



Peleprosjektet

volum 1




FoU-prosjekt Riksantikvaren
2005 - 2007

PUBLIKASJONENS NAVN:	PELEPROSJEKTET – VOLUM 1 FOU-PROSJEKT, RIKSANTIKVAREN 2005-2007
UTFØRENDE INSTITUSJON:	RIKSANTIKVAREN
OPPDRAAGSGIVER:	RIKSANTIKVAREN
FAGLIG ANSVARLIG:	SJUR HELSETH; HARALD IBENHOLT; ANN CHRISTENSSON
ANSVARLIG HOS OPPDRAGSGIVER:	HARALD IBENHOLT
FORFATTERE:	ANN CHRISTENSSON; RORY DUNLOP; JANN ATLE JENSEN; THOMAS HARTNIK
KONTAKTPERSON HOS OPPDRAAGSGIVER:	ANN CHRISTENSSON
FOTO FORSIDE	©RIKSANTIKVAREN OG ASBJØRN E. HERTEIG
FOTOMONTASJE	©RIKSANTIKVAREN
DATO:	26.08.2008
ANTALL SIDER / OPPLAG:	52/100
ISBN NR	978-82-7574-045-06
REG.NR:	08-65
BESTILLING:	postmottak@ra.no

Forord

Kunnskapsbasert forvaltning er et ideal. Våre avgjørelser vil aldri bli bedre enn det vi har kunnskapsmessige forutsetninger for. I en del sammenhenger er forvaltning av kulturminner avgjørende for andre samfunnsforhold. Et godt eksempel på dette er kulturlag i byer, hvor det fort kan bli en konflikt mellom ønske om en fornuftig byutvikling og beskyttelse av kulturlagene. Utgangspunktet for det arbeidet som nå er gjort var et sterkt ønske om å forene disse to interessene. Problemstillingen var hvordan kan vi bygge på kulturlagene, uten at de blir vesentlig skadet, kanskje til og med på en slik måte at det kan bidra til en langsiktig bevaring. Å gå inn i et sånt arbeid krever mot og åpent sinn. Mange etablerte "sannheter" blir utfordret. Det er vanskelig å se forskjell på det vi tror vi vet og det vi faktisk vet. Gjennom denne prosessen er vi blitt klokere og har i dag et mye tydeligere bilde av hva som er de virkelige trusler mot kulturlag. Arbeidet er også et viktig bidrag til en fornuftig arealforvaltning og utbygging i våre middelalderbyer. Nå har vi grunnlaget for en reell kunnskapsmessig forvaltning. En stor takk til alle som har bidratt med stor entusiasme og gjennomføringskraft til dette viktige arbeid.



Sjur Helseth

Fungerende assisterende direktør

Oslo 28. august 2008

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 1 Bygging på kulturlag Prosjekt 2005/2006/2007: Effekt av peling	
Ann Christensson; Rory Dunlop; Jann Atle Jensen; Thomas Hartnik	Rapport

- Abstrakt:** Målet er å bevare de «underjordiske arkivene» og samtidig legge til rette for bruk av arealene og utvikling av livskraftige bysentre.¹ Riksantikvaren har for å kunne nå målet gjennom de siste 2 årene gjennomført et FoU-prosjekt for å avklare best egnet fundamenteringsmetode i middelalderbyene. For de organiske kulturlagene i byene er det udiskutabelt at grunnvann og vanninnhold i lagene er helt avgjørende for bevaring. Vann hindrer oksygen i å nedbryte organisk materiale, og bevaring av kulturlagene henger nøye sammen med å opprettholde vanninnholdet i grunnen. Det er vesentlig å kunne foreslå ulike fundamenteringstyper som kan aksepteres uten stor utredning fra kulturminnevernet. Tiltakene vil være søknadspliktige men likevel vil anbefalinger gi større forutsigbarhet og enklere saksbehandling. Det vil fremover, med mindre det er en helt spesiell tomt, bli gitt tillatelse, etter vilkår om bl.a. prøvetaking, overvåking av grunnvann, vanninnhold og annet, til å benytte slanke borede peler i middelalderbyene. Det vil også bli gitt forslag til andre typer fundamentering som oppfyller kravene til bygging på kulturlag.

Målgruppe

Prosjektets målgruppe er lokal, regional og nasjonal kulturminneforvaltning, grunneiere og utbyggere.

Samarbeidspartnere:

Fagansvarlige:

Riksantikvaren v/ Ann Christensson (prosjektleder), Harald Ibenholt og Sjur Helseth.

Riksantikvarens Distriktskontorer.

Stiftelsen Bryggen v/ Lasse Bjørkhaug.

Prosjekt Bryggen v/ Per Morten Ekerhovd

NIKU v/ Rory Dunlop

Multiconsult AS v/ Jann Atle Jensen, Rådgivende Ingeniør, og Arild Haukeland, boreleder

Nationalmuseet i Danmark v/ Henning Matthiesen

Bioforsk v/ Thomas Hartnik

Prosjektnummer 21251003

Innsatsnummer 050139

Prosjektorganisering og prosjektansvar

Riksantikvaren:

Ansvarlig: Sjur Helseth, Riksantikvaren, Utviklingsavdelingen
Prosjektleder: Ann Christensson, Riksantikvaren, Utviklingsavdelingen
Faglig ressursperson: Harald Ibenholt, Riksantikvaren, Utviklingsavdelingen
Administrativ kontaktperson: May Britt Håbjørg, Riksantikvaren, Utviklingsavdelingen

Stiftelsen Bryggen: Lasse Bjørkhaug

Prosjekt Bryggen: Per Morten Ekerhovd, Hordaland Fylkeskommune

Deltagere

Arkeologi: Feltarbeid, prøvetaking og vurdering av kulturlag, arkeologisk beskrivelse og bevaringstilstand, rapportering

- Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU) v/ Rory Dunlop.

Kjemi: Feltarbeid, vurdering av kulturlag, kjemiske sammensetninger, rapportering

- Nationalmuseet i København v/ Henning Matthiesen,
- BIOFORSK Norge v/ Thomas Hartnik.

Geoteknikk: Boringer med borerigg, prøver, oppmåling (x, y og z), brønner og vannprøvetaking (Bryggen)

- Multiconsult AS; rådgivning om peletyper v/ Jann Atle Jensen.

¹ St.meld.nr.16.2005

Referanser:

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Veiledning om bygging på kulturlag, Ann Christensson Volum 2 Riksantikvaren

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 3.

Riksantikvaren. Rapport Arkeologiske utgravninger 4-2008. Rory Dunlop NIKU.

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 4 Notat nr. 610811-G03, datert 07.12.07 ”Peling i kulturlag”: Jann Atle Jensen Multiconsult AS.

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 5. The effect of piling on the preservation of cultural layers – Physicalchemical assessments in a soil profile adjacent to a pile.

Thomas Hartnik, BIOFORSK Soil and Enviroment and Henning Matthiesen National Museum in Denmark, Bioforsk Rapport Vol. 2 nr. 94, 2007.

The Monitoring Manual – Procedures & guidelines for the monitoring, recording and preservation of Urban Archaeological Deposits. NIKU og Riksantikvaren 2007. ISBN 82-7574-043-6.

BYGGING PÅ KULTURLAG I MIDDELALDERBYENE**Innhold**

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 1	4
Bygging på kulturlag.	4
Prosjekt 2005/2006/2007: Effekt av peling	4
Innhold	7
1. Målsetting	9
2. Bygging på kulturlag	11
2.1 Mål	11
3. Gjennomføring	13
3.1 Status 2005	13
3.2 Kunnskapsbehov	14
3.2.1 Bygningstekniske utfordringer	14
3.2.2 Hoved- og delmål	15
3.2.3 Undersøkellesmetoder og overvåking	15
3.2.4 Metoder og standarder for å overvåke grunnvann	16
3.2.5 Metoder for grøfting, infrastruktur etc	16
3.2.6 Flåtefundamentering	16
4. Middeltalderbyene	17
4.1 Vernekriterier – og skaderegistrering	18
4.2 Kulturlagsdata fra middelalderbyene	19
5. Peleprosjektet: gjennomføring	24
5.1 Metoder for datainnsamling i felt	24
5.2 Tilnærming og metoder for boreprogrammet	25
5.3 Feltarbeid	28
5.3.1 Feltarbeid 2005	28
Figur med boreriggen i Lund 2005.	28
5.3.2 Feltarbeid 2006	29
5.3.3 Feltarbeid 2007	29
5.4. Resultater	30
5.4.1 Arkeologiske resultater	30
5.4.2 Vurdering av lokalitetenes egnethet	30
5.4.3 Resultater	31
5.4.4 Vurdering av resultatene	34
5.4.5 Konklusjon: arkeologisk materiale	35
5.5. Miljøforhold peling Tønsberg	37
6. Grunnforhold og anbefalte peletyper	40
6.1 Fundamenteringsmetoder	40
6.2 Geotekniske vurderinger av kulturlagene	42

6.3 Direktefundamentering	43
6.4 Fundamentering på eldre fundamenter	43
6.5 Liggende tømmerfundamenter	44
6.6 Pelefundamentering.....	44
6.6.1 Peleinstallasjon og -typer	45
6.6.2 Valg av pelers for peling i kulturlag – avklaringer	46
6.6.3 Grunnforhold – avklaringer.....	46
6.6.4 Mål	47
6.7 Peleinstallasjon.....	47
6.7.1 Peletyper.....	48
6.8 Vurdering og tilrådning.....	49
7. Overvåkingsprosjekter knyttet til vilkår for pelefundamentering	54
7.1 Miljøovervåking.....	54
7.2 Grunnvann lokalisering og prøvetaking	55
7.3 Prøvetaking og overvåkning i umettet sone	55
8. Andre forhold.....	57
8.1 Spunting og andre støttevegger	57
8.2 Større anlegg	57
8.3 Grøftarbeider	57
8.4 Avbøtende tiltak	58
9. Diskusjon og konklusjon.....	59
10. Rapportering	63
11. Fremdrift	63
12. Budsjett, kostnader og finansiering.....	63
13. Referanser	63

1. Målsetting

St.meld.nr. 16 2005

Kulturminner og kulturmiljøer er ikke fornybare verdier. Er de en gang ødelagt kan de ikke erstattes. De er kontinuerlig utsatt for både naturlig nedbryting og ødeleggelse på grunn av menneskelig aktivitet. Det er en stor utfordring å beskytte kulturminnene og kulturmiljøene mot nedbryting, vandalisme, brann eller andre trusler.

For å møte utfordringene vil Regjeringen:

- føre en tydeligere politikk når det gjelder forvaltning av arkeologiske kulturminner og sette opp mer forutsigbare kriterier for å tillate inngrep i automatisk fredete kulturminner, jf. kapittel 4.3

Om fundamentering i middelalderbyene skrives spesielt:

- Erfaringene fra disse prosjektene skal evalueres, og metodene for bygging på kulturlag uten å grave dem ut, skal videreutvikles. Målet er å bevare de «underjordiske arkivene» og samtidig legge til rette for bruk av arealene og utvikling av livskraftige bysentre.



Figur 1. Middelalderbyen Tønsberg 2007. Behov for nytenking rundt bygging på kulturlag.

For middelalderbyene – særlige utfordringer:

Oslo, Sarpsborg, Hamar, Tønsberg, Skien, Stavanger, Bergen og Trondheim er byer som har hatt bosetting siden middelalderen. Deler av middelalderbyene er fremdeles synlige i dagens byer gjennom bystrukturer, tomtegrunner og noen få bygninger, hovedsaklig kirker. Store deler av dagens bebyggelse står direkte på sammenpressede jordlag med rester av bygninger fra middelalderen. Studier av disse kulturminnene og jordlagene gir verdifull kunnskap om deler av byenes historie som ikke går fram av skriftlige kilder. Kulturlagene er automatisk fredet etter kulturminneloven.

Hovedutfordringer:

Kulturlagene har i en årrekke stilt både kulturminneforvaltningen, kommunene og tiltakshavere overfor krevende oppgaver, blant annet knyttet til nybygging etter brann eller riving, eller ved ønske om endring i eksisterende bebyggelse.

Hvert kulturminne og kulturmiljø har sitt særlige trusselbilde, som må få sitt motsvar i særlige tiltak. Målet er å ta vare på et representativt utvalg av disse ikke-fornybare verdiene i et langsiktig perspektiv. For de organiske kulturlagene i byene er det udiskutabelt at grunnvann og vanninnhold i lagene er helt avgjørende for bevaring. Vann hindrer oksygen i å nedbryte organisk materiale. Den primære skademekanismen ville være introduksjonen av oksygenholdig luft, som ville føre til økt mikrobiologisk aktivitet, som ville resultere i økt nedbrytning av organisk materiale. Dette er faktisk samme prinsipp som man ser ved kompostering.

Andre kjemiske parametere er også vesentlige å forstå, men ikke like viktige som vannet og oksygenet.

Punktvis undersøkelser og beregninger viser at omkring en prosent av de kjente arkeologiske kulturminnene forsvinner hvert år. En viktig årsak er at det ikke er tatt nok hensyn til disse kulturminnene i arealkrevende aktiviteter (Miljøstatus 2007).

2. Bygging på kulturlag

2.1 Mål

Riksantikvaren har anvendt begrepet ”Bygging på kulturlag” lenge. Dette er ikke en moderne oppfinnelse da de tykke kulturlagene i middelalderbyene er oppstått ved at man har bygget oppå eldre bygningsrester. Mens de eldre byggene stort sett ikke kom i konflikt med de underliggende levningene, medfører moderne fundamenteringsmetoder større inngrep i grunnen. Peling er ansett å medføre størst skade, jf foto Finnegården 3A (figur 2).



Figur 2. Rammet pel som presser kulturlagene og rester etter en liggende stakk nedover langs pelen. Finnegården 3A. Foto Karsten Kristiansen. Riksantikvarens utgravningskontor 1982.

For å undersøke dette gjennomførte Riksantikvaren, Prosjekt Bryggen og Stiftelsen Bryggen i perioden 2005 – 2007 et Forskings- og utviklingsprosjekt knyttet til ”bygging på kulturlag”.

Prosjektet ”Effekt av peling” har følgende mål:

- Sikre best mulig bevaring av kulturlagene.
- Minimalisere konflikt med andre samfunnsinteresser.

Finne metoder for å bygge på kulturlag som ikke skader kulturlagene ut over det som er akseptabelt. Peling vil medføre fysisk skade. Dette er uomtvistelig. Spørsmålet er hvor mye skade som knyttes til enkelte peletyper. Svarene må finnes via empirisk materiale ved analyser etter oppsatte kriterier:

Peletyper

- Det eksisterer et utall av peler, både i materiale (hvor det som oftest er stålkjerne og betong), og i borede eller rammede peler (enten til fast grunn eller fjell). Målet er å analysere et utvalg.
- På bakgrunn av analysen vurderes hvilke peletyper som gir minst mulig skade, størrelse (diameter), volum (også dybde), materiale (stålkjerne, betong), evt. mulige tiltak for å minimalisere skader.
- Refundamentering: vurdere bruk av peler ved gamle bygg hvor fundamentene svikter.

Arkeologiske premisser

- Undersøke bevaringstilstanden på utvalgte lokaliteter hvor det er benyttet peler til fundamentering. Prosjektet skal analysere kulturlagene for arkeologisk, geoteknisk og geokjemisk innhold, for å kunne fastlegge effekten av ulike peletyper.
- Bruke eksisterende metoder for dokumentasjon og sammenligning av kulturlagenes historiske og bevaringsmessige forhold.
- Finne parametre som forenkler overvåking over tid, dvs. parametre som angir stabile og ustabile forhold og skader.

Andre forhold

Pelene er ikke de eneste ”større” inngrepene i kulturlagene, og det vil være påkrevd å vurdere andre trusler fra store inngrep, eks. tunneler, parkeringsanlegg, større utbygninger osv. Men uten at dette vil medføre til en detaljert gjennomgang her.

3. Gjennomføring

3.1 Status 2005

”Føre-var ” prinsippet lå i 2005 til grunn for dagens forvaltning av kulturlag i middelalderbyene. All peling ble tidligere vurdert som skadelig for kulturlag, og peling avvises som regel som egnet fundamenteringsmetode slike steder. Sålefundamenterte bygninger med tilnærmet samme last som tidligere bygg, vurderes til å ha få eller ingen negative effekter. Dette har vært en foretrukket teknisk løsning. Det forutsetter imidlertid at alle andre typer inngrep som grøfter, infrastruktur etc. blir forskriftsmessig utført uten å medføre skade. Man har altså: a) en løsning man vet med en viss grad av sikkerhet at fungerer, og b) en metode vi antar kan ha skadeeffekter. Følgende oversikt viser det man vet og antar om skadeeffekter:

Spørsmål og svar:

Parameter	Toleranse	Effekt av såle	Effekt av peling
Grunnvann og vanninnhold som viktigste bevaringsparametere ²	Kritisk, og bør ikke endres, heller ikke gjennom anleggsfasen. Kan forbedres.	Ingen negativ effekt, mulig positiv pga ”damplokk”	Skal undersøkes gjennom prosjektet. Svar: Krav til overvåking.
Oksygen	Kritisk, bør ikke endres, heller ikke i anleggsfase.	Ingen negativ, komprimeres og hermetiseres	Skal undersøkes gjennom prosjektet.
Telehiv, frost	Endring til litt varmere kan aksepteres. Men temperaturens betydning for økt nedbryting, er ikke utredet.	Positiv, temperatur stabiliseres	
Temperatur, under utredning	Øking kan tolereres, hvis frost/tinesykluser reduseres.	Noe negativ effekt: Økt temperatur gir økt nedbrytning. Mangler data. Høyere temp, høyere nedbryting (HM).	Finnes ikke utredet. Svar: Det må føres rundt pelens øverste punkt for å hindre varme i å trenge ned langs pelen.
Kjemi	Kritisk, og bør	Ingen kjente effekter	Ingen, med mulig unntak

² Undersøkelser bl.a. på Bryggen har vist at grunnvannsenkingen medfører store tap av kulturlagene

	ikke endres, heller ikke gjennom anleggsfasen. Kan om ønskelig forbedres.		av konsekvenser av økt vertikal transport.
Struktur	Endring kan tolereres hvis lesbarheten opprettholdes. Bør finne metode som gir minst skade.	Effekt: Noe komprimering, men homogen med unntak av randsonene	Lokal ødeleggelse ved pel Svar: Ikke alle peletyper gir endringer. Rammede peler gir skade i dobbel størrelse av pelen. Borede peler gir ikke skade som overstiger 1 % (og kulturlagene kan tas opp i bor).

