutsatt områder ved flom etter gjentakintervallet
- Veier
- Gang-, sykkelvei
- Jernbane



Målestokk 1 : 10000

0 500 m

Koordinatsystem: UTM, sone 32
Grunnlagsdata: ØK-NVE-dig

Dato: 01 Sep 94

Utforming: NVE,Hyd.avd.



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

BORGEN BRU P0

Flomutsatte områder ved flom med gjentaksintervall 100 år i Leira

Jordbruk
Skog
Veier og tettsteder

Areal av de ulike arealtyper berørt av flom i km²

Fulldyrka	2.6168
Anna jordekt fastmark	0.203
Gjødsla beite	0.0024
Lauvskog	1.0115
Blandingskog	0.0263
Barskog	0.0079
Myr	0.0224

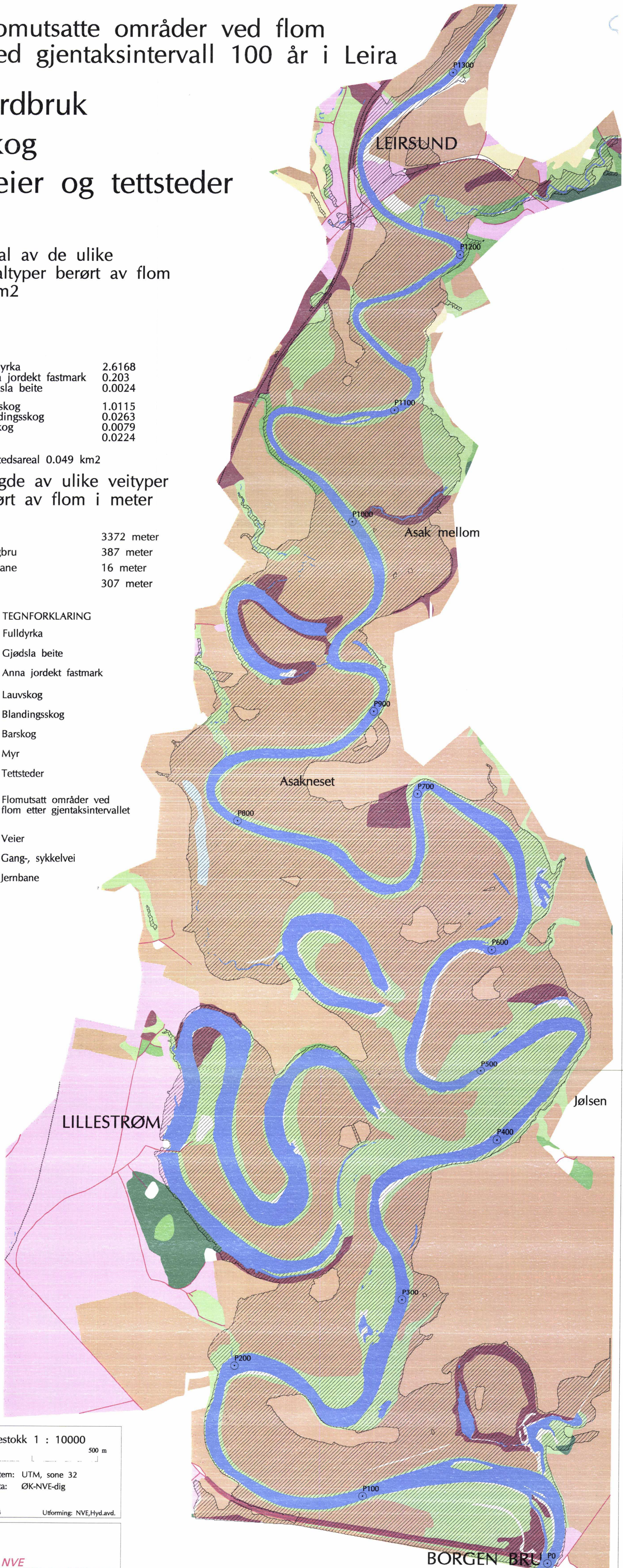
Tettstedsareal 0.049 km²

Lengde av ulike veityper berørt av flom i meter

Vei	3372 meter
Gangbru	387 meter
Jernbane	16 meter
Bru	307 meter

TEGNFORKLARING

-  Fulldyrka
-  Gjødsla beite
-  Anna jordekt fastmark
-  Lauvskog
-  Blandingskog
-  Barskog
-  Myr
-  Tettsteder
-  Flomutsatt områder ved flom etter gjentaksintervallet
-  Veier
-  Gang-, sykkelvei
-  Jernbane



