

# EKSAMEN

<b>Emnekode: IRB24016-1 18 H</b>	<b>Emnenavn: Geoteknikk og anleggsteknikk</b>
<b>Dato: 03.04.2019</b> <b>Sensurfrist:</b>	<b>Eksamenstid: 3 timer</b>
<b>Antall oppgavesider: 2</b>  <b>Antall vedleggsider:6</b>	<b>Faglærer: Lars Marius Brekke, Jan Gunnar Grimstad</b>  <b>Oppgaven er kontrollert: Christian Lunde</b>
<b>Hjelpemidler: Enkel kalkulator</b>	
<b>Om eksamensoppgaven: Oppgave 1 og 2 teller 30% hver, oppgave 3 teller 40%</b>	
<b>Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig</b>	



### Oppgave 1 - 30% Lette fyllinger

- a) Kompensert fundamentering: Du skal legge ut en underbygning av 1,2 meter skumglass («glasopor») over et areal på 2520 m<sup>2</sup> for 6 stk rekkehus med 4 leiligheter i 2 etasjer i hver av de 6 enhetene. Angi utleggingsprosedyre, komprimeringer og totalforbruk av løst skumglass.
- b) Vi forutsetter at 1,2 m med leire med tyngdetetthet 20 kN/m<sup>3</sup> blir erstattet med skumglasset nevnt over med tyngdetetthet på 3,5 kN/m<sup>3</sup>. Hva kan vekten av hver av de 24 leilighetene være uten at grunnen får en ekstra belastning?

### Oppgave 2 - 30% Fjellarbeider

- a) Tenk deg en situasjon med dagsprengning med en pall på 4-12 meter høy. Pallen er ferdig boret med 5 rader, ladet med ulike tennernummer pr rad og klar for detonering. Redegjør for hvordan sprengningsforløpet er i pallen etter detonering?
- b) I en fjellskjæring er det krav til kontur. Forklar begrepet «Presplitting» i denne sammenheng og hvordan utføres den? Hvilke andre metoder kan vi bruke for å få en pen skjæring?
- c) Du skal planlegge en grøftesprengning som er 4 meter dyp og 2 meter bred. Bor hullene med kast på 3:1 og beregn 4 hull i bredden. Underboring gjøres med 0,5 meter med 50mm borkrone. Bruk en tenner pr hull av typen elektrisk tenner (VA) med motstand 3,6 ohm. Lag en skisse av grøften sett ovenfra med totalt 20 hull der forsetningen er 1,0 meter. Det skal være en tenner pr hull og koble tennerne i serie. Hva blir totalmotstanden i ohm når en skal legge til at tennkabelen (skytekabelen) har en motstand på 5 ohm?  
I hvert hull bruker vi sprengstoff av typen EMULEX 2 PLUS med patron diameter 30mm og lengde 700mm. Hver patron veier 0,54 kg. Lad hull fra bunn til topp minus fordemning på 1,1 meter. Hva blir total ladningsmengde av sprengstoff og ladningsmengde pr m<sup>3</sup> fjell? Tegn også vertikalt snitt av et borhull med ladet sprengstoff.

### Oppgave 3 Veiteknologi

Det skal bygges en ny vei inn til Oslo, det er forventet relativ høy trafikk belastning. Det er dimensjonert en 4-felts vei med en antatt  $\text{ÅDT-T}=15\%$ . veien er dimensjonert for en 20 års periode fra åpningsåret med en årlig trafikk vekst på 2%.

- A) Bergen ÅDT ut i fra nevnte opplysninger ovenfor, gjennomsnittlig antall aksler per kjøretøy kan settes til 2,4. sum ekvivalent 10 tonns aksler pr. felt i dimensjoneringsperioden er beregnet til 21 millioner, trafikk gruppe F
- B) Det skal dimensjoneres en overbygning for veien beskrevet over. (ved manglende svar i oppgave A benytt  $\text{ÅDT}$  35 000) Sett opp et forslag til overbygning. Anta bæreevnegruppe 3. Anta knust fjell, lite finstoff drenert i frostsikring. Det må sikres at både Bærelagsindeks og Styrkelagsindeks er i henhold til håndbokkrav beskrevet i HB N200.
- C)
1. Ved hvilken  $\text{ÅDT}$  skal veier frost isoleres?
  2. For å unngå svært tjukke lag i overbygningen. Hva annet en XPS kan brukes som frost isolasjon?
  3. Ved frostsikring velges det materialer i rekkefølge etter tilgjengelighet grunnet pris, sett opp prioritert rekkefølge på isolasjonsmaterialer for veien 1-4?
  4. Ved bestemmelse av dekketype skal det i tillegg til trafikbelastningen tas hensyn til ?
  5. Hvilke 3 faktorer må være på plass for at frost skal være et problem for veien ?
  6. Nevn kort nedbrytningsfaktorer fra trafikklaster?
  7. Nevn 2 tester for steinmaterialer benyttet i veibygging?
  8. Definere uttrykkene Ressurskapasitet og Skiftkapasitet?
  9. Hva er forskjellen på massetransport og masseflytting?
  10. Hva bør foreligge før det graves på et prosjekt på og ved vei?