3.2 Kunnskapsbehov

Av tekniske årsaker foretrekker byggebransjen ofte pelefundamentering, fordi det antas å være mer sikkert i forhold til setninger. Det har vært antatt at peling skader og i følge ”føre var” – prinsippet er dette avskrevet som fundamenteringsmetode ved bygging på kulturlag. Her har kulturminnemyndighetenes ønske om å bevare kulturlagene ofte stått i motsetning til ønsket om å utnytte sentral byggegrunn.

3.2.1 Bygningstekniske utfordringer

Peling er foretrukket fundamentering der det ikke er fjell eller trykkfast og stabil grunn. Om de er boret, rammet eller satt ned med vann-jet er underordnet. Alle metoder er anvendelige ut fra rent geotekniske hensyn. Det er også bare en ingeniørfaglig vurdering om de skal være av stål eller betong, om de bærer på friksjon eller til fast grunn. Peling er anerkjent som grei og sikker fundamenteringsmetode av byggebransjen. Alle fundamentertyper vil avhenge av ønsket bygg over og prosjektets utforming, men det er vesentlig å kunne foreslå ulike fundamenteringstyper som kan aksepteres uten stor utredning fra kulturminnevernet. Tiltakene vil være søknadspliktige, men likevel vil anbefalinger gi større forutsigbarhet og enklere saksbehandling.

3.2.2 Hoved- og delmål

Prosjektets hovedmål er å undersøke effekt av peling, enten ved graving eller grunnboring på lokaliteter med peling, og helst i flere land for å få nok empirisk grunnlag, da det ikke er mange pelefundamenteringer i norske middelalderbyer. Videre ønsket man ulike bevaringsforhold på lokalitetene for å gi videst mulig variable forhold i grunnen for å kunne vurdere effekten og få avgjort hvorvidt teorien om at pelene skader, stemmer eller kan avvises. Hvis den kan avvises, må vi endre vår tese og tillate peling, og vilkårene utredes. Det måtte videre vurderes hvor mye man kunne la gå tapt.

Ved prosjektets oppstart fantes det lite og veldig spredt kunnskap om skadeeffektene av peling i kulturlag. Store, rammede peling har vist skade på de omkringliggende kulturlagene (Finnegården 3a, Bryggen i Bergen), og avdekking av peling her i 1982 viste strukturskader. Kulturlagene var presset sammen og dratt ned langs peling. Hvor omfattende de observerte skadene ville være over tid rundt peling og hvorvidt pelene kan sette i gang prosesser som gir en kontinuerlig nedbrytning i et større influensområde, er ikke undersøkt.

Riksantikvaren har gjennom peleprosjektet samarbeidet med English Heritage og Kulturarvsstyrelsen i København for å kunne belyse problematikk og faglige kriterier bredest mulig. I England har English Heritage utgitt en veileder for peling i kulturlag i byene, som bl.a. tar for seg ulike pelingstyper og skadesammenheng (English Heritage, Swindon 2007).

Prosjektet har følgende delmål, som knyttes til annet bevaringsarbeid i middelalderbyene:

Undersøkellesmetoder og overvåking:

1. Utvikle metode/standard for å kartlegge oppbygging og sammensetning av kulturlag
2. Utvikle metode/standard for å kartlegge bevaringstilstand i kulturlag
3. Utvikle metode/standard for å overvåke endringer i kulturlagene
4. Drøfte metode/standard for å overvåke grunnvann

3.2.3 Undersøkellesmetoder og overvåking

Kunnskap om eksisterende kulturlag er hentet fra arkeologisk undersøkelser, utgravning, boreprøver, etc., i middelalderbyene. Overvåking av kulturlagene er relativt nytt. Arbeidet var i sin innledende fase preget av usikkerhet mht. valg av parametere og metode. Mange av dataene kunne i liten grad sammenliknes og nytteeffekten av undersøkellesene varierte. Siden 2002 er størstedelen av metodeutvikling og resultater imidlertid innhentet gjennom ”Prosjekt Miljøovervåking av kulturlagene

på Bryggen” (MOV-Bryggen). Her er det utformet en metodikk som har vist seg å være meget nyttig. I løpet av de første 5 år av prosjektet har det gitt store mengder relevante data, og det er utviklet ny kunnskap om sentrale parametere ved registrering av bevaringsforhold og skader på kulturlagene. Det pågående MOV-Bryggen og prosjekt for studie av effekt av peling kan ses som to likestilte og utfyllende tiltak. Det er utviklet en veileder for kartlegging av kulturlagene og for dokumentasjon av både kulturlagenes kulturhistoriske karakter; bevaringsforhold og -tilstand, og en for miljøovervåking; prøvetaking og analyser av jord og vannprøver (RA og NIKU 2007). Videre er Norsk standard ”Krav til miljøovervåking og dokumentasjon av bevaringsforhold og bevaringstilstand av kulturlag” under utarbeidelse. Metodene tas opp i kapittel 5 og 7.

Bruken av samme systemer vil gjøre komparative analyser mulige og vil ha stor overføringsverdi for forvaltningen av middelalderbyene. Det blir lagt til grunn av det brukes grundige analyser ved alle lokaliteter.

3.2.4 Metoder og standarder for å overvåke grunnvann

Overvåking av grunnvann er et nesten ubeskrevet blad i norske geo- og byggetekniske standarder. Andre land har til dels meget strenge krav for å beskytte grunnvannet mot endringer. Store deler av historiske byer er fundamentert på organiske masser (trefundamenter og andre trekonstruksjoner av ulike typer, ”kulturlag”). I Norge må dette på sikt tas inn i overordnede planlegging og i byggeforskrifter.

3.2.5 Metoder for grøfting, infrastruktur etc

Selv om fokus i vårt arbeid er på fundamenteringsmetode, er det rimelig å anta at grøfting for infrastruktur og drenering er et større problem for kulturlagene. Undersøkelsene i 2007 viste til dels store skader etter grøftarbeid (Hartnik 2007). Det vil bli foreslått metoder, bl.a. bruk av gjenfyllingsmateriale, som vil medføre minst ødeleggelser på kulturlagene.

3.2.6 Flåtefundamentering

Flåtefundamentering har vært den anbefalte fundamenteringsmetode frem til nå og baseres på at grunnen tåler samme last som tidligere, dvs. at man forventer at komprimering av kulturlagene allerede er gjort. Det er ikke utført analyser av grunnforholdene etter at det har vært flåtefundamentert. Metoden oppfattes som ikke destruktiv mht. grunnvannsendring eller oksygentilførsel til kulturlagene.

4. Middelhalderyene

Kulturlagene i middelalderbyene er noen av de mest karakteristiske og viktigste kulturminner i Norge. Disse lag blir kontinuerlig preget av den daglige påkjenning fra byen rundt og over. De skjulte byene er i ordets sanne betydning del av det offentlige rom. Den moderne aktive by må finne en måte å dele og samhandle med den skjulte og mer sårbare eldre byen under jorden og ønsket er å finne en samlet by i balanse. Det betyr at man må foreta valg når man skal utvikle den moderne byen. Byen kan ikke eksistere uten en konstant oppdatering samtidig med at de historiske trekk brukes og ikke utviskes.

I Danmark har man vurdert alle middelalderbyene som prioriterte områder i en oppstilling utarbeidet av Kulturarvsstyrelsen (KUAS 2006).

De første norske byer ble anlagt samtidig eller rett etter kristningen og samlingen av Norge til et rike. De karakteristiske middelalderbyene, og også eldre avsetninger, har altså overlevd i opp til 1000 år. De yngre byene har lagt seg oppå de eldre og dagens byer ligger med en gjemt by som fundament under overflaten. Konturene etter de eldre byers infrastruktur er synlig i flere av våre bykjerner. Videre er mange av middelalderkirkene stadig i bruk.



Figur 3. Middelhalderske kulturlag og konstruksjoner fra utgravningene på Bryggen i Bergen som ble ledet av A. E. Herteig 1955-68 (Foto: Herteig).

Den moderne byen kan beskytte sine eldre forløpere, men også medføre at de gode bevaringsforholdene, som har holdt byen “oppe” (figur 3), påvirkes av moderne inngrep. Fram til ca år 1900 var bevaringsforholdene for de rike organiske kulturlagene i byene virkelig gode. Undersøkelser av bevaringsforholdene må ses som en del av de arkeologiske undersøkelser, men det er kun de siste 10 årene det er blitt lagt større vekt på denne del av det arkeologiske feltarbeidet. Kunnskap om nedbrytingsprosessene i kulturlagene – er en kunnskap som må til for å kunne bevare deres vitenskapelige og historiske innhold – og er av viktigere betydning i dag enn det var for bare 10 år siden.

Grunnforholdene varierer veldig både mellom byene og internt i byene og er avgjørende for bevaringsforholdene for kulturlagene. De geotekniske forhold, dvs. om det er fjell, leire eller andre typer, de geokjemiske forhold og selve sammensetningen av kulturlagene (tre, flis, kalk etc.) har stor betydning for bevaringsforholdene. Men det er vesentlig å påpeke at selv om de norske byene har ulike grunnforhold, og ulik type geoteknisk og geokjemiske forutsetninger, så er likevel mye bevart.

Arkeologiske kulturlag vil uunngåelig måtte forsvinne i en meget lang tidshorison, men under de beste betingelser kunne de overleve i lang tid fremover. Det er i midlertidig helt avhengig av at vi klarer å opprettholde de gode betingelser vi har hatt i de norske middelalderbyer. De eldste spor etter byene er nå mer enn 1000 år gamle og det er stadig gode bevaringsforhold i byene. Dessverre er mange moderne inngrep grunnen til at disse gode betingelsene endres. Riksantikvaren ønsker å fokusere på at byene kan fortsette å utvikles, men ikke på bekostning av de historiske levningene. Det er uomtvistelig at grunnvannet og vanninnhold er det som bevarer kulturlagene ved å hindre oksygenet i å nedbryte det organiske materiale. Det er påvist på Bryggen at det er store setningsskader som følge av endring i grunnvannet, noe som har medført akselererende nedbryting av kulturlagene over en så kort periode som de siste 30 årene.

4.1 Vernekriterier – og skaderegistrering

Rester av byer og bymessige anlegg eldre enn 1537, samt bygninger eldre enn 1649, er automatisk fredete kulturminner etter lov om kulturminner av 9. juni 1978 nr 50 (kml) § 4. Ved dispensasjon fra fredningen stilles det krav om at levningenes kildeverdi skal sikres – det vil i praksis si at det skal foretas arkeologiske undersøkelser eller sikring før det gis tillatelse til å bygge eller å foreta andre inngrep.³

³ Lov om kulturminner

Betingelsene for å verne kulturminnene frem for å grave dem ut bør utredes videre fremover. For å lykkes med dette må man etablere kunnskap om de parameterne som gir gode bevaringsforhold og innføre det som ledd i den daglige forvaltning av middelalderbyene. Bevaringsarbeidet i byene må baseres på samarbeid mellom kulturminnemyndighetene, arkeologiske eksperter, jordkjemiske eksperter, geoteknisk kunnskap og hydrogeologer.

De arkeologiske lag består av ikke fornybare resurser, og direkte og indirekte skader utgjør en trussel mot disse sårbare kulturminner. I perioden 1955 – 1990 ble det gjennomført utallige arkeologiske utgravninger i de fleste norske middelalderbyene. Dette førte til helt ny kunnskap og forskningsmateriale om byene. De siste 10 årene har det vært et overordnet mål å bevare det arkeologiske materiale, som stadfestet i ”the ICOMOS Charter for the Protection and Management of the Archaeological Heritage (1990), the Malta Convention (1992)⁴ and the *ArcheoCode* approved in Strasbourg (2000).⁵

Det var lite eller ingen dokumentasjon av skader knyttet til peling frem til 2005. Forsøk på å få frem signifikante bevis på skade eller ikke skade var heller ikke utredet i 2005. Det er mulig at dette tema ikke er blitt vektlagt nok faglig oppmerksomhet. Fremover vil dokumentasjon av inngrep og mulige skader/ikke skader bli påkrevd.

4.2 Kulturlagsdata fra middelalderbyene

Riksantikvaren har de siste 5 årene prioritert å få kunnskap om middelalderbyene gjort tilgjengelig gjennom arbeid med MABYREG/MABYGIS og gjennom veileder for miljøovervåking (RA NIKU).

Kartlegging av tykkelse på kulturlagene og vurdering av bevaringspotensialet i utvalgte kulturlag i de største middelalderbyene har vært et først steg i arbeidet med å utarbeide verneplaner for byene.

⁴ European Convention on the Protection of the Archaeological Heritage (Revised), Valletta, 16.1.1992. From article 2 paragraph ii: ...*the creation of archaeological reserves, even where there are no visible remains on the ground or under water, for preservation of material evidence to be studied by later generations; ...*

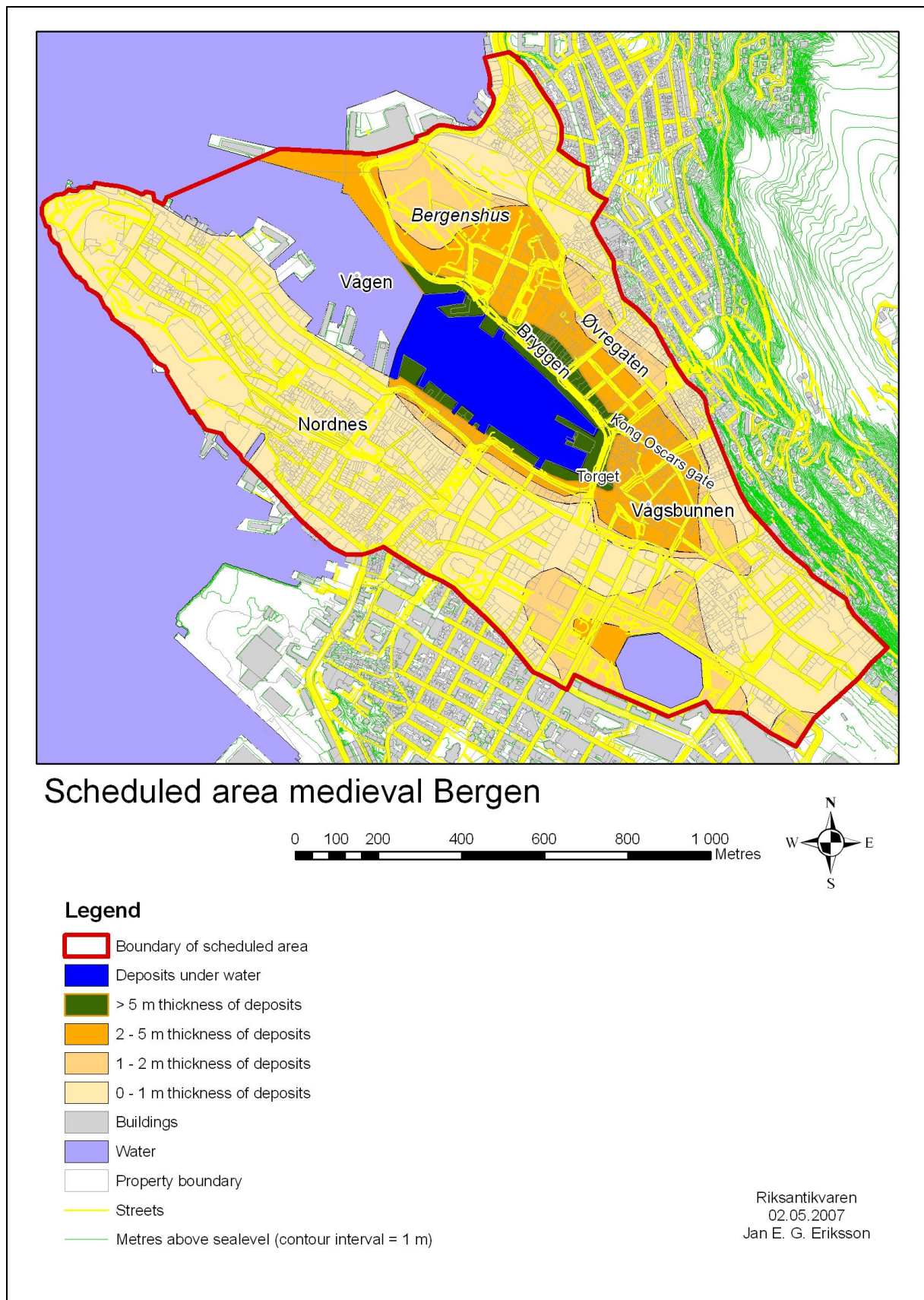
⁵ European code of good practice: “ARCHAEOLOGY AND THE URBAN PROJECT” (*ArcheoCode*) ratified in Strasbourg in 2000, a code of good practice for treatment of urban archaeological remains (roles and responsibilities of public authorities and planners, architects and developers, and archaeologists). It is not legally binding, but provides guidelines for the management and preservation of the urban archaeological in accordance with the Malta Convention.