Målestokk 1 : 10000

0 500 m

Koordinatsystem: UTM, sone 32
Grunnlagsdata: ØK-NVE-dig

Dato: 01 Sep 94

Utforming: NVE,Hyd.avd.



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

BORGEN BRU

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

I 1994 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

- Nr 1 Truls Erik Bønsnes og Lars Andreas Roald: Regional flomfrekvensanalyse. Sambandet mellom momentanflom og døgnmiddelflom. (45 s.)
- Nr 2 Steinar Myrabø: Sæternbekken forsøksfelt. (29 s.)
- Nr 3 Edward Witczak: Vurdering av grustak i Stjørdalselva ved Måsøra - Hofstadøra. Stjørdal kommune, N-Trøndelag. Vassdrag nr. 124. A0. (11 s.)
- Nr 4 Bjarne Krokli: Q 100 og Q 1000 avløpsflom med naturlig utløpsprofil i Ulldalsvatn og Bergsvatn (079.Z). (13 s.)
- Nr 5 Rune Dahl, Hans Otnes og Frode Trengereid: Årsrapport for NVEs interne havarigruppe. (8 s.)
- Nr 6 Harald Sakshaug: Vassdragsteknisk vurdering av interimsvai ved bygging av ny Vikersund bru. (5 s.)
- Nr 7 Astrid Voksø, Bjarne Krokli: Flomlinjeberegning og flomsonekart for nedre del av Leira (002. CAZ). (9 s.)
- Nr 8 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Lærdalsvassdraget (073.Z). (36 s.)
- Nr 9 Ole Einar Tveito og Hege Hisdal: A study of regional trends in annual and seasonal precipitation and runoff series. (30 s.)
- Nr 10 Einar Beheim, Eirik Smidt Eriksen: Vassdragsteknisk seksjon 1993. (73 s.)
- Nr 11 Nils-Otto Kitterød: The Haslemoen-project - main results and experiences. (56 s.)
- Nr 12 Roger Sværd: Beregning av normalavløp for Taraldsvik kraftverk. (9 s.)
- Nr 13 Bjarne Krokli: Vannlinje- og avløpskurveregning for utløpet av Ostevatn (067.6Z). (9 s.)
- Nr 14 Rune Dahl, Hans Otnes og Frode Trengereid: Uværet i Nord-Norge vinteren 1993. Hva har vi lært? (21 s.)
- Nr 15 Ingebrigt Bævre: Oversvømte arealer langs nedre deler av Orkla ved en middelflom. Orkdal kommune, Sør-Trøndelag. Vassdrag nr. 121.Z. (7 s.)
- Nr 16 **BEGRENSET**
- Nr 17 Hallvard Berg: Uprøving av erosjonssikringstiltak i Slemdalsbekken. (20 s.)
- Nr 18 Dag Bachke (red.): Vassdragstilsynet. Årsversikt 1993. (36 s.)
- Nr 19 Arve M. Tvede: Vanntemperaturen i Suldalslågen. Forholdet mellom vanntemperatur, vannføring og værforhold i perioden 15. april - 15. juni. (20 s.)
- Nr 20 Roger Sværd: Flomberegning for Andfiskåga i Ranavassdraget. (15 s.)
- Nr 21 Astrid Voksø, Bjarne Krokli: Flomlinjeberegning og flomsonekart for nedre del av Leira (002.CAZ). Revidert utgave. (10 s.)