## Vedlegg

1 felts veg:  $f = 1,0$   
 2 felts veg:  $f = 0,5$   
 4 felts veg:  $f = 0,4$

$E = 0,207$  ved tillatt aksellast 8 tonn

$E = 0,301$  ved tillatt aksellast 9 tonn

$E = 0,424$  ved tillatt aksellast 10 tonn

$$N = f \times \text{ADT}_T \times 365 \times ((1,0 + 0,01 \times p)^n - 1) / (0,01 \times p) \times C \times E$$

Bærelagstype	Øvre bærelag						Nedre bærelag					
	Trafikkgruppe <sup>1)</sup>						Trafikkgruppe <sup>1)</sup>					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Knust grus <sup>2)</sup>	Gk											
Knust fjell	Fk											
Asfaltert grus	Ag											
Asfaltert pukk	Ap											
Penetrert pukk	Pp											
Gjenbruksasfalt <sup>3)</sup>	Gja											
Knust asfalt	Ak											

1) Nedre grense er økonomisk betinget. Øvre grense er satt av funksjonsmessige årsaker.

2) Knust grus brukes ikke på riksveg eller som øvre bærelag på vegger med  $N > 0,2$  mill.

3) Bruken av Gja bør vurderes i hvert enkelt tilfelle, se pkt 512.6.

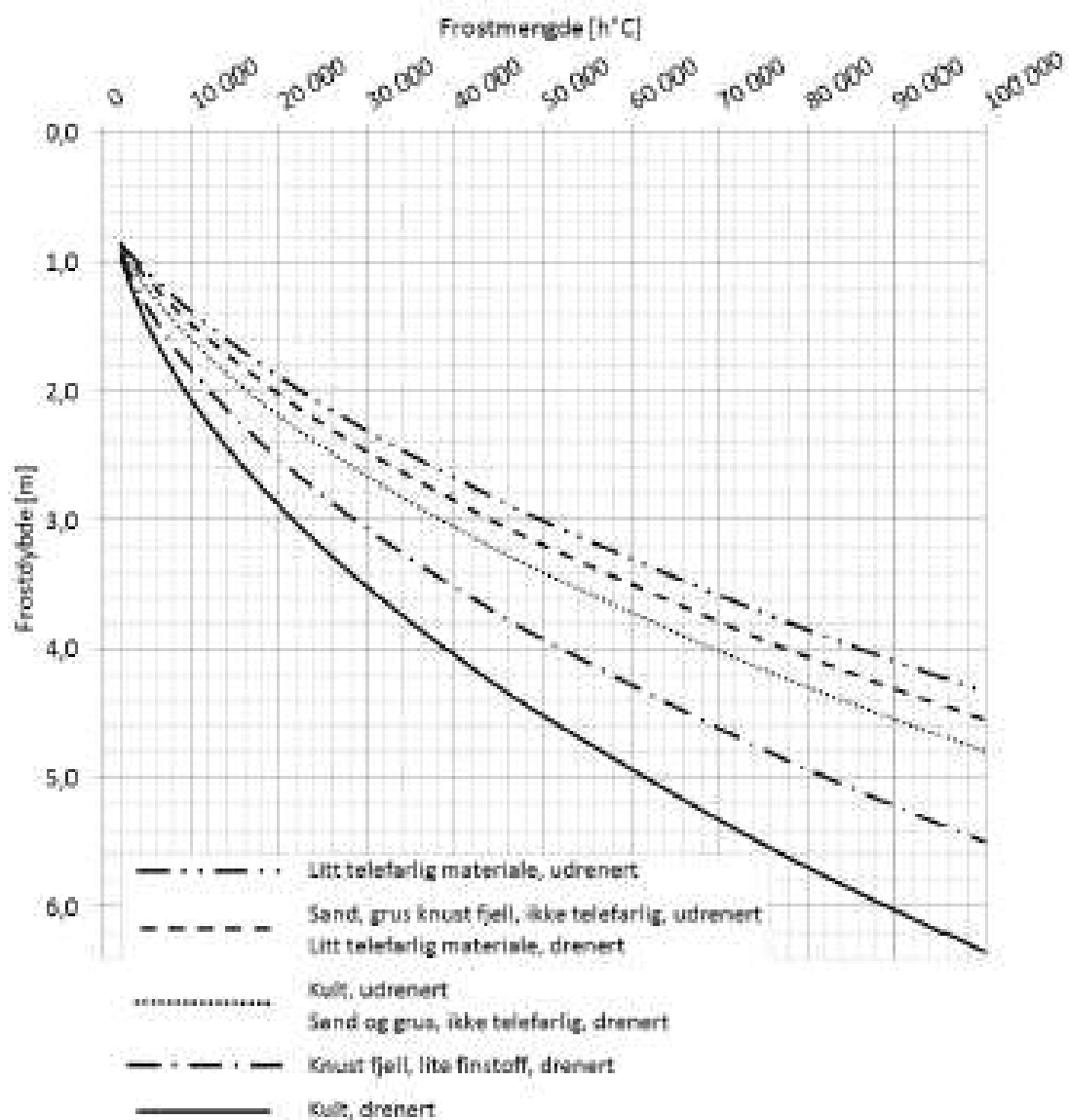
Figur 510.7 Bruksområder for materialer i bærelag