Links:

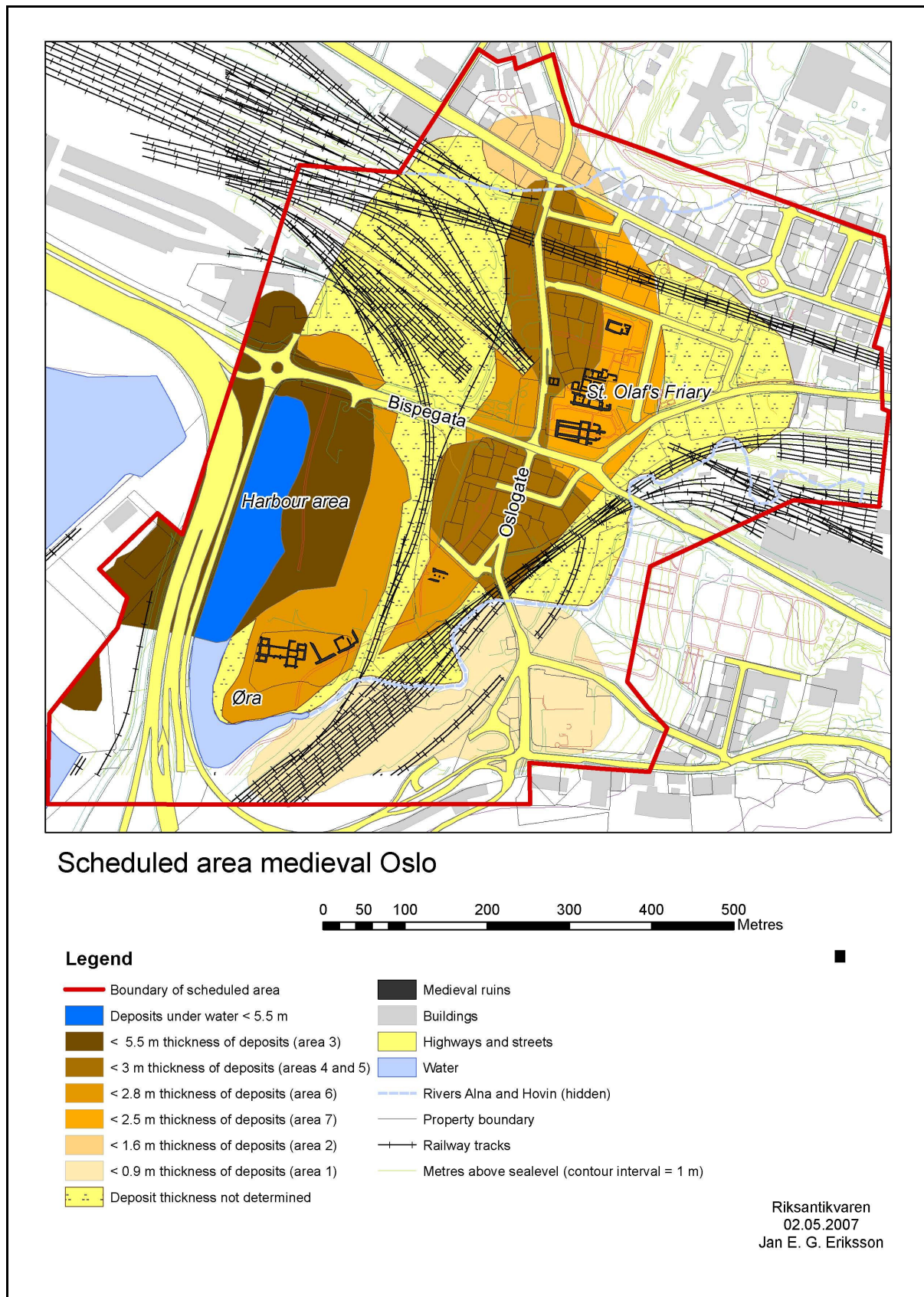
http://www.international.icomos.org/e_archae.htm (written by ICAHM, approved by ICOMOS General Assembly, Lausanne, 1990)

<http://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Html/143.htm> (Valletta, 1992)

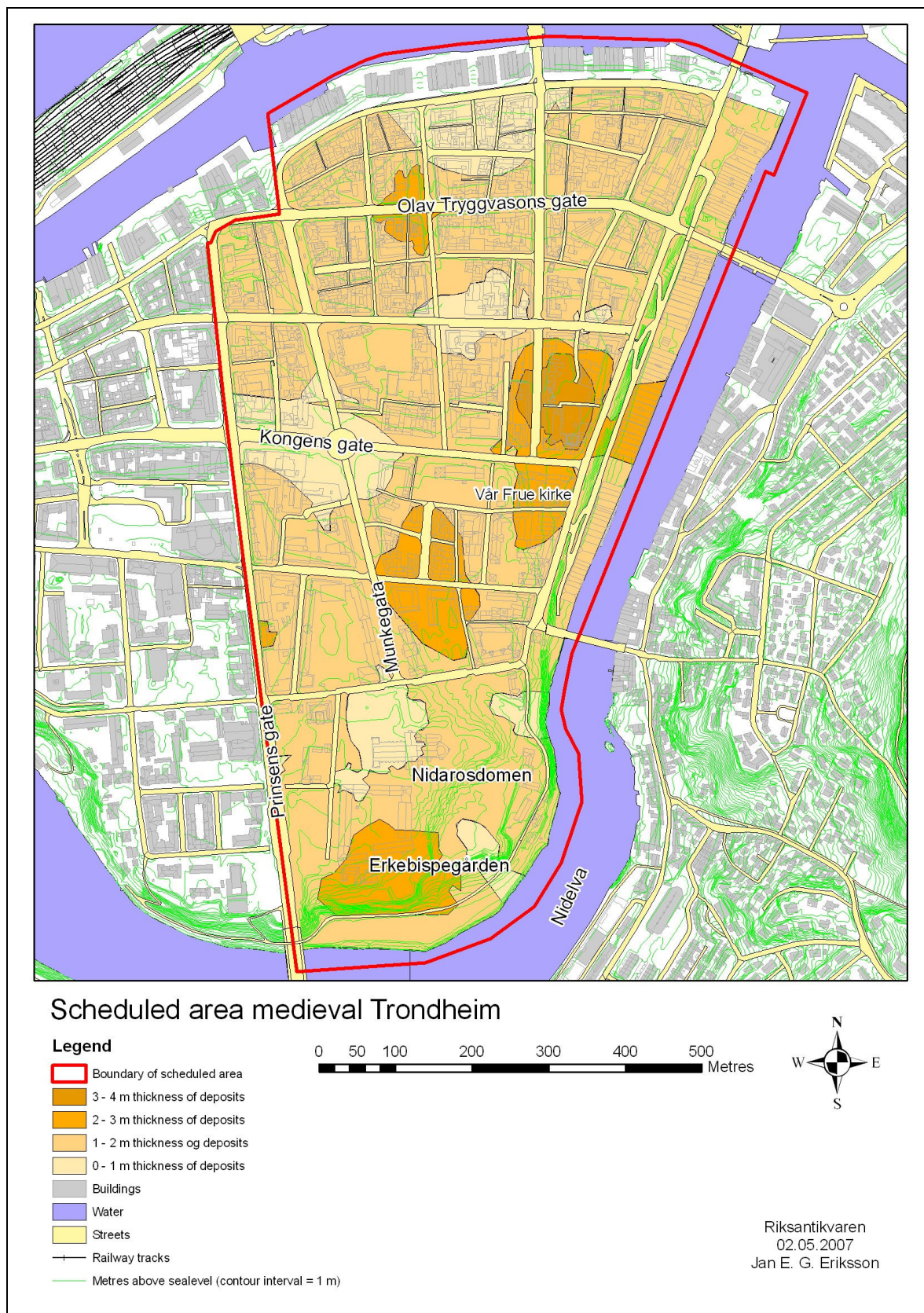
http://www.coe.int/T/E/Cultural_Co-operation/Heritage/Resources/CodeArcheo.asp#TopOfPage (Strasbourg, 2000)



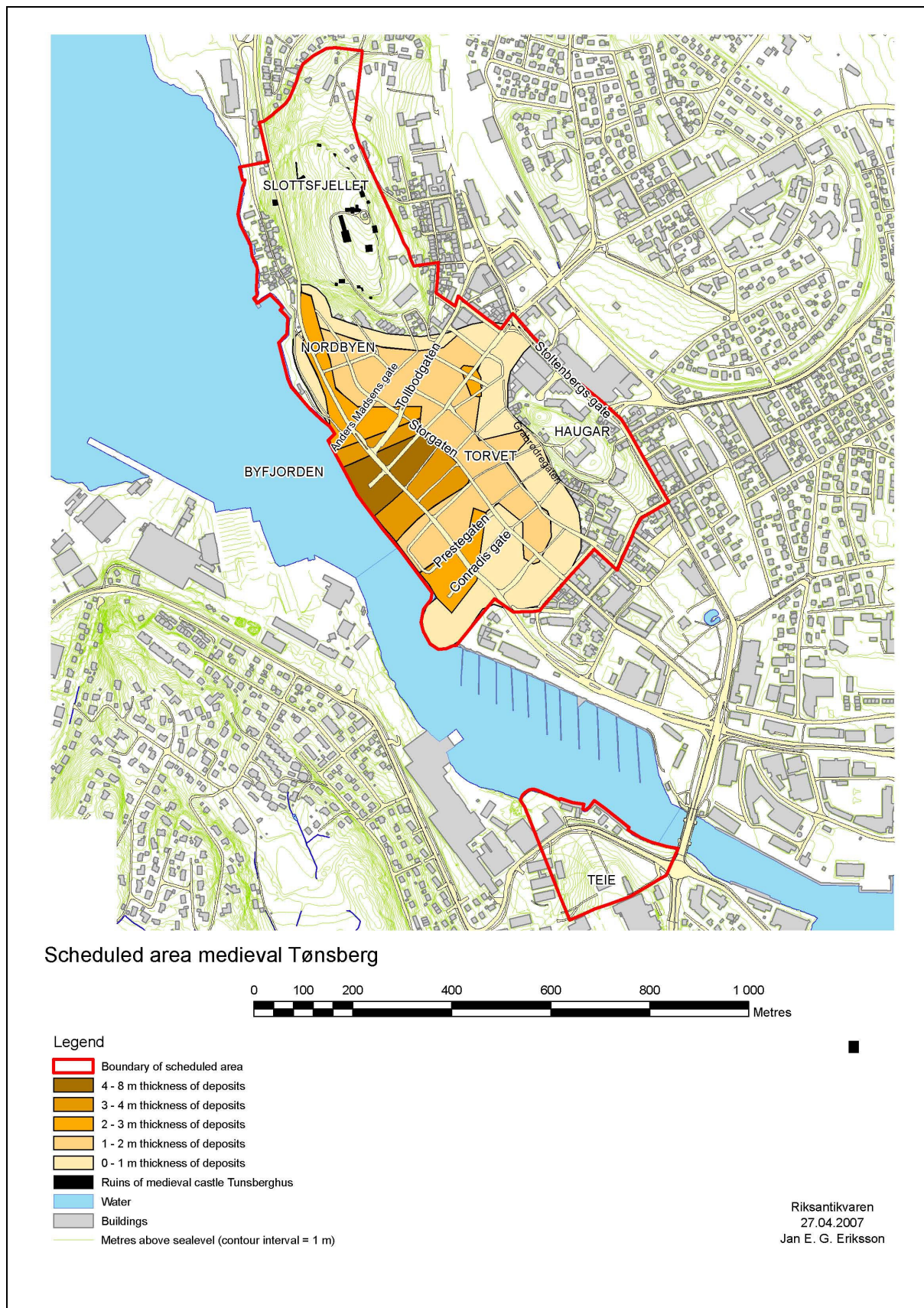
Figur 4. Middelalderbyen Bergen.



Figur 5. Middelalderbyen Oslo.



Figur. 6. Middelalderbyen Trondheim.



Figur 7. Middelalderbyen Tønsberg.

5. Peleprosjektet: Gjennomføring

5.1 Metoder for datainnsamling i felt

Den største og mest presserende utfordringen for prosjektet var å få et empirisk grunnlag om skadeeffekter av peling, da det stort sett mangler sånne registreringer. Det var tre hovedprinsipper for datainnsamling, med diverse undervarianter, som ble diskutert ved oppstart av prosjektet 2005:

– *Arkeologisk utgraving/analyse for å undersøke pelefundamentering:*

Utføres ved å avdekke et visst antall peler for å vurdere bevaringstilstand for kulturlagene ved pelene, vurdere mulig nedbrytning, og skadepotensialet, dvs. videre nedbrytning. Pelene bør ha stått i minst 20 år, helst lenger, og i våte kulturlag med typisk sjiktet struktur. Antall peler er avhengig av tydelighet i resultater, men det er rimelig å anta 5 – 10 stykker. Metoden ble vurdert som kostbar, antatt 100.000-150.000 (NOK) pr pel pluss faglig vurdering om nedbrytning til kr 50.000 (NOK). Men dette ville gi sikre resultater selv om det ble utført kun på en enkelt lokalitet. Metoden er destruktiv for berørte kulturlag.

Utgravningsmetoden ble ikke valgt de første årene, men det ble gjennomført en mindre undersøkelse i 2007. Det er imidlertid vesentlig at man i fremtiden ved alle undersøkelser hvor det er mulig å etterprøve skader gjør dette systematisk etter oppsatte kriterier og standarder.

– *Arkeologisk utgraving/analyse av pelefundamentering knyttet til andre tiltak:*

Baseres på prosjekter innenlands og utenlands hvor det skal gjøres avdekking i forbindelse med andre tiltak. Da vil vi slippe kostnadene til arkeologisk utgraving.

Metode: Vurdere bevaringstilstand for kulturlagene ved pelen, vurdere mulig nedbrytning, og skadepotensialet, dvs. videre nedbrytning. Riksantikvaren måtte dekke undersøkelser om nedbrytning; vi kan anslå det til kr 15.000 pr. stk. Det kan bli tidkrevende og vi kan ikke velge lokalitet. Igjen må man fremover være oppmerksom på når det gis anledning til undersøkelser rundt peler.

– *Arkeologisk overvåking/analyse ved grunnboringer:*

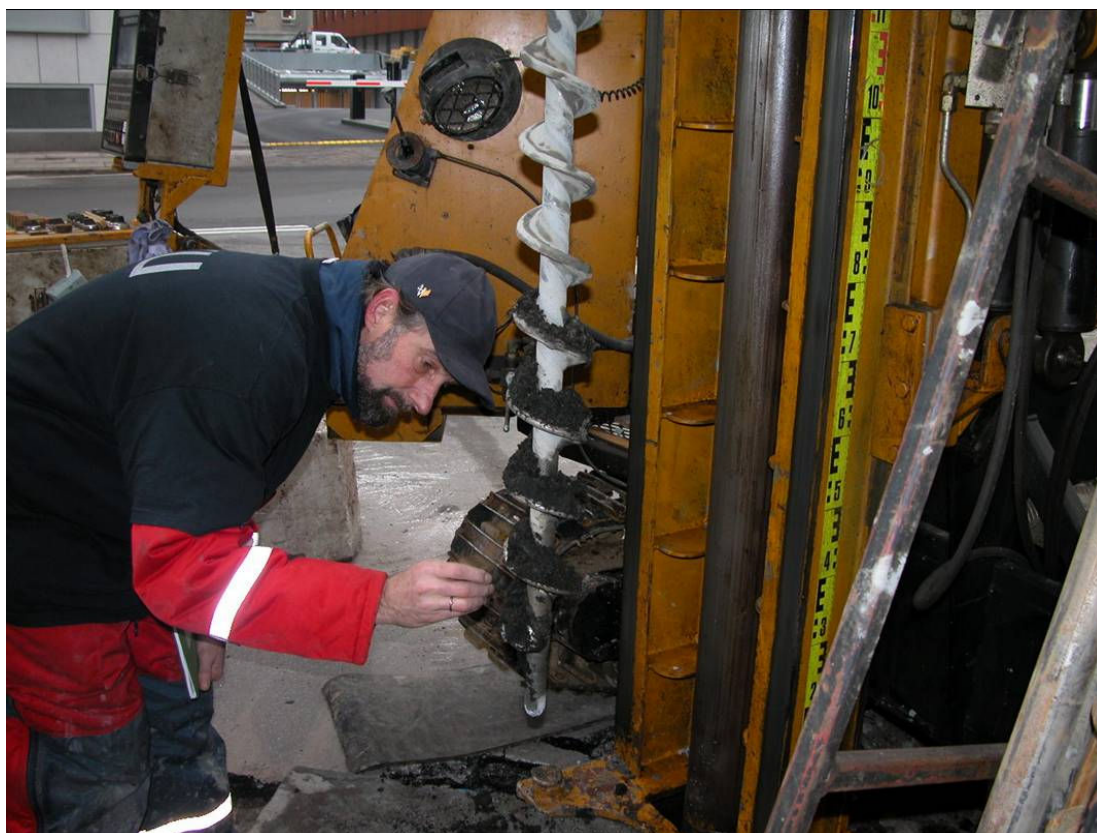
Et alternativ var å foreta geotekniske grunnboringer i nærheten av eksisterende peler på utvalgte lokaliteter. Ved hver pel skulle det foretas minst to boringer: den ene så nært inntil pelen som mulig, og den andre i en avstand av omkring 0,5 til 1,0 meter ut fra den første. Prøvene ble ønsket tatt ved alle typer peler, men borede peler skulle prioriteres. Det eksisterer data for rammete peler i Bergen fra undersøkelser i 1982 (figur 2, Finnegården 3A).

Det ble valgt å gjennomføre denne metoden, og det ble valgt lokaliteter som ivaretok en del utvalgte og viktige kriterier: Pelens type, pelens alder, tilstedeværelse av organiske kulturlag med gode

bevaringsforhold, og helst tilstedeværelse av grunnvann i kulturlagene, eller i hvert fall i en del av jordlagsekvensen. Ikke alle lokaliteter oppfylte samtlige kriterier. Prøvene ble analysert arkeologisk, geoteknisk og kjemisk (med hovedvekt på prøvetaking av det organiske materiale). Prøvene ble beskrevet etter samme mal og kan dermed sammenlignes. De arkeologifaglige kriterier, resultater og forbehold er beskrevet i kapittel 5.4. Metoden med boreprøver er utviklet i sammenheng med miljøovervåkingsprosjektet på Bryggen og kunnskapsutvikling fra dette prosjekt har hatt stor overføringsverdi.

Formålet med prosjektet er å vurdere bevaringstilstand for kulturlagene i alle boreprøver, vurdere mulig nedbrytning og skadepotensialet, dvs. avklare om forholdene er gunstige for videre nedbrytning. Metoden er selvfølgelig mindre sikker enn utgraving og gir ikke presis kunnskap (synlig dokumentasjon) om hva som faktisk skjer. Metoden vil gi best resultat der hvor man har en beskrivelse av kulturlagene, fra før eller samtidig med at pelen ble satt ned. Dette er dessverre ikke mulig i alle tilfeller, da det ikke har vært vanlig standard å analysere kulturlagene før peling. Usikkerhet ble kompensert kvantitativt, med prøvetaking i ulike byer, 6 i alt, fordelt over 3 land. Samme type boreutstyr ble anvendt ved samtlige lokaliteter.

5.2 Tilnærming og metoder for boreprogrammet



Figur 8. Arkeologisk analyse av kulturlagene, utføres av Rory Dunlop, NIKU.

Boremetoden ble benyttet ved alle lokalitetene. Foto Ann Christensson

Den valgte boremetoden var naverboring, hvor boret blir skrudd ned i jorden meter for meter – naverborets lengde er vanligvis én meter – med et trykk som er tilpasset jordens motstand. Boret trekkes opp igjen uten rotasjon for hver ny meter, og etter fjerning av eventuelt forurenset materiale ytterst på søylen blir jordmassene som sitter fast mellom gjengene inspisert av arkeolog/jordkjemiker/geotekniker for å kartlegge og dokumentere stratigrafien, bevaringstilstanden og andre parametere. Til slutt blir det foretatt uttak av jordprøver til geokjemisk analyse for kartlegging av bevaringsforholdene på ulike dybder.

Det presiseres at den arkeologiske vurderingen er rettet hovedsakelig mot bevaringstilstand, mens den geokjemiske er mer rettet mot bevaringsforhold.

Angående stratigrafisk oppdeling, blir det i forbindelse med grunnboringer brukt betegnelsen *sjikt* på de ulike strataene (for å skille de fra *lag*, som er en enhetsbetegnelse som egentlig bør forbeholdes systematisk arkeologisk utgravning). Sjiktene i hver grunnboring ble nummerert fra overflaten og nedover, og på en måte som ga en unik identifikasjon.

Når det gjelder sammenligning av bevaringstilstand mellom de to grunnboringene i hvert par, var det et viktig prinsipp å ikke bare ukritisk bruke dybde fra overflaten som kriterium. Saken var å sammenligne hvert jordsjikt i den nærmere grunnboringen med det eventuelle korresponderende sjiktet i den fjernere grunnboringen. Bare på denne måten kunne det oppnås meningsfulle resultater – fordi går man bare etter sjikt som ligger i samme nivå, er det fare for at man ender opp med å sammenlikne sjikt som er av vidt forskjellig karakter. Har man samme sjikt, så er det noenlunde garanti for at bevaringstilstanden var av samme grad gjennom hele sjiktet. Denne korrelering av sjikt var én av arkeologens hovedoppgaver i felten, og det kan betraktes som den første hjørnesteinen i sammenligningsprosessen.

Den arkeologiske bedømmelsen av bevaringstilstanden baseres på flere faktorer: Jordens farge og eventuell fargeforandring; lukttype og -styrke; konsistens og elastisitet; lamineringsgrad; fargen og styrken til makroskopiske organiske komponenter som treflis, mose osv. Alle disse bidrar til et helhetsinntrykk av det enkelte sjiktets bevaringstilstand, som kan da karakteriseres i henhold til følgende skala:

TILSTANDSSKALA		BEVARINGSGRAD					
		Nullverdi = 0	Elendig = 1	Dårlig = 2	Middels = 3	God = 4	Utmerket = 5
POSISJON I RELASJON TIL GRUNNVANN	OVER = A	A0	A1	A2	A3	A4	A5
	OVER/ I = B	B0	B1	B2	B3	B4	B5
	I = C	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Fyllmasser o.l. senere enn ca. 1900		D0	D1	D2	D3	D4	D5

Tabell 1 – Tilstandsskala

Bevaringsgraden skal angis i tall fra 0 til 5 hvor 0 er dårligst bevart og 5 angir best bevart. Avsetninger beliggende over grunnvann (umettet sone) skal ha forbokstaven A, avsetninger beliggende i sonen hvor grunnvannstanden fluktuerer skal ha forbokstaven B, og avsetninger beliggende permanent i grunnvann forbokstaven C. Tabellen gir en indikasjon på bevaringstilstanden og krever at personell som utfører den har opplæring og felles forståelse for bruken av denne skaleringen.

Dette utgjør den andre hjørnesteinen i sammenlikningsprosessen.

5.3 Feltarbeid

5.3.1 Feltarbeid 2005

Prosjektet ble påbegynt 15.9.2005. Riksantikvaren utførte i løpet av november og desember 2005 undersøkelser på utvalgte lokaliteter i Bergen, København og i Lund. Oppgavene med å ta opp boreprøver, analysere, beskrive og karakterisere disse basert på arkeologisk tolkning, ble gjennomført. Den arkeologiske dokumentasjon ble gjort etter standard utarbeidet i 1982 og bevaringsmessig etter standard utarbeidet 2005 begge i Bergen. De kjemiske og geotekniske prøver ble tatt etter enkle, men helt avgjørende utvalgte parametere. Konsulentene gjennom oppdraget har vært NIKU, Nationalmuseet, Bioforsk, og Multiconsult som alle har avlevert rapporter og samlet kan man konkludere med at undersøkelsene viste mindre skade etter peler enn man tidligere har antatt (Dunlop, Hartnik, Matthiesen, Jensen etc.). Prosjektet ble gjennomført i samarbeid med Kulturarvsstyrelsen i København (KUAS), Kulturen i Lund, Bymuseet i København, Riksantikvarens Distriktskontorer, Stiftelsen Bryggen og det har vært avholdt møter med denne gruppe. Oppgavene ble alle utført i samsvar med søknad og oppsett fra november 2005.



Figur 9. Med boreriggen i Lund 2005.

5.3.2 Feltarbeid 2006

Riksantikvaren gjennomførte ytterligere to boreprøver i 2006 i Tønsberg og Trondheim etter samme prinsipp og med samme aktører som i 2005. Det ble samtidig foretatt grunnboringer i Oslo gjennom miljøovervåkingsprosjektet. På grunn av manglende kjemisk ekspertise gjennom 2006 er det ikke tatt kjemiske detaljprøver fra boringene i 2006.

Opgavene ble alle utført i samsvar med søknad og oppsett fra 2006. Rapporter fra undersøkelsene er ferdigstilt.

5.3.3 Feltarbeid 2007

Planen for 2007 var å utføre en grundigere undersøkelse, som direkte oppfølging av undersøkelsene fra 2005 – 2006, for å kunne detaljundersøke hvorvidt peling har en signifikant effekt på bevaringsforholdene i kulturlag. Det måtte vurderes hvilke sted som var best egnet for nøyere feltarbeid, med frilegging av et område ved en pel. Undersøkelsene så langt påviste at det kun i ett tilfelle så ut til å være en sammenheng mellom en pel og endringer i kulturlagskvaliteten. Dette skulle undersøkes nærmere før man kunne konkludere med rekkeeffekt etter peling. I et samarbeidsprosjekt mellom NIKU, Multiconsult, Bioforsk og Nationalmuseet i København som ble initiert og finansiert av Riksantikvaren, ble det mai 2007 i Tønsberg, under Hotell Klubben gjennomført en detaljundersøkelse av to jordprofiler av de arkeologiske, kjemiske og geotekniske forholdene ved og rundt pelen.

Opgavene ble alle utført i samsvar med søknad og oppsett fra 2007.

5.4. Resultater

5.4.1 Arkeologiske resultater

A. R. Dunlop, NIKU: Rapport Piling 2005- 2007 og kort rapport peling 2005- 2007.

Undersøkelleslokalitetene

Det ble gjennomført peleundersøkelser ved følgende lokaliteter:

Norge

- Bergen (2005): 1 lokalitet – 3 grunnboringer ved spuntveggen bak Bugården, Bryggen (spuntvegg anlagt 1979-80 rundt SAS Hotell-tomten)
- Trondheim (2006): 1 lokalitet – 2 grunnboringer ved spuntveggen på Peter Egges plass (spuntvegg anlagt 1991)
- Tønsberg (2006, 2007): 1 lokalitet – 2 grunnboringer i 2006 ved stålkjernepel under betongdrager langs med Tollbugaten (pel anlagt ved boring 1991 for refundentering med pelebåret betongdrager av eiendommen Storgaten 48), etterfulgt i 2007 av en tilleggsgrunnboring samt flerfaglig undersøkelse av et større maskingravd prøvehull

Danmark

- København (2005): 3 lokaliteter
 - Pilestræde 63 – 2 grunnboringer ved pel anlagt i 1989
 - Amaliegade 41 – 4 grunnboringer som dannet 2 par ved pel anlagt i 1957 (presset ned)
 - Knabrostræde 16 – 2 grunnboringer ved sylindrisk betongpel anlagt i 2003 (presset ned)

Sverige

- Lund (2005): 1 lokalitet – 2 grunnboringer ved titankjernepel ut mot gårdsplassen til Vårfrugatan 8a (pel anlagt ved boring og injisering 1995)

5.4.2 Vurdering av lokalitetenes egnethet

Resultatene fra disse undersøkelsene kunne ikke brukes uten videre. Den enkelte lokalitetens utsagnskraft måtte vurderes opp mot to kriterier: 1) Om organiske kulturlag var til stede i tilstrekkelige mengder, og 2) Om det var sammenliknbare sjikt i de to grunnboringene. Vurderingene kan oppsummeres som følger:

Bugården, Bergen: Brukbar – selv om det var en spuntvegg og ikke en pel, som ble undersøkt, og selv om den øvre halvdel av den nærmeste

grunnboringen ikke inneholdt sjikt som kunne sammenliknes med de to andre (dette fordi da spuntveggen ble banket ned, hadde det oppstått et hulrom som ble fylt igjen med urepresentative masser ned til en dybde av nesten fem meter)

Peter Egges Plass, Trondheim:	Grensetilfelle – ikke så mye fordi det var en spuntvegg som ble undersøkt, men fordi avstanden fra den nærmeste grunnboringen til spuntveggen var på hele 2,65meter (dessverre viste det seg at det var blitt gravd i stort omfang på utsiden av spuntveggen også)
Tollbugaten, Tønsberg:	2006 – brukbart 2007 – resultatene kunne ikke suppleres arkeologisk utover 2006 resultatet fra boreprøvene.
Pilestræde 63, København:	Ikke brukbart – ingen sammenliknbare sjikt (og praktisk talt intet organisk materiale)
Amaliegade 41, København:	Ikke brukbart – det viste seg at de to nærmere borehullene sto delvis innenfor byggegropen, og det var i det hele tatt for få sammenliknbare sjikt
Knabrostræde 16, København:	Grensetilfelle – få sammenliknbare organiske sjikt
Vårfrugatan 8a, Lund:	Brukbart

Etter disse vurderinger, er det bare tre lokaliteter – Bugården, Bergen; Tollbugaten, Tønsberg (2006) og Vårfrugatan 8a, Lund – som kan betegnes som fullt brukbare for sammenlikning. To andre lokaliteter – Peter Egges Plass, Trondheim og Knabrostræde 16, København – betraktes som grensetilfeller, men resultatene herfra vil likevel bli tatt med i diskusjonen.

5.4.3 Resultater

Forklaringer

Tabellene nedenfor presenterer resultatene bare – for å gjenta poenget – fra de sammenliknbare sjiktene. Verdien i kolonnen *Bevaringsgrad* er den arkeologiske vurderingen av det enkelte sjiktets

bevaringstilstand, klassifisert i henhold til Bevaringsskalaen. Verdien i kolonnen *Glødetapsverdi* representerer prosentandelen av organisk materiale i sjiktet.

Bugården, Bryggen 2005

Her ble det utført tre naverboringer, nummerert PB01, PB02 og PB03. PB01 var bare 0,15–0,20meter fra spunten, PB03 var ca. 0,5meter fra spunten, og PB02 var ca. 1meter fra spunten. Det er PB02 som er valgt ut som den ”styrende” for sammenlikningsformål.

Sjikt nr PB01	Bevaringsgrad	Glødetapsverdi	Sjikt nr PB03	Bevaringskategori	Glødetapsverdi	Sjikt nr PB02	Bevaringskategori	Glødetapsverdi
PB01-03 (kanskje)	C2	-	PB03-03	C2	-	PB02-04	C2	-
PB01-03 (kanskje)	C2	24,4	PB03-04	C2	29,5	PB02-05	C2	36,3
PB01-04 (kanskje)	C2	16,6	PB03-05	C1	31,4	PB02-06	C2	27,9
			PB03-06	C3	37,6	PB02-07	C3	28,8
			PB03-07 (muligens)	C2	22,6	PB02-08	C2	27,4
			PB03-08	C2	23,5	PB02-10	C3	8,9 19,4
			PB03-09	C3	18,3	PB02-11	C3	-
			PB03-09 (muligens)	C3	22,1	PB02-13	C4	22,2
PB01-08 (delvis)	C4	28,1 25,0	PB03-15	C4	41,9	PB02-16	C4	23,2 48,8 47,6
PB01-10	C4	45,0	PB03-16	C4	61,2	PB02-17	C4	58,2
PB01-11	C3	-	PB03-17 (trolig)	C3	-	PB02-19	C3	-

Knabrostræde 16, København 2005

Her ble det utført to naverboringer, nummerert PK07 og PK08. PK07 var ca. 2,1meter fra pelen, og PK08 var ca. 0,95meter fra pelen.

Sjiktnummer PK08	Bevaringsgrad	Glødetapsverdi	Sjiktnummer PK07	Bevaringskategori	Glødetapsverdi
PK08-06	A1/B1	12	PK07-05	A1/B1	12
PK08-08	C3	25	PK07-07	C3	21

Vårfrugatan 8a, Lund 2005

Her ble det utført to naverboringer, nummerert PL01 og PL02. PL01 var ca. 0,9meter fra pelen, og PL02 var ca. 1,9meter fra pelen.

Sjiktnummer PL01	Bevarings- grad	Glødetaps- verdi	Sjiktnummer PL02	Bevarings- kategori	Glødetaps- verdi
PL01-04	A2		PL02-04	A1	
PL01-05	A2	20	PL02-12	A2	20
PL01-07	A2		PL02-14	A2	

Peter Egges Plass, Trondheim 2006

Her ble det utført to naverboringer, nummerert PTr3 og PTr6. PTr3 var ca. 2,65meter fra spunten, og PTr6 var ca. 3,4meter fra spunten.

Sjiktnummer PTr3	Bevarings- grad	Glødetaps- verdi	Sjiktnummer PTr6	Bevarings- kategori	Glødetaps- verdi
PTr3-03	A2	5,3	PTr6-01	A2	-
PTr3-07	A2	-	PTr6-05 (trolig)	A2	-
PTr3-10	A3	35,5	PTr6-07	A2	-

Tollbugata, Tønsberg (2006)

Her ble det utført to naverboringer, nummerert PTø1 og PTø2. PTø1 var ca. 0,6meter fra pelen, og PTø2 var ca. 1,2meter fra pelen.

Sjiktnummer PTø1	Bevarings- grad	Glødetaps- verdi	Sjiktnummer PTø2	Bevarings- kategori	Glødetaps- verdi
PTø1-01	A2	32,1	PTø2-04	A2	49,1
PTø1-02	A2	39,9	PTø2-05 (trolig)	A2	-
PTø1-03	A2	-	PTø2-06	A2	-
PTø1-05	A3	-	PTø2-07	A3	-
PTø1-06	A3	39,9	PTø2-08	A3	56,6 58,8
PTø1-08	A3	41,2	PTø2-10	A4	57,3 21,4 37,6
PTø1-09	A3	15,4	PTø2-11	A3	-

5.4.4 Vurdering av resultatene

Bugården, Bryggen

Det kan ikke hevdes på basis av sjiktsammenlikningene at spunten har hatt en skadevirkning på beltet som ligger i en avstand av i overkant av 0,5meter fra spunten. Det er den mellomste grunnboringen, PB03 – ikke den nærmeste, PB01 – som skiller seg ut med litt dårligere bevaringstilstand, men bare i et fåtall av sjiktene (skraverte celler). Når det gjelder de seks sjiktene som kan sammenlignes mellom PB01 og PB02, er det ingen av dem som viser noen innbyrdes forskjeller i bevaringstilstand, men prøvene viser at det ses store forskjeller i glødetapstallene, med de laveste verdiene tettest på spunten. Dette tyder på at det er nedbryting av organisk materiale. Videre var det tydelige tegn på at kulturlagene, jf betegnelsen hulrom, var fjernet ved at spunten ble satt ned.

Knabrostræde 16, København

Her var det bare to sammenliknbare sjikt, og det var ingen innbyrdes forskjeller i bevaringstilstand. Det kan ikke hevdes at pelen har hatt noen skadevirkning utenfor sonen som ble direkte fysisk skadet som følge av pelens nedpressing. Glødetapsverdiene er høyere tettest på pelen. Undersøkelsen fant sted bare to år etter pelens anleggelse.

Vårfrugatan 8a, Lund

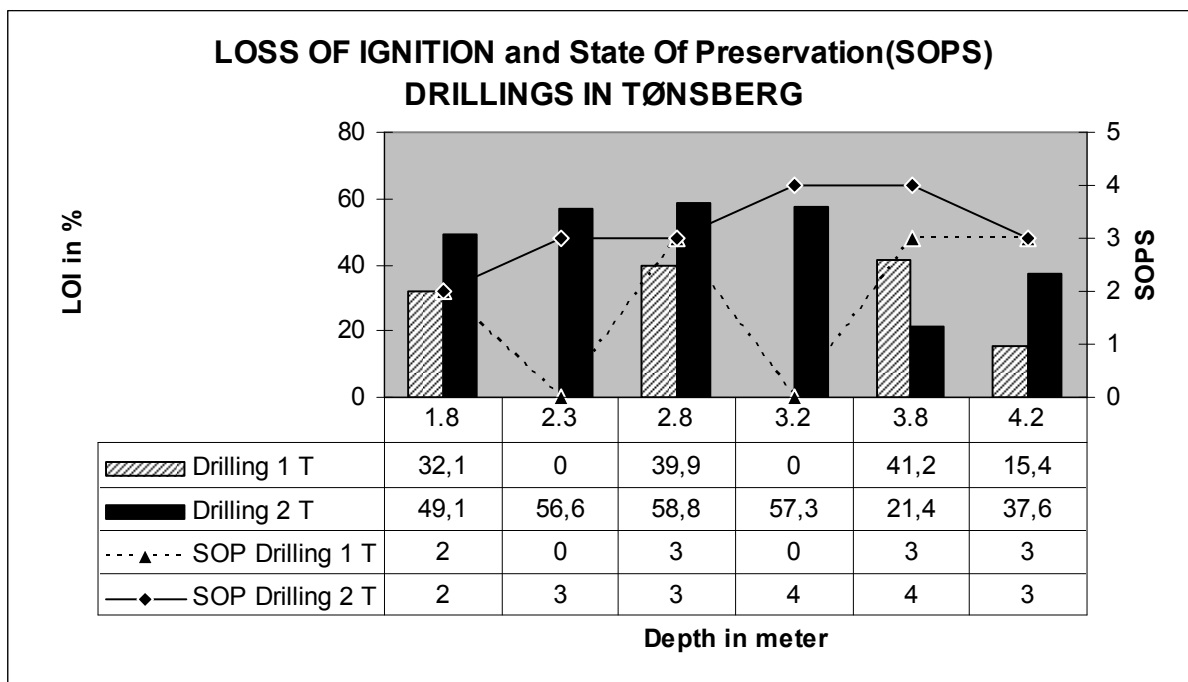
I grunnboringsparet i Lund var det tre sammenliknbare sjikt, hvorav to utviste samme bevaringstilstand, mens det tredje var vurdert som dårligere bevart i grunnboringen foretatt lenger ut fra pelen (skravert celle). Glødetapsverdiene er de samme i de to prøvene som ble sammenliknet. Undersøkelsen gir dermed intet grunnlag for å hevde at pelen har forringet bevaringstilstanden til organiske lag i sonen tettere til pelen. Undersøkelsen fant sted 10 år etter pelen ble boret ned.