		Trafikkgruppe					
		A	B	C	D	E	F
Grus	G						
Pukk, kult	P, K						
Gjenbruksbetong	Gjb						

Figur 510.8 Bruksområder for materialer i forsterkningslag

<b>a</b>	Material- beteg- nelser	Bindemiddel Kvalitet vegbitumen Kvalitet myk bitumen	Lastfordelings- koeffisient, normalverdi	Vannemfintlig materiale
				7-15 % < 63 µm
<b>Vegdekker</b>				
Varmblandet asfalt unntatt drengasfalt	Sta, Top, Ab, Agb, Ska	Vegbitumen 35/50	3,5	
		50/70-160/220	3,0	
		≥ 250/300	2,5	
Drengasfalt	Da	Vegbitumen, PMB	2,0	
Mykasfalt	Ma	Myk bitumen V <sub>2</sub> ≥6000	1,5	
		V<6000	1,25	
Emulsjonsgrus, tett	Egt	Vegbitumen	2,0	
		Myk bitumen V <sub>2</sub> ≥6000	1,5	
Asfaltskumgrus	Asg	Myk bitumen V <sub>2</sub> ≥6000	1,75	
		V<6000	1,5	
Enkelt/dobbel overflatebehandling	Eo/Do	Vegbitumen	1,5	
		Myk bitumen	1,25	
Enkelt/dobbel overflatebehandling med grus	Eog/Dog	Myk bitumen V <sub>2</sub> ≥6000	1,5	
		V<6000	1,25	
Gjenbruksasfalt, kaldprodusert	Gja	Vegbitumen	1,75	
		Myk bitumen	1,5	
<b>Bærelag</b>				
Asfaltert grus	Ag	Vegbitumen 50/70-160/220	3,0	
		≥ 250/300	2,75	
Asfaltert pukk	Ap	Vegbitumen	2,0	
Penetrert pukk	Pp	Vegbitumen,	1,5	
Gjenbruksasfalt, kaldprodusert	Gja	Vegbitumen	1,75	
		Myk bitumen	1,5	
Gjenbruksbetong	Gjb I		1,25	
Forkilt pukk	Fp		1,25	
Knust fjell	Fk		1,35	
Knust asfalt	Ak		1,35	
Knust grus	Gk		1,25	
<b>Forsterkningslag</b>				
Grus, Cu ≥ 15			1,0	
Pukk, kult			1,1	
Knust asfalt	Ak		1,1	
Gjenbruksbetong	Gjb I		1,0	
	Gjb II		0,9	
<b>Isolasjonslag</b>				
Skumglass			0,9	
Lettklinker			0,9	
<b>Frostsikringslag</b>				
Pukk, kult			1,0	0,75
Sand, grus, Cu ≥ 15			1,0	0,75
Sand, grus, Cu < 15			0,75	0,5

Figur 510.9 Lastfordelingskoeffisienter, a



Figur 511.4 Frostdybde ved frostsikring med knust fjell, sand eller grus, årsmiddeltemperatur 4°C.