Peter Egges Plass, Trondheim

Ved denne undersøkelsen ble det samme bildet som i Lund: Ut av tre sammenliknbare sjikt var det et sjikt som var vurdert som dårligere bevart i grunnboringen foretatt lenger ut fra spuntveggen (skravert celle). Undersøkelsen gir dermed intet grunnlag for å hevde at spuntveggen har forringet bevaringstilstanden til organiske lag i sonen tettere til spuntveggen. Imidlertid var det stor avstand mellom den nærmere grunnboringen og spuntveggen – hele 2,65meter, og dette mellomrommet var gjenfylt med sand/pukk – og det spørs dermed om det er mulig å hevde at selve spuntveggen vil ha kunne hatt noe som helst direkte påvirkning på de intakte kulturlagene utenfor anleggsområdet.

Tollbugaten, Tønsberg (2006)

I de to grunnboringene som ble foretatt i 2006, var det hele syv sammenliknbare sjikt. Seks av disse utviste samme bevaringstilstand i den nærmere grunnboringen som i den fjernere, mens det syvende sjiktet hadde noe bedre bevaringstilstand i den fjernere grunnboringen (krysskravert celle). Dette er det eneste tilfellet hvor det er observert en indikasjon på at pelen muligens har forringet bevaringstilstanden til organiske lag i sonen tettere til pelen. Påvirkningen har imidlertid vært ganske begrenset i omfang, i og med at seks andre sjikt tilsynelatende er forblitt upåvirket.



Figur 10. Sammenstilling av glødetapsverdier (=LOI) og vurderinger av bevaringsgrad (=SOPS) i to naverboringer i Tollbugata, Tønsberg. Naverboring 1 T var ca. 0,5meter fra pelen, mens 2 T var ca. 1,1meter fra pelen. Enkle standardiserte verdier gjør sammenlikning mulig.

5.4.5 Konklusjon: Arkeologisk materiale

Prøvene viser meget ulike bevaringsforhold mellom byene, selv om kriteriene for valg av lokalitet har vært ”gode” bevaringsforhold for organiske materiale. Verdiene for organisk innhold viser spredning fra lave til meget høye verdier.

Ut av i overkant av 20 sammenliknbare sjikt fra de fem undersøkelseslokalitetene, er det bare et eneste sjikt hvor bevaringstilstanden for kulturlagene er ”verre”, basert på arkeologisk tolkning, i den nærmere grunnboringen enn i den fjernere (figur 10). Basert på disse resultater er det intet grunnlag for å hevde at peling gir målbare skader på organiske kulturlag som ligger utenfor selve

området som blir forstyrret/ødelagt ved pelens anleggelse. Peling bør kunne tillates som fundamenteringsmetode også innenfor forholdsvis sårbare kulturminneområder. Det viktigste blir å finne de mest skånsomme peletypene/anleggelsesmetodene, samt å begrense tettheten til pelene ved det enkelte nybygget.

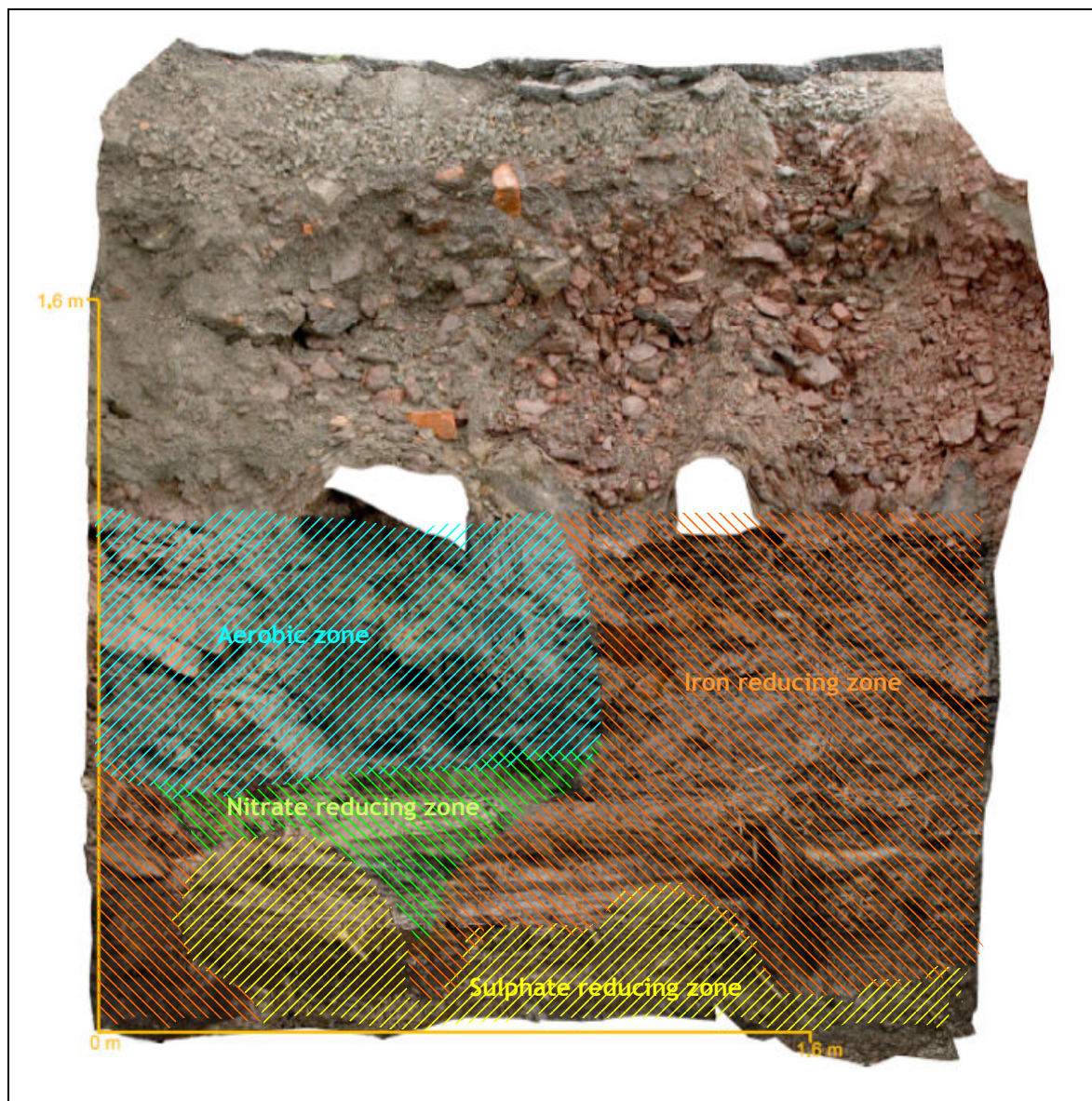
Pel og drager	Område for Boreprøve T1	Område for Boreprøve T2
---------------	-------------------------	-------------------------



Figur 11. Tollbugaten Tønsberg, nordøstre profil. Feltarbeidet omfattet undersøkelser av eventuelle skader etter pel. Prøveserien viste at det ikke var skader ved pelen, men derimot at fyllmassen etter grøftearbeid til diverse kabler og rør hadde en sterkt drenerende effekt på kulturlagene.

5.5. Miljøforhold peling Tønsberg

Thomas Hartnik, Bioforsk



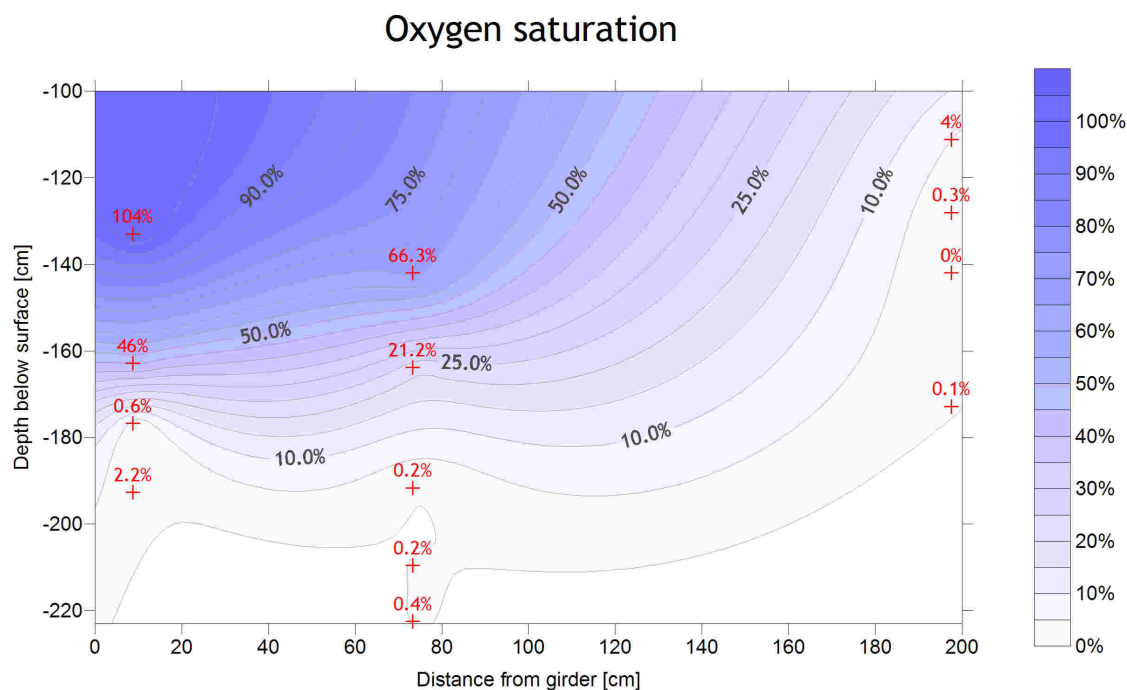
Figur 12. Tollbugaten Tønsberg. Figuren viser redoksforskjellene i profilen. Redoksforskjellene kontrollerer nedbrytningsforholdene i jord og er gode ved aerobe forhold og blir gradvis dårligere fra nitrat-, jern- til sulfatreduserende forhold. Målingene avslører at det foregår stor nedbrytning i området med grøftarbeid og grove pukkmasser. Ved større dybde var det imidlertid ikke dårlige bevaringsforhold nær pelen. Thomas Hardnik, Bioforsk 2007

Peling som fundamenteringsmetode i områder med bevaringsverdige kulturlag har vært omdiskutert i lengre tid fordi den kan medføre fysisk ødeleggelse av kulturlagene og stimulere biologisk nedbrytning og kjemisk forvitring gjennom økt oksygentilgang.

Det ble foretatt fysiske-kjemiske målinger i en profil som ble frilagt i Tønsberg for å undersøke om peling som fundamenteringsmetode muliggjør tilgang av oksygen til kulturlag. Det ble utført analyser

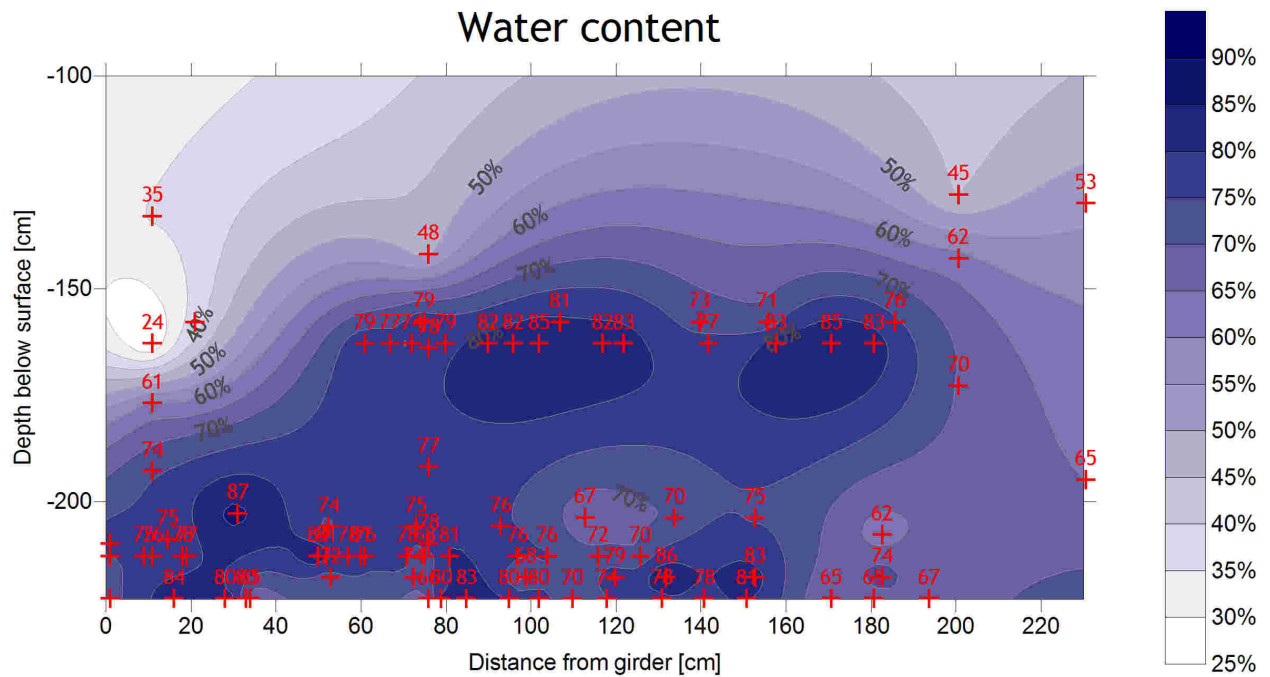
i felt og på laboratoriet. Analyser av oksiderte og reduserte forbindelser (oksygen, nitrat, ammonium, sulfat, sulfid etc.) i jordprofilen gir en god pekepinn på om oksygen har nådd de ulike lagene. Desto flere forbindelser som foreligger i redusert form i kulturlagene, desto mindre oksygen har nådd lagene. Disse analysene suppleres med analyser av organisk innhold, vanninnhold og andre grunnleggende måleparametere. Måleresultatene sammenstilles slik at profilen kan deles inn i soner med gode, mindre gode og dårlige bevaringsforhold (figur 12).

Resultatene av undersøkelsen kunne ikke dokumentere noen signifikant effekt av pelene på miljøforholdene i de undersøkte profilene. Imidlertid viste undersøkelsen tydelig at andre menneskelige inngrep i grunnen, f.eks. tilbakefylling av grove pukkmasser langs bygningens grunnmur og rundt rørledninger, har en mye mer skadelig effekt på bevaringen av kulturlagene enn peling. Det ble påvist at oksygen trenger inn gjennom de grove pukkmassene langs grunnmuren ned i kulturlagene og endrer miljøforholdene i disse merkbart. Dette fører til at miljøforhold i kulturlag som i utgangspunktet har vært sterkt redusert og dermed beskyttet lagene mot biologisk og kjemisk nedbrytning, har blitt oksidert. Lagene blir da mer utsatt for nedbrytning. I de undersøkte profilene var denne effekten merkbar opp til 1,3 m fra grunnmuren. En mulig effekt av pelene på miljøforholdene i kulturlag er sannsynligvis mye mindre i både utbredelse og styrke enn effekten av andre byggetekniske inngrep.

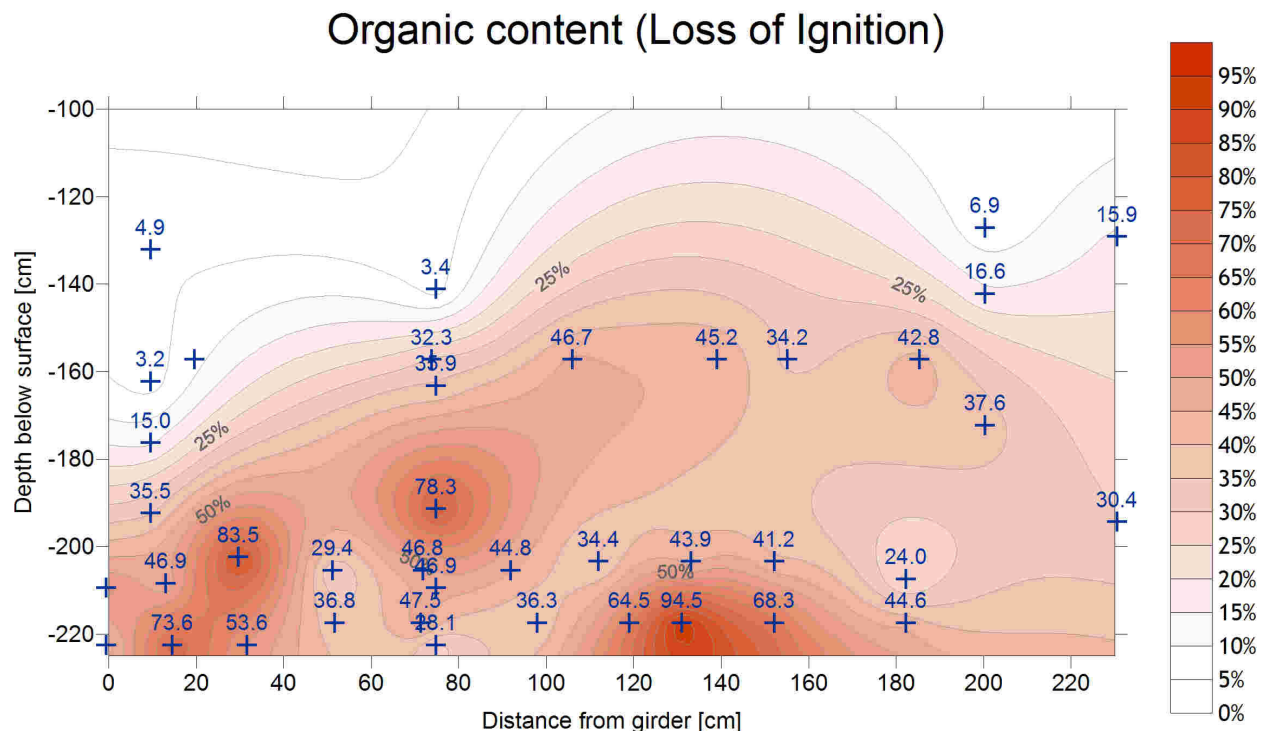


Figur 13. Tollbugaten Tønsberg, nordøstre profil. Målinger av oksygen viser lave verdier i kulturlagene tett på pelen, mens det er høye verdier i området med grov puk.

Thomas Hardnik, Bioforsk 2007.



Figur 14. Tollbugaten Tønsberg. Vanninnhold i lagene. Området nærmest drager og pel har høyest vanninnhold, mens det er lavere verdier mellom 2,00-2,20meter vekk fra pelen. Dette tyder på drenering av kulturlagene, knyttet til drenerende masse i grøft. Thomas Hardnik, Bioforsk 2007.



Figur 15. Tollbugaten Tønsberg, nordøstre profil. Glødetapsverdier (LOI) innhold i nordøstre profil. Området tett ved drager har høye verdier under pukk. Området 2,20meter fra drager har lave verdier. Dette tyder på økt nedbryting. Thomas Hardnik, Bioforsk 2007.

6. Grunnforhold og anbefalte peletyper

Jann Atle Jensen, Multiconsult Bergen

6.1 Fundamenteringsmetoder

Generelt

Fundamentering og andre bygningsmessige inngrep i grunnen vil medføre påvirkning av grunnen og eventuelle kulturlag i denne. For å redusere faren for å endre bevaringsforholdene i grunnen negativt for kulturlagene, er det ønskelig at fundamentering og andre byggearbeider påvirker grunnen minst mulig. Normalt fundamenteres og omfundamenteres bygninger, veger, anlegg og installasjoner på følgende måter:

1. Direkte på grunnen (løsmasser, fyllmasser eller berg). Ved direktefundamentering fordeles normalt størres laster på grunnen ved hjelp av enkeltfundamenter, bankettfundamenter (stripefundamenter) eller plater og ”flåter”.

2. Direkte på helt eller delvis masseutskiftet grunn (masseutskiftede løsmasser/fyllmasser eller undersprengt berg).

Både metode 1 og 2 kan inkludere helt eller delvis kompensert fundamentering. Kompensert fundamentering betyr at vekt av bortgravd masse = vekt [brukslast] av bygning, veg, anlegg, installasjon m.m.

3. På konstruksjoner som forskjellige typer peler, pilarer og lignende konstruksjoner i grunnen.

4. Kombinasjoner av de ovenfor nevnte metoder.

Ved teknisk sett gode grunnforhold (tilfredsstillende bæreevne og lite potensial for setninger) eller lave laster er metodene i punkt 1 og 2 mest aktuelle fundamenteringsmetoder. Ved svært høye laster (som ikke føres direkte til berg fra bygg/konstruksjonen) eller ved dårlige grunnforhold er metodene i punkt 3 ofte mest aktuelle.

Fundamentering og annen bygging vil normalt sett påvirke grunnen på forskjellig måte. De vanligste påvirkningene er:

- Fysisk fjerning av løsmasser, fyllmasser og berg.
- Endring av lastpåvirkning av grunnen som følge av graving, fylling og oppføring av bygninger, veger, anlegg og installasjoner.

- Direkte fysiske inngrep i og påvirkning av grunnen på grunn av for eksempel installasjon av spuntvegger eller andre typer støttevegger, peling, stag, boring av hull for kabler, rør og ledninger, grunnundersøkelser m.m. I tillegg vil arbeider som medfører betydelige vibrasjoner, for eksempel ramming, meisling, sprengning og store sykliske lastendringer, kunne medføre direkte påvirkning av grunnen.
- Grunnvanssenking og endring av overvanns- og grunnvannstrømmer som følge av utgraving/utsprengning, nye/endrede dreneringssystemer, økt urban avrenning eller masseutskifting av grunnen (inkludert grøfter) med mer permeable masser.
- Temperaturpåvirkning av grunnen, løsmasser, berg og grunnvann, som følge av ny bruk av eller utslipp til grunnen og terrenget.

Utslipp og inntrengning av vann, næringsstoffer, mikroorganismer, gass, giftstoffer og annen forurensning til terrenget og grunnen. Store utslipp av vann til grunnen, f.eks. ved et vannledningsbrudd, kan medføre betydelig erosjon i grunnen, særlig dersom utslippet skjer fra en kilde med overtrykk. Endrede vann- og grunnvannstrømmer kan også medføre økt erosjon.

Langs elver og strandlinjer og i havner kan endringer i det fysiske terrenget mot vannet og bruken av området, og særlig skipstrafikk, medføre fare for økt erosjon av løsmassene i og ved vannkanten.

6.2 Geotekniske vurderinger av kulturlagene

Geoteknisk sett er kulturlag som oftest eldre fyllmasser og rester fra tidligere menneskelig aktivitet som ikke kan fjernes da de ofte er fredet eller vernet gjennom lov, forskrift eller plan. Kulturlagene er ofte meget innhomogene og kan inneholde betydelige mengder tømmer og rester av bygninger og andre konstruksjoner. Kulturlagene inneholder ofte mineralsk materiale i fraksjon leire til stein, har ofte et høyt innhold av humus og kan være forurenset med miljøgifter. På grunn av det høye innholdet av humus og treverk medfører ofte bygging kombinert med grunnvannsenkning i slike lag et betydelig potesial for setninger i grunnen. Bæreevnen i kulturlag er også ofte også lav, men kulturlagene kan i enkelte områder være betydelig forbelastet av yngre fyllinger, bygninger m.m. Kulturlag kan ligge både på land og i sjø/vann/elv. På land kan man finne kulturlag både over og under grunnvannstanden.

Grunnforholdene i norske byer med kulturlag varierer betydelig. I Trondheim og byene langs Oslofjorden ligger kulturlagene stort sett over marine avsetninger, bløt til fast leire, silt og sand, og elve-/deltaavsetninger, silt, sand og grus, stedvis med noe humusinnhold, eller gammel sjøbunn/strandavsetninger, som ofte er bløt, humusholdig sand og silt. I Stavanger og Bergen ligger kulturlagene stort sett over berg, sand, grus, for eksempel breelvsavsetninger, og morene, eller gammel sjøbunn/strandavsetninger bløt, humusholdig sand og silt.

Grunnforholdene i de fleste byområder i Norge skiller seg vesentlig som ofte er fra grunnforholdene lengre sør i Europa med stedvis stort innslag av bløte, marine avsetninger, mye glasiiale og glasifluviale materialer (morene og breelvsavsetninger) og en i hovedsak til dels meget fast og lite forvitret berggrunn under løsmassene. Enkelte bergarter i Oslofeltet skiller seg noe ut her. Løsmassetykkelsene under kulturlagene er i enkelte områder liten, særlig i Bergen og Stavanger. I mange tilfeller ligger det steinholdige fyllmasser over kulturlagene i norske byer, og store flater over kulturlag er bebygd med konstruksjoner og bygninger.

På grunn av forskjeller i grunnforhold blir det ofte brukt andre fundamenteringsmetoder, særlig pelemetoder, i Norge enn i Europa ellers. Problemstillingene knyttet til bevaring av kulturlagene ved kan derfor være noe annerledes i Norge enn i mange andre områder i Europa. I tillegg blir det ofte i bykjernene i Europa oppført vesentlig høyere og tyngre bygg og konstruksjoner enn hva som er vanlig i Norge. På denne bakgrunn kan derfor ikke erfaringer og veiledninger/krav fra Europa direkte overføres til norske forhold.

All fundamentering på kulturlag må prosjekteres spesielt i hvert tilfelle, basert på grunnundersøkelser og annen informasjon om tomten og planlagt bruk.

6.3 Direktefundamentering

Ved direktefundamentering fordeler en lasten fra bygg eller konstruksjoner utover en flate og sprer således lasten på grunnen mest mulig jevnt, hvor økende lastspredning = lavere og jevnere trykk på grunnen ved samme last. Dersom en ønsker mest mulig lastspredning, med lavest mulig trykk, er det ofte gunstig å fundamenterer på en hel stiv plate, det såkalte flåteprinsippet, framfor enkeltfundamenter og banketter, ved stripefundamenter, og ringmurer (grunnmurer). For å redusere lasten, og derved trykket, på grunnen kan man gjøre følgende tiltak:

- Senke fundamenteringsnivået for hel plate ned mot kulturlaget, der dette er mulig over grunnvannstanden, ved at en fjerner tunge fyllmasser og fundamenterer platen under terrenget på tomten, oppnås hel eller delvis kompensert fundamentering. Alternativt kan en masseutskifte tunge fyllmasser med lett fylling, for eksempel lettklinker, og oppnå den samme effekten. I tillegg vil en lett fylling gi god isolasjon mot grunnen. Kompensert fundamentering vil normalt sett gi reduserte setninger under nye bygg.
- Redusere lasten fra bygget ved for eksempel å bruke lettere byggematerialer, tre i stedet for stål og betong, lettbetong i stedet for ordinær betong m.m.
- Unngå senking av grunnvannstanden som følge av drenering av området eller endring av grunnvannstrømmer/tilførsel av overvann til grunnen. Senkning av grunnvannstanden i humusholdige jordarter/fyllmasser gir ofte både store hurtige primærsetninger og langtids kryptsetninger, sistnevnte på grunn av forråtnelse av organisk materiale. Infiltrasjon av overvann fra tomten til grunnen bør vurderes i hvert tilfelle for å opprettholde grunnvannsnivået. Dette kan gjøres via magasin- og infiltrasjonsgrøfter.

Dersom en ikke eller i liten grad øker lasten på grunnen og unngår grunnvannsenkning, reduserer en normalt setningsutviklingen under bygningen eller konstruksjonen, og oppnår i de fleste tilfeller tilfredsstillende bæreevne. Det kan være gunstig å lage opplegg for jekking eller justering av konstruksjonen ved direktefundamentering på grunn med stort setningspotensiale.

6.4 Fundamentering på eldre fundamenter

I visse tilfeller kan der være aktuelt å fundamenterer nye bygg på eksisterende fundamenter som massive ring- eller grunnmurer, plater og lignende. Dersom den nye konstruksjonen påfører tilsvarende eller mindre last på de gamle fundamentene enn opprinnelig bygg, kan en i visse tilfeller

oppnå en gunstig fundamentering ved at en ikke endrer den historiske lastsituasjonen og oppnår fordeler av ”forbelastningen” av fundamentene.

Gjenbruk forutsetter at fundamentene er uskadde og kan benyttes/gjenbrukes på en forsvarlig måte, noe det ofte kan knytte seg stor usikkerhet til. Fundamenteringsmetoden må vurderes og kontrolleres, inkl. dimensjoneres særskilt i hvert tilfelle gjenbruk er aktuelt.

6.5 Liggende tømmerfundamenter

Ved omfundamentering og reparasjon av eksisterende fundamenter under eldre bygninger, samt gjenoppføring av historiske bygninger kan det være aktuelt å benytte liggende tømmerfundamenter som krysslågt tømmer eller laftede kasser, såkalte bolverkskonstruksjoner.

Metodene er en direktefundamentering med plate ved krysslågt tømmer eller grupper av tømmerkasser eller enkeltfundamenter som frittstående tømmerkasser. Metoden er gunstig da den gir god lastspredning, er lett i forhold til andre byggematerialer og tåler til dels store deformasjoner uten at det oppstår skader.

Tømmerfundamenter kan få omfattende skader som følge av råte m.m., og det er derfor viktig at disse ligger i et miljø som gir minst mulig grobunn for sopp, råte og andre nedbrytende organismer. Normalt sett er det gunstig at miljøet er tørt eller helt vannmettet. Drenering og grunnvannskontroll er avgjørende for levetiden til slike fundamenter. Bruk av forskjellige typer impregnering salt m.m. kan være gunstig for bevaringen av fundamentene.

6.6 Pelefundamentering

Peler skal i hovedsak bære last fra bygninger og konstruksjoner og føre disse ned i grunnen. En installerer normalt peler på steder der løsmassene i grunnen ikke har tilstrekkelig bæreevne til å bære vekten av bygg eller konstruksjoner, eller setningene i grunnen vil bli så store at det vil oppstå uakseptable setninger i bygg og konstruksjoner.

Normalt deles peler inn i spissbærende peler, friksjonspeler eller kombinasjoner av disse. Reine spissbærende peler fører lastene ned til berg eller meget faste lag i grunnen. Friksjonspeler fordeler i hovedsak lastene ut i de omliggende løsmassene via friksjon langs pelens overflate og bare en mindre del av lasten overføres til grunnen via pelespissen.

Peler blir normalt installeres ved forskjellige typer ramming eller forskjellige typer boring. For større peletverrsnitt brukes det også andre metoder. Borede peler skjer normalt uten vesentlig massefortrengning utenfor peletverrsnittet, mens rammede peler normalt sett tilsvarende medfører massefortrengning. Massefortrengningen vil medføre deformasjon og omrøring av løsmassene utenfor peletverrsnittet, normalt avgrenset til i et område på minimum to ganger pelens diameter. Valg av peletype avgjøres normalt sett på grunnlag av laster og grunnforhold.

6.6.1 Peleinstallasjon og -typer

Under er det gitt en oversikt over vanlige peleprinsipper og peletyper.

Peleinstallasjon

Peler kan i hovedsak installeres på følgende måter:

Ramming med hydrauliske lodd, diesellodd eller vibrolodd. Tyngden på loddene kan variere betydelig.

Boring med forskjellige typer boreutstyr.

I tillegg kommer spesielle peler med andre installasjonsmetoder, inkludert sjakting for pilarer.

Vanlige peletyper:

De mest vanlige peletypene i Norge:

Betongpeler

Stålprofilpeler

Stålrørspeler

Stålkjernepeler

Borede og sjaktede peler (pilarer)

Mer spesielle peletyper i bruk i Norge:

Borede stålrørspeler

Mikropeler

Stålplast- eller plastpeler

CFA-peler (Continuous Flight Auger – peler)

Jetpeler

Trepeler

Peler består i dag stort sett av materialene stål, armert betong, eller uarmert betong eller en kombinasjon av disse. Tre og andre materialer i peler er relativt lite i bruk i Norge i dag. Peler kan påføres andre materialer på overflaten for korrosjonsbeskyttelse eller for å få redusert friksjon ved ramming.

For nærmere beskrivelse av peler og peletyper vises det til ”Peleveiledningen 2005” fra Den Norske Pelekomité i Norsk Geoteknisk Forening (NGF), som også er referanse for en del av teksten i denne veiledningen.

6.6.2 Valg av peler for peling i kulturlag - avklaringer

For valg av peler i kulturlag på land og sjø må minimum følgende forhold vurderes:

Laster, geometri og installasjonsmetode

Hvor store laster skal opptas av pelene og hvordan fordeler disse seg?

Skal brukes spissbærende peler eller friksjonspeler?

Er det kun vertikallaster eller er det også horisontallaster på pelene?

Skal pelene ta alle lastene eller er det tenkt en kombinert løsning med noe direktefundamentering?

Er det gode rammeforhold, eller må annen installasjonsmetode for peler som boring benyttes?

Hvordan er geometrien på tomten og på konstruksjonen som skal fundamenteres eller omfundamenteres.

6.6.3 Grunnforhold – avklaringer

Hvordan er grunnforholdene, inkl. kulturlagene?

Hvordan er grunnvannsforholdene?

Er massene i, over og under kulturlagene vanskelige å ramme igjennom (stor innhold av stein, blokk, treverk, metallskrap, meget faste lag m.m.)?

Er det vannførende og åpne lag i kulturlagene?

Hvor stor er mektigheten av kulturlag og andre løsmasser?

Er grunnen forurenset?

Skal pelene stå i et aggressivt miljø, som for eksempel i sjøvann?

Naboforhold og påvirkning på tomte

Er det andre kulturminner eller følsomme installasjoner/konstruksjoner i nærheten (bygninger m.m.)?

Vil det bli restriksjoner på ramming på grunn av støy eller rystelser?

Kan pelingen medføre stabilitetsproblemer?

Kan pelingen påvirke grunnvannet?

Kan pelingen permanent påvirke temperaturen i grunnen?

Kan pelingen medføre økt gass- eller vanntransport i eller til og fra grunnen, medføre påvirkning grunnen på annen måte (kjemiske reaksjoner mellom kulturlag og pel m.m.) i framtiden?

Hvilken bestandighet har pelene og hva er beregnet levetid?

Hvor stor er risikoen for at pelingen mislykkes for en gitt pel, og hva gjør man dersom pelingen i ett punkt mislykkes?

6.6.4 Mål

Ved valg av peler for peling i kulturlag på land er det i utgangspunktet ønskelig med en pel med minst mulig tverrsnitt og størst mulig bæreevne, slik at en erstatter og påvirker minst mulig av kulturlagene i grunnen. Samtidig må den fullt ut ivareta sin tekniske funksjon og ha lengst mulig levetid, slik at man unngår behov for framtidig omfundamentering.

Innstalleringen av pelen skal også i minst mulig grad påvirke kulturlagene rundt pelen og andre kulturminner i nærheten, både når den installeres og seinere, slik at en er sikret best mulig bevaringsforhold for kulturlagene.

6.7 Peleinstallasjon

Følgende vurdering er gjort av installasjonsmetodene:

Ramming av peler medfører vibrasjoner i grunnen som kan medføre skader på vibrasjonsømfintlige kulturminner i nærheten av rammepunktet. Rammingen medfører også omrøring av massene i umiddelbar nærhet av pelen på grunn av fortregning av løsmasser, og volumet av omrørt materiale øker normalt med økende volum av pelen. Ramming av enkelte typer peler som for eksempel betongpeler kan være ømfintlig for hindringer i grunnen, for eksempel stoppe opp eller mislykkes på annen måte. Påtreffes for eksempel treverk i grunnen under kan dette medføre fare for at trekonstruksjoner kan settes i bevegelse og større områder rundt denne kan bli påvirket.

Ramming av peler medfører normalt sett ikke at det dannes hulrom på utsiden av pelen og det er således mindre fare for at det skal kunne foregå gass- og vannvandring langs pelen så lenge denne ikke er brutt ned.

Boring av peler gir lite vibrasjoner i grunnen og gir i de fleste tilfeller liten eller ingen massefortregning i grunnen. Mange av de borede pelene har en vesentlig større bæreevne pr. pel enn tilsvarende alternative rammede peler av betong. Borede peler har ofte god nedtrengningsevne i gjennom fyllmasser med mye hindringer.

Boring av peler kan medføre erosjon fra vann/luft i området langs pelen (masser spyles bort), og kan medføre tilførsel av vann og gass til omliggende masser under installasjonen. Hulrom langs pelen som ikke tettes av kryp i massene kan gi mulighet for gass- og vannvandring langs pelen. Injeksjon av mørtel kan gi uønsket mørtel ut i kulturlagene, og faren øker med økende trykk og hulrom.

Sjaktede peler og pilarer har ofte en så stor diameter at de er lite aktuelle å bruke i til fundamentering av kulturlag. Sjakting er en relativt skånsom installasjonsmetode ved at røret trykkes ned og massen grabbes ut av foringsrøret.

6.7.1 Peletyper

I det følgende er det gjort vurderinger av de forskjellige vanlige peletypene, og noen av de mer spesielle peletypene. Vurderingene inneholder kun geotekniske vurderinger, og ikke direkte vurderinger av kjemiske, biologiske eller andre forhold med betydning for bevaringsforholdene:

Betongpeler med firkantprofiler, ofte med tverrsnitt 235 mm × 235 mm til 350 mm × 350 mm) er lite egnet til å ramme gjennom kulturlag og evt. ovenfor liggende fyllmasselag med mye hindringer, for eksempel treverk, stein, blokk, metallskrap m.m.), og har relativt stort tverrsnitt massefortrengning i forhold til lastkapasitet. Betongpeler er derfor mindre gunstig å benytte direkte i kulturlag uten forboring/-graving.