Frostsikringslag	Antatt vanninnhold i frostsikringslag	Årsmiddeltemperatur °C					
		-2	0	2	4	6	8
Kult, drenert	1,0 %	-	1,86	1,21	1,00	0,87	0,79
Knust fjell, lite finstoff, drenert	2,0 %	1,92	1,40	1,15	1,00	0,90	0,82
Kult, udrenert	4,0 %	1,43	1,23	1,10	1,00	0,92	0,86
Sand, grus, knust fjell, ikke telefarlig, drenert							
Sand, grus, knust fjell, ikke telefarlig, udrenert	6,0 %	1,29	1,17	1,08	1,00	0,94	0,89
Litt telefarlig materiale, drenert							
Litt telefarlig materiale, udrenert	8,0 %	1,22	1,13	1,06	1,00	0,95	0,90

Figur 511.5 Korreksjon av frostdybde ved frostsikring med knust fjell, sand eller grus dersom årsmiddeltemperatur avviker fra 4°C.

Materialtype i grunnen	Nødvendig tykkelse, cm
Grus, sand, morene, T3	30
Silt, leire, T4, $c_u \geq 50$ kPa	50
Silt, leire, T4, $c_u$ 37,5-50 kPa	60
Silt, leire, T4, $c_u$ 25-37,5 kPa	80
Silt, leire, T4, $c_u < 25$ kPa <sup>1)</sup>	110

1) For undergrunn av leire med  $c_u < 20$  kPa skal sikkerhet mot grunnbrudd vurderes spesielt

Figur 511.3 Nødvendig tykkelse på nederste lag mot undergrunnen ut fra anleggstekniske forhold

D	DEKKE (SLITELAG OG BINDLAG) AV BITUMINØSE MASSER (lagtykkelser i cm)			
	ADT (i åpningsåret)			
Dekketype	0 - 1500	1500 - 3000	3000 - 5000	> 5000
Myke dekketyper	4,0	4,0		
Stive dekketyper	3,0 over 3,0	3,5 over 3,0	4,0 over 3,0	4,5 over 3,5

Figur 512.1 Valg av dekkeløsninger (slitelag og bindlag), lagtykkelser i cm

ADT	Ant. kjørefelt	Telefarlig-hetsklasse	Frostsikring	
			Dim. frostmengde	Maks <sup>1)</sup> tykkelse overbygning
> 8000	4 eller flere	T3, T4	F <sub>100</sub>	2,4 m
> 8000	< 4	T3, T4	F <sub>10</sub>	2,4 m
1501 - 8 000		T3, T4	F <sub>10</sub>	1,8 m
≤ 1500		T3, T4	Tiltak for å unngå ujevnt telehiv skal vurderes <sup>2)</sup>	1,8 m

- 1) Begrepet «maks» betyr i denne sammenheng at den angitte tykkelse normalt er tilstrekkelig til å unngå uakseptable telehiv selv om frostdybden er større.
- 2) Tiltak for å unngå ujevnt telehiv skal baseres på frostmengden F10.

Figur 511.1 Dimensjonerende frostmengde og maksimum tykkelse av overbygning.