Stålprofilpeler, ofte H-profiler og X-profiler med sidekanter/lengde normalt inntil 400 mm, godtykkelese 10 til 30 mm, eller peler av jernbaneskiner er egnet til å ramme gjennom kulturlag og evt. ovenfor liggende fyllmasser med mye hindringer, og har relativt lite tverrsnitt i forhold til lastkapasitet, og medfører relativt lite masseutskiftning/massefortrengning av kulturlag. En del stålprofilpeler må som ofte rammes med tungt utstyr som kan gi mye vibrasjoner, mens andre kan rammes med letter utstyr, for eksempel enkelte X-profiler. Stålprofilpeler er betydelig korrosjonsutsatt dersom de ikke beskyttes, særlig i fyllmasser og sjø.

Rammede stålrørspeler, stålrør med diameter $d = 500$ til 1200 mm er stålrør som etter ramming og evt. fordykning i spissen normalt armeres og støpes ut. Pelene har normalt stor kapasitet, men den store diameteren og det tunge rammeutstyret gjør ofte denne typen peler lite egnet for installering i kulturlag på land der en ønsker å ta vare på kulturlagene på grunn av stort tverrsnitt og stor massefortrengning. Borede stålrørspeler, stålrør med diameter $d = 323$ til 711 mm er stålrør som etter innboring i berg normalt armeres og støpes ut. Røret kan trekkes opp under utstøpning. Pelene har normalt stor kapasitet, men den store diameteren og det tunge boreutstyret gjør denne typen peler i en del tilfeller mindre aktuell for installering i kulturlag på land der en ønsker å ta vare på kulturlagene.

Stålkjernepeler er borede peler der en stålkjerne som installeres i forboret stålrør, dvs. stålrør med diameter normalt i størrelsesorden 100 til 250 mm, bores inn i berg og beskyttes mot korrosjon med mørtel. Det benyttes ofte lett boreutstyr og metoden er egnet til å bore gjennom kulturlag og evt. ovenfor liggende fyllmasser med mye hindringer, og har relativt lite tværsnitt i forhold til lastkapasitet, men medfører noe masseutskiftning/massefortrengning av kulturlag.

Borede og sjaktede peler, pilarer har ofte en så stor diameter på 750 til 1500 mm at de er mindre aktuelle å bruke i til fundamentering av kulturlag. Installasjonen av sjaktede peler foregår ved at et foringsrør trykkes ned og massen grabbes ut av foringsrør. Ved visse typer grunnforhold kan løsmassene bores ut med augerbor, som er et stort naverbor. Denne metoden er skånsom for massene rundt pelen da den ikke gir massefortrengning.

Mikropeler installeres med ramming, boring, jekking, skruing eller en kombinasjon av dette. Kun borede mikropeler kan være aktuelt i kulturlag. Mikropelene er små peler med diameter 60 til 300 mm som kan injiseres eller støpes ut. Metoden er egnet til å trenge gjennom kulturlag og evt. ovenfor liggende fyllmasser med mye hindringer, og har relativt lite tværsnitt i forhold til lastkapasitet og medfører relativt lite masseutskiftning/massefortrengning av kulturlag.

Jetpeler er uarmerte betongpeler (diameter $d = 500$ til 2000 mm) som etableres i bakken. Grunnprinsippet er at man anvender ulike jetstråler bestående av forskjellige proporsjoner av sement og vann, additiver og luft som eroderer ned den opprinnelige jordstrukturen. Metoden er mest benyttet til omfundamentering av bygninger og etablering av støttevegger i grunnen. Installasjon av jetpeler i kulturlag medfører fjerning av betydelige mengder med kulturlagsmasser i pelepunktene.

Trepeler er tømmerstokker som rammes ned i jorda med relativt lett rammeutstyr. Maksimal lengde på norske trepeler er normalt 15 m og større spissdiameter enn 150 mm er sjelden i Norge. I toppen vil da pelen normalt ha en diameter på $d = 300$ mm. Trepeler har normalt har relativt stor massefortrengning i forhold til lastkapasitet, og medfører således relativt stor massefortrengning av kulturlag. Levetidene for pelene er avhengig av bevaringsforholdene i grunnen.

6.8 Vurdering og tilråding

Det er viktig å påpeke at peling i kulturlag må vurderes og prosjekteres spesielt i hvert tilfelle, og det må gjøres tilstrekkelige grunnundersøkelser i forkant av valg av fundamenteringsmetode. Dette gjelder både av hensyn til geotekniske forhold og av hensyn til kulturlagene. Undersøkelsene vil som oftest avklare både om det er behov for peling og hvilke pelemetoder som egner seg i et hvert tilfelle. Før installasjon av peler skal det skovles opp prøver av kulturlagene i grunnen i hvert av pelepunktene

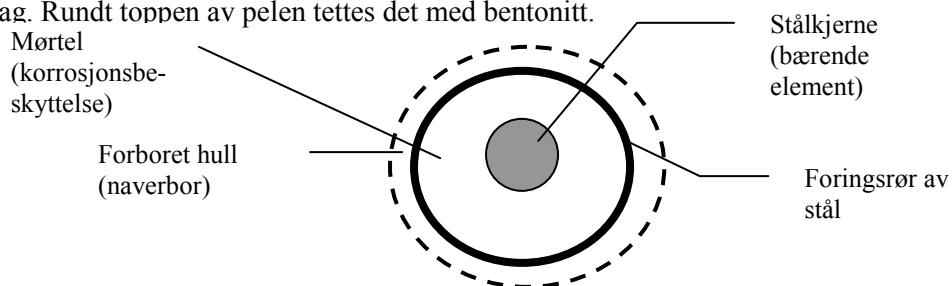
med naverbor (augerbor) med diameter $d = 80$ mm eller større. Slik skovling bør utføres under oppsyn av arkeologisk observatør dersom annet ikke er bestemt.

Både boring og ramming i kulturlag kan gi skade på disse, men trolig gir boring minst skade. Derfor er i utgangspunktet kun borede peler aktuelt å installere i kulturlag. For å redusere faren for skader i kulturlag må man beregne at det forbores med et stort naverbor for alle peler som skal installeres gjennom slike lag. I kulturlag med mye treverk og stein/blokk kan naverboring være vanskelig å få til på grunn av faren for fastboring/kiling.

Basert på det ovenfor nevnte er det samlet sett trolig følgende peletyper og installasjonsmetoder som antas å gi minst skader i kulturlag ved peling på land:

Borede, korrosjonsbeskyttede mikropeler og stagpeler, dvs. spissbærende peler for lettere konstruksjoner og for omfundamentering uten injisering med mørtel i kulturlag pelen kan støpes ut i dette området. Pelene installeres om mulig igjennom et forboret hull med naverbor med borediameter på naverbor litt større enn borediameter på pel. Installering av borede peler forutsetter meget skånsom boring og spyling for å unngå minst mulig erosjon og omrøring av masser. Pelen bør beskyttes med tilstrekkelig og bestandig korrosjonsvern, for eksempel pulverlakkering, epoxy, for å hindre kontakt mellom stål og kulturlag. Rundt toppen av pelen tettes det med bentonitt.

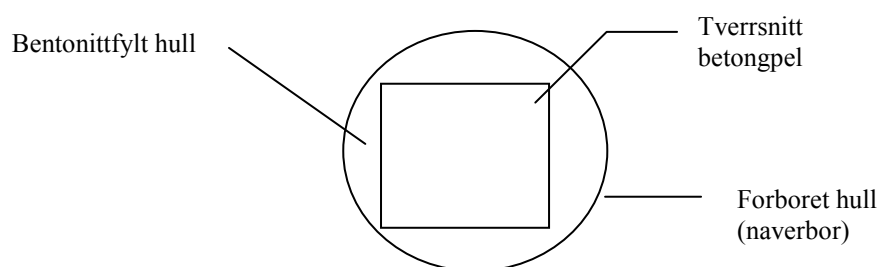
Borede stålkjernepeler som er spissbærende peler for tyngre konstruksjoner og omfundamentering som installeres igjennom et forboret hull med naverbor; borediameter på naverbor skal være litt større enn borediameter på pel. Installering av slike peler forutsetter meget skånsom boring og spyling for å unngå minst mulig erosjon og omrøring av masser. Foringsrøret bør beskyttes med et tilstrekkelig og bestandig korrosjonsvern, for eksempel pulverlakkering, epoxy, for å hindre kontakt mellom stål og kulturlag. Rundt toppen av pelen tettes det med bentonitt.



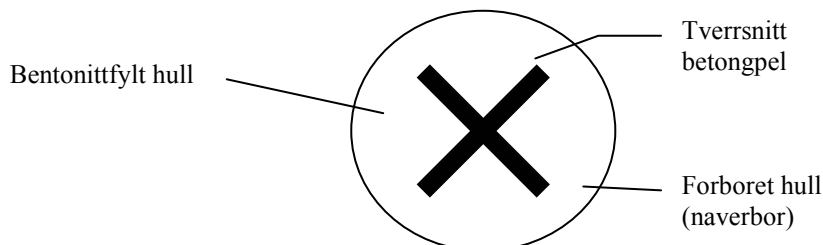
Figur 16. Tverrsnitt stålkjernepel

Borede CFA-peler, peler boret ut med kontinuerlig naverbor, diameter 300 mm til 1200 mm. Peler støpes direkte ut i grunnen og armeres. Slike peler egner seg best i jordarter i fraksjon leire til sand som erstatning for rammede betongpeler. Slike peler har begrenset lastkapasitet.

Forboring med naverbor gjennom kulturlag med bor som har større diameter enn pelen (eventuelt med forgraving i gjennom ovenfor liggende fyllmasser), stabilisering av borehull med bentonitt-slurry og ramming av betong- eller stålpel ned i underliggende lag gjennom forboret hull. Den delen av pelen som blir stående i kulturlag korrosjonsbeskyttes med ikke reaktivt materiale, for eksempel med epoxy-maling på betongpeler, pulverlakkering av stålpele og gjenstående del av hulles fylles med bentonitt.



Figur 17. Tverrsnitt betongpel og forboret hull.



Figur 18. Tverrsnitt stålpel (krysspel) og forboret hull.

Dersom laster kan føres til berg og dybden til berg ikke er for stor anbefales metode nr. 2 eller 1. Dersom det er behov for etablering av friksjonspeler eller dybden til berg er stor kan metode nr. 4 vurderes brukt der metode nr. 3 ikke kan anvendes. Ved omfundamentering i områder med vanskelig tilkomst, for eksempel inne i bygninger og lignende kan metode 1 være eneste praktisk mulige metode for installering av borede peler.

I de fleste tilfeller vil det være mulig å oppnå peleavstander mellom enkelt peler på 4 til 5 m ved bruk av de nevnte peletyper ved fundamentering av nye bygg, men plassering av peler må bestemmes spesielt i hvert tilfelle, og er avhengig av flere forhold. Ved større laster er det også vanlig å bruke

pelegrupper. Ved omfundamentering av eksisterende bygg vil plasseringen bli bestemt av den eksisterende geometrien, laster og tilkomst. I mange tilfeller vil det da være nødvendig med tettere peling enn for tilsvarende nybygg. For slanke peler i mektige kulturlag og igjennom bløte underliggende lag som gir liten sidestøtte, kan knekning av slanke peler være et problem. Ved større vanddyp i sjø kan det også være fare for knekning av slanke peler som stålkjernepeler og andre relativt slanke peler, og ofte må peler med vesentlig større diameter som stålrørspeler benyttes. Peleavstanden for slike peler vil bli bestemt av lastene som pelen skal ta opp og en del andre forhold. Ved peling i sjø er det ofte meget vanskelig å gjennomføre effektive tiltak for å skåne kulturlagene.

Restriksjoner på omfanget av peling i kulturlag

For å redusere skadeomfanget på kulturlagene i grunnen som følge av peling er følgende restriksjoner på omfanget av peling satt:

Det tillates i utgangspunktet kun bruk av borede peler med diameter på opp til 210mm i kulturlag.

Det tillates ikke mer enn en pel pr. påbegynt 15m² grunnflate i bygningen ved terreng eller kjellernivå. I tillegg tillates det en pel pr. hjørne i bygningen. Peling av søyler og lignende på utsiden av byggeliv for etasjen i terrengnivå må vurderes spesielt i hvert tilfelle.

Samlet peleareal, tverrsnitt peler, skal ikke overstige 1,0 % av grunnflaten i bygningen. Dette inkluderer også eldre peler og skadede peler som ikke trekkes.

Skadete peler eller andre peler som installasjonen mislykkes med skal ikke trekkes med mindre dette er helt nødvendig for konstruksjonen. Peler som ikke skal brukes skal kappes under terreng og dekkes til med bentonitt og pukkk på toppen. Hull etter peler som må trekkes skal fylles med bentonitt.

Minste avstand mellom senter i peler/pelegrupper og andre peler/pelegrupper skal minimum være 3,5meter. Kravet kan avvikes for erstatningspeler for skadede eller mislykkede peler. Behov for bruk av pelegrupper skal dokumenteres spesielt.

Andre krav og vilkår for peling i kulturlag kan framkomme i tillatelsen for tiltaket.

Krav til peleinstallasjon, tilhørende arbeider og konstruksjoner:

Før planlegging av bygging og peling på kulturlag skal det alltid foretas tilstrekkelige grunnundersøkelser, både av geotekniske, hydrogeologiske, miljøtekniske og arkeologiske årsaker. I tillegg bør tomtens (last-) historie undersøkes. Krav til bygging/peling og overvåkning av grunnforhold bør utarbeides på bakgrunn av resultatene av disse undersøkelsene.

Under planlegging av pelearbeider skal det utarbeides en plan for håndtering av uønskede hendelser med pelene i kulturlag. Denne planen (peleplanen) og andre planer som omfatter pelearbeidene skal godkjennes av kulturminnemyndigheten med mindre annet er gitt som vilkår i løyvet om inngrep i kulturlagene.

I bygninger der det brukes golv på grunnen i tillegg til at selve bygningen peles, skal ikke egenvekt og brukslast på golv overstige tidligere dokumentert langtidslast på grunnen, inkludert eventuelt kompensert fundamentering ved etablering av nytt golv. Golv og andre konstruksjoner mot grunnen skal isoleres for å hindre oppvarming av denne.

Ved utlegging av bærlag på tomten for pelemaskiner og annet anleggsutstyr før peling skal det benyttes fiberduk som filter mot kulturlag. Bærelagstykkelsen skal av hensyn til belastningen på grunnen maksimalt være 0,3 meter, pluss avrettingslag. Ved behov for forsterket bærelag utover dette skal det benyttes geonett eller tilsvarende geotekstiler for å øke bæreevnen.

Rundt toppen av peler i overgangen mot kulturlag skal det tettes med bentonitt og bentonitten skal beskyttes med fiberduk og et tynt lag pukk. Peler/pelehatter må også isoleres slik at temperaturen i grunnen ikke blir påvirket.

Alle peler skal være av et bestandig materiale eller skal gis en tilstrekkelig beskyttelse, slik at pelens levetid minimum er 100 år. Dette skal dokumenteres.

Ved peling i kulturlag skal det i utgangspunktet velges borede peler og ikke velges peletyper som forutsetter forgraving eller andre inngrep i kulturlagene utover forboring før installasjon av pelen. Peler som inkluderer injeksjon av masse i grunnen skal unngås på grunn av faren for erosjon av kulturlag ved tap av masse ut i kulturlagene. Kun utstøpning av peler i eller ved hjelp av rør kan aksepteres. Ved bruk av vann og luft til boring skal det dokumenteres at boringene ikke medfører vesentlig erosjon av kulturlag utenfor den planlagte pelen.

Det skal i hvert tilfelle utarbeides vibrasjonsgrenser for disse pele- og grunnarbeidene. Arbeidene skal kontinuerlig dokumenteres med vibrasjonsmålinger gjennom hele installasjonsperioden.

7. Overvåkingsprosjekter knyttet til vilkår for pelefundamentering

7.1 Miljøovervåking

Riksantikvaren har som ledd i sitt ansvarsområde for vernestrategi for middelalderbyene fastlagt en strategi for overvåking av arkeologiske kulturlag i de norske middelalderbyene og utarbeidet en veileder og standard for dette.⁶ Myndighetene vil kreve overvåking knyttet til visse typer inngrep i middelalderbyen. Overvåkingen knyttes til før, under, og etter utbygging. Overvåking og kartlegging kan knyttes sammen. Kartlegging av de arkeologiske forholdene i grunnen skjer ved at kulturlagene dokumenteres, beskrives og analyseres etter standard og knyttes til forundersøkelse, eller til arkeologiske undersøkelser. Det er ulike metoder for overvåking og disse vil avhenge av forholdene i grunnen, men det vanligste er at selve overvåkingen skjer enten i miljøbrønner, ved uttak og analyse av vannprøver fra miljøbrønner, eller ved installering av målesonder i utvalgte steder, og/eller ved jevnlig oppmåling av fastpunkter plassert på bygninger og/eller terrengoverflaten. Brønner, målesonder og fastpunkter må være tilgjengelige i ubestemt tid fremover og plassering bør stadfestes sammen med utbygger. For middelalderbyene må det på sikt utvikles oversikter over grunnvannstand. Dette bør skje i samarbeid med kommunene. For de delene av byene som ikke har grunnvann bør vi videreutvikle metoder for å vurdere vannmetting i lagene. Overvåking av grunnvannet i miljøbrønner i kulturlagene baseres på at de kjemiske forhold i grunnvannet er forutsetningen for bevaringsforholdene i kulturlagene. Kjemiske analyser vil vise om det skjer endringer i grunnvannssammensetningen som kan være et tegn på endrete forhold for kulturlagene og dermed mulig fare for større nedbryting eller at forholdene blir bedre (Matthiesen 2005, 2006a og b).

Overvåkingen vil gi svar på om forholdene er stabile eller foranderlige. Kostnadene for overvåking av nedbrytningsprosesser i kulturlagene belastes utbygger, som en del av vilkårene for å få dispensasjon for å bygge på kulturlag, jf. kml § 10.