# H/S/A

## DIMENSJONERINGSTABELL FOR HOVED-, SAMLE- OG ADKOMSTVEGER (lagtykkelser i cm)

		TRAFIKKGRUPPE (Antall ekvivalente 10 t aksler pr. felt i dimensjoneringsperioden, N, mill.) Beregning av trafikkgruppe, se pkt 510.2					
		A ( < 0,5 )	B ( 0,5 - 1 )	C ( 1 - 2 )	D ( 2 - 3,5 )	E ( 3,5 - 10 )	F ( > 10 )
DEKKE		Dekketype og tykkelse velges på grunnlag av ADT i åpningsåret, se pkt. 512.3 / figur 512.1					
BÆRELAG		Tykkelse (cm), bærelag					
Anbefalte materialer:		9	10	11	12	13	14
Ag		5 over 6	6 over 7	6 over 8	7 over 8	7 over 9	7 over 10
Ag over Ap		5 over 10	6 over 10	7 over 10	8 over 10		
Ag over Ak		6 over 5	6 over 7	6 over 9	6 over 10		
Ag over Gja <sup>3)</sup>		5 over 10	6 over 10	7 over 10			
Ag over Fk		20					
Fk							
FORSTERKNINGSLAG PÅ							
Materialtype i grunnen:		Bæreevne gruppe	Tykkelse (cm), forsterkningslag med lastfordelingskoeffisient $\alpha = 1,0$				
Fjellskjæring, steinfylling, T1 <sup>2)</sup>		1	30	30	30	30	30
Grus Cu $\geq 15$ , T1		2	30	30	30	30	30
Grus Cu < 15, T1		3	30	30	40	50	50
Sand Cu $\geq 15$ , T1							
Fjellskjæring, steinfylling T2 <sup>6)</sup>		4 <sup>7)</sup>	40	40	50	60	70
Sand Cu < 15, T1 <sup>4)</sup>							
Grus, sand, morene, T2		5	50	60	70	70	80
Grus, sand, morene, T3		6 <sup>7)</sup>	60	70	70	80	90
Silt, leire, T4, $c_u \geq 50$ kPa		6	60	70	80	80	90
Silt, leire, T4, $c_u 37,5-50$ kPa		6	60	70	80	80	90
Silt, leire, T4, $c_u 25-37,5$ kPa		6	60+20 <sup>1)</sup>	70+10 <sup>1)</sup>	80	80	90
Silt, leire, T4, $c_u < 25$ kPa <sup>2)</sup>		6	60+50 <sup>1)</sup>	70+40 <sup>1)</sup>	80+30 <sup>1)</sup>	80+30 <sup>1)</sup>	90+20 <sup>1)</sup>
BÆRELAGSINDEKS $B_{I_s}$ <sup>5)</sup>			39	45	50	54	62
							65
<p>1) Tall med pluss foran er knyttet til anleggstekniske forhold.</p> <p>2) For undergrunn av leire med <math>c_u &lt; 25</math> kPa skal forsterkningslagstykkelse og sikkerhet mot grunnbrudd vurderes spesielt.</p> <p>3) Tykkelsene forutsetter en lastfordelingskoeffisient på min. 1,75. Ved lastfordelingskoeffisienter mellom 1,35 og 1,75 må tykkelsen økes for å overholde kravene til indeksverdier.</p> <p>4) Sand med Cu &lt; 5 skal vurderes særskilt.</p> <p>5) Definisjon av bærelagsindeks (<math>B_{I_s}</math>), se vedlegg 4.</p> <p>6) Fjellskjæring omfatter både dyp- og grunnsprengning, for grunnsprengning er det krav om min 0,75 m fra vegoverflate til topp av knøler, se pkt. 226.3.</p> <p>7) Tykkelsen på forsterkningslag over isolasjonslag av XPS, lettklinker og skumglass må også vurderes ut fra anleggstekniske forhold.</p> <p>GRUNNFORSTERKNING: Nødvendig tykkelse av grunnforsterkningslag for at dette skal kunne betraktes som undergrunn ved dimensjonering av overbygning er vist i figur 510.10.</p> <p>FROSTSIKRING: Om bæreevnemessig dimensjonering ved ulike typer frostsikring, se kap. 511.</p> <p>Cu og <math>c_u</math>: For velgraderte og/eller grove masser brukes <i>graderingstall</i> (<math>C_u</math> eller <math>C_u</math>, fra engelsk: Coefficient of uniformity) som er definert som <math>d_{60}/d_{10}</math>, se vedlegg 13. For leire brukes begrepet <i>udrenert skjærfasthet</i> (<math>c_u</math>, engelsk: cohesion, undrained).</p>							

Figur 512.2 Dimensjonering av vegger med asfaltdekke, lagtykkelser i cm



Vedlegg 2 – Årsmiddeltemperatur og frostmengder

Kommune-nummer	Kommune-navn	Årsmiddel-temperatur	Frostmengder, h °C				Korreksjonsfaktorer	
			F <sub>2</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>100</sub>	Min	Maks
215	Frogn	5,9	5000	10000	13 000	24 000	0,93	1,02
216	Nesodden	5,7	5000	10000	13 000	23 000	0,95	1,03
217	Oppegård	5,8	5000	10000	13 000	24 000	0,95	1,04
219	Bærum	5,8	6000	11000	14 000	24 000	0,94	1,34
220	Asker	5,6	6000	10000	13 000	23 000	0,95	1,25
221	Aurskog-Holand	4,5	9000	16000	20 000	33 000	0,92	1,18
226	Sorrum	4,8	8000	14000	17 000	29 000	0,95	1,12
227	Fet	5,0	7000	13000	16 000	28 000	0,96	1,16
228	Rælingen	5,1	6000	11000	14 000	24 000	0,99	1,16
229	Enebakk	5,0	7000	13000	17 000	29 000	0,90	1,07
230	Lørenskog	5,3	8000	11000	14 000	24 000	0,99	1,05
231	Skedsmo	5,2	6000	11000	14 000	24 000	0,99	1,23
233	Nittedal	4,9	7000	12000	16 000	26 000	0,90	1,51
234	Gjerdrum	4,5	9000	14000	18 000	30 000	0,94	1,07
235	Ullensaker	4,3	9000	15000	19 000	32 000	0,89	1,12
236	Nes	4,4	10000	16000	21 000	35 000	0,87	1,14
237	Eidsvoll	4,4	11000	18000	23 000	37 000	0,94	1,19
238	Nannestad	4,2	11000	17000	22 000	36 000	0,87	1,22
239	Hurdal	4,0	13000	20000	25 000	41 000	0,91	1,25
<b>Oslo</b>								
301	Oslo	6,4	5000	9000	12 000	21 000	0,99	1,44
<b>Hedmark</b>								
402	Kongsvinger	4,0	11000	18000	23 000	38 000	0,88	1,17
403	Hamar	4,2	11000	19000	24 000	39 000	0,98	1,39
412	Ringsaker	3,9	14000	22000	27 000	44 000	0,83	1,51
415	Løten	3,4	13000	22000	27 000	44 000	0,95	1,13
417	Stange	4,0	12000	19000	24 000	40 000	0,96	1,22
418	Nord-Odal	4,1	12000	19000	24 000	40 000	0,95	1,13
419	Sør-Odal	4,2	10000	17000	22 000	37 000	0,98	1,16
420	Eidskog	4,4	9000	16000	20 000	34 000	0,94	1,19
423	Grue	3,9	12000	20000	25 000	41 000	0,98	1,25
425	Åsnes	3,6	13000	21000	28 000	43 000	0,98	1,30
426	Våler	3,8	14000	22000	28 000	45 000	0,95	1,37
427	Elverum	3,3	15000	23000	29 000	47 000	0,98	1,49
428	Trysil	1,6	22000	34000	41 000	65 000	0,82	1,24
429	Amot	2,4	18000	27000	34 000	54 000	0,99	1,26
430	Stor-Elvdal	2,1	17000	26000	32 000	51 000	0,89	1,54
432	Rendalen	2,2	14000	21000	27 000	43 000	0,99	1,58
434	Engerdal	0,1	24000	36000	44 000	69 000	0,88	1,08
436	Tolga	0,8	20000	30000	37 000	60 000	0,94	1,34
437	Tynset	1,2	17000	27000	34 000	55 000	0,70	1,17
438	Aldal	1,6	17000	26000	32 000	51 000	0,89	1,18
439	Follidal	0,3	21000	31000	37 000	58 000	0,86	1,29
441	Os	0,4	20000	31000	38 000	59 000	0,98	1,24
<b>Oppland</b>								
501	Lillehammer	3,8	14000	22000	27 000	43 000	0,91	1,52
502	Gjøvik	4,3	12000	19000	23 000	38 000	0,99	1,36
511	Dovre	2,6	12000	19000	23 000	37 000	0,96	1,97
512	Lesja	1,3	17000	26000	32 000	50 000	0,59	1,34
513	Skjåk	2,4	17000	26000	32 000	50 000	0,48	1,35
514	Lom	2,3	16000	25000	30 000	48 000	0,90	1,78
515	Vågå	3,0	11000	18000	23 000	37 000	0,90	3,00
516	Nord-Fron	3,6	11000	17000	21 000	34 000	0,94	1,66
517	Sel	3,2	10000	16000	20 000	32 000	0,99	1,71
519	Sør-Fron	3,3	13000	20000	25 000	39 000	0,88	1,71
520	Ringebu	3,6	14000	21000	25 000	40 000	0,93	1,97
521	Øyer	3,6	16000	25000	30 000	48 000	0,83	1,18
522	Gausdal	3,6	14000	21000	28 000	42 000	0,93	1,80
528	Østre Toten	4,0	12000	20000	25 000	40 000	0,92	1,33
529	Vestre Toten	3,4	13000	21000	26 000	42 000	0,97	1,17
532	Jevnaker	4,5	10000	17000	21 000	34 000	0,99	1,17