Såfremt endringer har med tilstanden i kulturlaget å gjøre, dvs. pågående destruktive prosesser, må ytterligere kartlegging igangsettes og overvåkingsprogrammet må tilpasses endringene. Målet er å kunne sette i gang tiltak som stabiliserer eller forbedrer tilstanden i kulturlaget. Når et prosjekt starter opp vil det bli krevd detaljert beskrivelse/vurdering av bevaringstilstand i kulturlagene og grunnvannet dokumenteres etter standard. Såfremt overvåkingen over tid viser stabile tilstander i kulturlagene er det ikke nødvendig med nærmere kartlegging. En kartlegging er ressurskrevende og vil være påkrevd

⁶ THE MONITORING MANUAL – PROSEDURES & GUIDELINES FOR THE MONITORING, RECORDING AND PRESERVATION /MANAGEMENT OF URBAN ARCHAEOLOGICAL DEPOSITS. NIKU & Riksantikvaren 2007. ISBN 82-7574-043-6

enten ved synlig skade, eller etter at overvåking viser endringer. Kulturminnemyndighetene avgjør tidsrammen for overvåking.

7.2 Grunnvann lokalisering og prøvetaking

Når det er grunnvann på en tomt kan grunnvannssonen overvåkes i brønner. Grunnvannssonen kalles mettet sone. Overvåking gjøres ved målinger eller ved permanente loggere, og ved analyse av vannprøver fra miljøbrønner.

Det påhviler tiltakshaver/utbygger et ansvar å undersøke/påvise grunnvanns-/vannmettingsforhold i det aktuelle området for utbygging. Videre må det settes opp et program for overvåking av grunnvannet/vannmetting gjennom og etter byggeperioden.

7.3 Prøvetaking og overvåkning i umettet sone

Den umettete sonen i jord er den delen av jorden som ligger over det normale grunnvannsnivået. Undersøkelse av miljøforhold i umettet sone har som mål å avdekke hvordan miljøforholdene påvirker nedbrytning av organiske gjenstander (f.eks. trekonstruksjoner), korrosjon av metallgjenstander og forvitring av stein og keramikk.

Nedbrytning av organiske gjenstander styres i stor grad av tilgangen på oksygen og andre forbindelser som mikroorganismer kan bruke i nedbrytningen. Oksygen transporteres med luft eller med oksygenrikt vann ned til kulturlagene. Undersøkelser for å beskrive bevaringsforholdene retter seg derfor mot å avdekke om surstoff kan transporteres til kulturlagene. For bevaring av metallgjenstander, stein, keramikk og bein er saltholdighet, surhetsgrad og mengde vann som går gjennom jordlagene avgjørende for om forholdene i umettet sone fremmer korrosjon eller annen forvitring av gjenstander.

Prøvetaking og overvåkning av umettet sone kan by på store utfordringer fordi massene ofte er svært heterogene både i horisontal og vertikal utstrekning. Dette fører til at miljøforholdene i jorden kan være forskjellige innen korte avstander. I tillegg påvirker heterogeniteten hvordan luft og vann transporteres gjennom jorden. Generelt kan man gå ut i fra at jo større heterogenitet i massene, jo flere prøver må det tas for å beskrive miljøforholdene.

Når miljøforholdene i umettet sone karakteriseres, foretas det målinger i felt der det er mulig, fordi transport og lagring kan forandre prøvenes egenskaper. Aktuelle parametere som kan måles i felt er

vanninnhold, oksygen, pH, elektrisk ledningsevne og temperatur. Andre parametere som gir informasjon om hvor raskt organisk materiale brytes ned og om oksygen har nådd kulturlagene, må analyseres på laboratoriet. Slike analyser kan omfatte forbindelser som mikroorganismer bruker eller produserer når de bryter ned organisk materiale. Måling av jordens fuktighet, innhold av organisk materiale, og andel luftfylte og vannfylte porer er måleparametere som kan gi opplysninger om forholdene for luft- og vanntransport.

I de fleste tilfeller tas det jordprøver. Prøver av jordvæske kan være aktuelle, men er mer arbeidskrevende og forutsetter at det installeres spesielt utstyr til dette (f.eks. jordvæskesugere). Prøvetaking av grunnvann er bare aktuelt hvis grunnvannsnivået ligger mindre enn 0,75 m under de undersøkte kulturlagene.

Overvåkning av miljøforholdene i umettet sone gir informasjon om hvordan forholdene endres over tid og om hvorvidt avbøtende tiltak gir tiltenkt effekt på bevaringsforholdene i kulturlag. Til dette installeres sensorer som måler for eksempel jordens fuktighet, temperatur og oksygeninnhold i ulike dybder i jorden. I fuktig jord kan det være aktuelt å måle redokspotensial. Signalene fra sensorene registreres normalt i en datalogger som automatisk lagrer tidsserier for de aktuelle parameterne. Kulturminnemyndighetene avgjør tidsrammen for overvåking.

8. Andre forhold

8.1 Spunting og andre støttevegger

Spuntvegger og andre støttevegger vil naturlig medføre store inngrep i grunnen og medfører en betydelig fare for utdrenering av vann fra grunnen på utsiden av veggen. Det må ikke forventes at spunting eller etablering av andre typer støttevegger i grunnen tillates innenfor middelalderbyene uten at store samfunnsmessige hensyn tilsier dette.

8.2 Større anlegg

Underjordiske parkeringsanlegg og fjellanlegg må forventes å ha lang saksbehandlingstid og vil ofte utlyse utredning av konsekvensene for kulturlagene. Videre vil denne type anlegg kreve oppstart av overvåking av grunnvann i lang tid før anleggene påbegynnes.

8.3 Grøftarbeider

Undersøkelsen i Tønsberg viste at mens pelene hadde gjort mindre skade enn forventet så hadde graving for grøft og dragere gjort betydelig skade på kulturlagene (Hartnik 2008). Ikke minst hadde gjenfyllingsmaterialet som besto av halvstore stein, fungert som dreneringsgrøft og trukket vannet ut av kulturlagene rundt og medført betydelig skade. Det syns derfor opplagt at man må unngå denne type drenering dels av hensynet til kulturlagene dels av hensynet til bygninger og anlegg rundt grøfter.

Normalt sett er krav til grøftemasser beskrevet i lokale forskrifter (VVA-normer), i andre veiledninger/normaler eller i spesifikasjoner fra leverandører. Som tilbakefyllingsmasser i grøfter blir det vanligvis beskrevet bruk av godt drenerende, ikke telefarlige, mineralske fyllmasser av sand, pukk og kult. For å unngå bruk av isolasjonsmaterialer i grunnen og for å oppnå tilstrekkelig overdekning, anbefales det ofte at grøfter med VA-ledninger blir fundamentert i frostfri dybde. Dette medfører i mange tilfeller grøftedybder på 2 meter eller mer. Dette kan igjen medføre krav om midlertidig avstiving eller avslakking av bratte grøftevegger.

Bruk av godt drenerende fyllmasser i grøfter gjennom kulturlag kan medføre utdrenering av disse med påfølgende fare for setninger og endring av befaringsforholdene for kulturlagene og det vil sannsynligvis ikke gis tillatelse til dette. Masseutskiftning av lettere kulturlagsmasser med tyngre mineralske masser kan også gi setninger langs grøftetraseen.

For å redusere faren for å endre dreneringsforholdene i grunnen som kan medføre ødeleggelse av kulturlagene ved grøftarbeider, kan det vurderes å tilbakefylle og lagvis komprimere utgravde masser fra samme punkt. Alternativt kan det tilbakefylles med komprimerte, tette (finstoffholdige), mineralske masser som eventuelt isoleres dersom de er telefarlige.

Dersom rør, kabler og ledninger av tekniske grunner må legges i åpne masser kan det vurderes å tette grøftevegg og -bunn med (bentonitt-)leire og fiberduk som filter mot kulturlagene. Alternativt kan grøft anlegges i prefabrikkert eller plasstøpt, vanntett betongkulvert som omfyller med stedlige gravemasser. Bruk av kulvertløsning medfører at vedlikeholdsarbeid/utskifting kan utføres uten inngrep i grunnen rundt kulverten. Videre vil en kulvertløsning hindre at eventuelle lekkasjer ikke vil medføre utslippe til grunnen. Kulvertløsninger kan utføres som kompensert fundamentering og kan om ønskelig isoleres.

Store grøftarbeider vil uansett kreve miljøovervåking.

8.4 Avbøtende tiltak

Såfremt overvåkingen enten før, under, eller etter tiltaket viser endringer som oppfattes som negative for bevaringsforholdene, må det foretas hyppig kontroll, analyser og tolkninger før igangsetting av eventuelle tiltak for å gjenopprette gunstige forhold. Det kan bli påkrevd med avbøtende tiltak, det være tetning av lekkasjer og andre tiltak for å reetablere grunnvannsstanden, eller gjenetablering av de kjemiske forholdene i grunnen, osv. Det er opp til kulturminnemyndighetene å varsle tiltakshaver om endrede forhold og hvilke tiltak dette vil medføre.

9. Diskusjon og konklusjon

I 2005 ble det foreslått å utprøve boreprøvemethoden for å kunne avgjøre effekten ved pelefundamentering. Boremethode og dokumentasjonsmetode viste seg å fungere bra. Det lyktes å gjennomføre hele boreprogrammet etter oppsatt tid, økonomi og etter faglige kravspesifikasjoner. Analysen var konsentrert på å analysere bevaringsforhold og -tilstand. Det eneste som ikke var helt i samsvar med opprinnelige krav var at det ved enkelte lokaliteter var lite organiske kulturlag. Gode bevaringsforhold viste seg også å være av stor lokal variasjon Det er stor forskjell byene imellom, og det er vesentlig at bevaringsparametere er lokalt forankret. Likevel må det poengteres hvor viktig det er å kunne sammenligne undersøkelsene. Det er første gang man har sammenliknet bevaringsforholdene i flere skandinaviske byer etter samme parametere.



*Figur 19. Boreriggen fra Multiconsult foran den Norske ambassade i Amaliegade i København.
Foto Ann Christensson*

I York, England har man i byplansammenheng stadfestet 2-5 % som akseptabel verdi som kan ”skades”, dvs. den del som går tapt under nedsetting av pelen. I ettertid velger man nå 2 %. Det opereres ikke med kvantifisering av ”skader” i norske middelalderbyene, men i samsvar med andre mål for vern av kulturminner er akseptabelt tap satt til 0,5 %.

Bygging på kulturlag i middelalderbyen er ikke kun et tema med stor interesse i Norge. Internasjonalt er kulturmyndighetene også naturlig opptatt av temaet. Gjennom prosjektet har det ved møter, feltarbeide og seminarer vært kontakt med Kulturarvsstyrelsen (DK), Kulturen i Lund, Riksantikvariämbetet (S), English Heritage (Eng) and og Dutch Heritage (NL). Alle har ønsket nærmere samarbeid om de spesifikke problemene det er i middelalderbyene i forhold til balansen mellom utvikling og vern. Videre legges det opp til fremtidig samarbeid, enten ved konkret innspill i forbindelse med feltarbeid og/eller ved forelesninger på seminarer.

Press på historisk sentre er stort og det har vært nødvendig å kartlegge hvilke tiltak kan ha skadeeffekt over tid. Fysisk skade må forventes ved de fleste typer fundamentering, men det har vært vesentlig å dokumentere hvilke som har liten eller ingen effekt på kulturlagene.

Prosjektet har vist at vi ikke finner læsbare skader etter pelefundamentering ved borede peler. Det er imidlertid entydig at rammede peler medfører fortrenkning og ødeleggelse av deler av det arkeologiske materiale. Dette er vist gjennom utgravningsprosjektet Finnegården 3A (figur 2). English Heritage har gjennom lengre tid innsamlet dokumentasjon fra ulike typer peler. De konkluderer med at rammede peler gjør skade opp til 2 ganger pelens tykkelse (English Heritage 2007).

Rammede peler avvises som fundamenteringsmetode i middelalderbyene.

Borede peler viser ikke skade i den undersøkelse prosjektet gjennomførte i Lund. For Tønsberg har den arkeologifaglige vurdering vist at det i et sjikt er noe mindre gode bevaringstilstand i området tett på pel og drager, mens det for resten av sjiktene er samme verdier (Dunlop 2007). De nærmere kjemiske analysene i Tollbugaten viste imidlertid at det var svært dårlige bevaringsforhold i nærheten av drager og grøft, sikkert pga. de grove og drenerende stein- og grusmaterialet som ble brukt som gjenfylling av grøften, men ikke noen negativ effekt etter pelen. Oppdraget har vist til dels store skader etter inngrep som kulturminnemyndigheten gjennom tiden har gitt tillatelse til, for eksempel grøfter, fra graving til fundamenter og til dels etter arkeologiske utgravninger. Problemet har ofte vært at man har brukt drenerende masse som fyll i grøfter e.likn, hvilket kan medføre drenering av grunnvann og uttørking av vann som har vært bunnet i kulturlagene. Det er dessuten lite kunnskap om eksakte forutsetninger for bevaringsforholdene, sånn som grunnvann, geotekniske og geokjemiske forhold. Dette må suppleres med undersøkelser og kunnskap for andre steder enn Bryggen.

Peling

Undersøkelsene har vist at de borede peler gir lite eller ingen skader og vi foreslår at det er denne type peler man foreslår brukt i middelalderbyene. Metoden kan også brukes på den måten at man forborer og rammer pelene i lagene under kulturlagene. Materialet som i dag brukes ved peling er stål eller betong. Det bør legges isolasjon av bentonitt over pelen for å forhindre varme fra bygget over i å trenge ned langs pelen.

Overvåkingsdelen bør omfatte temperatur og vanlige grunnvannsprøver W1, jf veilederen. Parametrene må tilpasses den enkelte lokalitet. Så lenge disse faktorene er stabile, anses tilstanden i kulturlaget som stabil. Ved endring må det kartlegges på nytt.

Ved borede peler kan man ivareta at kulturlagene kan tas opp fra grunnen med bor og at de kan beskrives og analyseres, således at det kan hentes ut informasjon om kulturhistorisk data, bevarings-tilstand og -forhold. Kunnskapen i lagene bringes frem på en enkel måte, også fra de dypere lagene som ellers kan være svært vanskelige å komme til. Dermed reduseres inngrepene i kulturlagene. På Bryggen er det tatt ut 27 brønner hvor boreprøvene utgjør mindre enn 0,006 % av det totale kulturlagsvolum.

Det kan settes vilkår om overvåking av fundamenteringsmetoden over tid. Metoden vil så vidt vi kan se redde kulturlagene, og spare tiltakshavere for store investeringer og ikke minst tid. Dette vil besvare Stortingets ønske om å finne metoder som gir bedre byutvikling samtidig med at man bevarer kulturlagene eller arkivene intakte.

Veiledning for bygging på kulturlag

Sluttproduktet er et informasjonsskriv med spesifikasjoner for fundamentering, basert på slanke borede peler, ved ”bygging på kulturlag”, med kravspesifikasjoner knyttet til tillatelser, vilkår etc. Det er uomtvistelig at negativ endring av grunnvann, selv gjennom kort tid, er den største trussel mot de organiske kulturlag i vannmettet sone. Umattede kulturlag finnes i alle byer enten over grunnvannsnivå eller som tilfellet er for størstedelen av middelalderbyen Trondheim. Kulturlagene må dermed bevares i umettet sone. Sårbarheten for organiske kulturlag i umettet sone er under utredning og en første rapport er ferdigstilt (Matthiesen 2007). Arbeidet med å utrede metoder for å overvåke i umettet sone vil fortsette fremover.

Pelefundamentering med slanke borede peler vil bli tillatt i middelalderbyene og følgende avklaringer vil bli påkrevd av kulturminnemyndighetene:

- Riksantikvaren avklarer dispensasjonskriterier for bygging på kulturlag
- For enkelte tomter vil det ikke kunne bygges med pelefundamentering
- Analyse og beskrivelser av kulturlagene, kjemisk, arkeologisk og geoteknisk etter standard
- Oppfølging ved overvåking gjennom tid av tiltak med pelefundamentering, både eldre og nye.
- Grunnvannshåndtering, før gjennom og etter byggeprosess
- Overvåking av grunnvann i mettet sone og enkle parametere gjennom en periode fastlagt av kulturminnemyndig instans
- Overvåking av kulturlagene i umettet sone. Her må det jobbes videre med metodeutvikling

Prøvetaking, analyser og dokumentasjonssystemet utviklet på Bryggen ble utprøvd i andre middelalderbyer i Norge 2006 og ga gode resultater i felt for prøvetaking, og ga innføring av metoder for dokumentasjon, med henblikk på kulturhistorisk og bevaringsmessige forhold. Metoden er nå innført som standard for gravinger i middelalderbyene. Dermed kan det utføres komparative analyser byene imellom, og nye datainnsamlinger med opplysninger om bevaringspotensial og sårbarhet i middelalderbyene er påbegynt.

10. Rapportering

Rapportering er slutført pr. 31.12.2007.

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Veiledning om bygging på kulturlag, Volum 2, Riksantikvaren.

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 3. . –

Rapport Arkeologiske utgravninger 4-2008. NIKU.

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 4 Notat nr. 610811-G03, datert 07.12.07 ”Peling i kulturlag”: Multiconsult AS.

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 5. The effect of piling on the preservation of cultural layers – Physicalchemical assessments in a soil profile adjacent to a pile BIOFORSK Soil and Enviroment and National Museum in Denmark, Bioforsk Rapport Vol. 2 nr. 94, 2007.

Resultatene er lagt frem på konferansen PARISIII, **P**reservation of **A**rchaeological **R**emains **I**n **S**itu, Amsterdam 2006. Publikasjon in press.

11. Fremdrift

Prosjektstart: 15.9.2005

Prosjektslutt: 1.1.2008

12. Budsjett Kostnader og finansiering

Total kostnadsramme for 2005 kr. 580.000,-

Total kostnadsramme for 2006 kr. 450.000,-

Total kostnadsramme for 2007 kr. 500.000,-

Prosjektet er totalfinansiert av Riksantikvaren.

13. Referanser

Direkte knyttet til Prosjektet Peleprosjektet ”Bygging på kulturlag”:

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Veiledning om bygging på kulturlag, Volum 2, Riksantikvaren.

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 3. . –

Rapport Arkeologiske utgravninger 4-2008. NIKU.

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 4 Notat nr. 610811-G03, datert 07.12.07 ”Peling i kulturlag”: Multiconsult AS.

Riksantikvaren FoU prosjekt 2005-2007. Peleprosjekt. Piling project. Volum 5. The effect of piling on the preservation of cultural layers – Physicalchemical assessments in a soil profile adjacent to a pile BIOFORSK Soil and Enviroment and National Museum in Denmark, Bioforsk Rapport Vol. 2 nr. 94, 2007.

Matthiesen, H. 2005. Composition of soil and groundwater below building VIIIa Fiskebutikken, Bryggen, Bergen. Report no 12027-0001-3 to Stiftelsen Bryggen, Norway. National Museum of Denmark, Department of Conservation. (pdf 1,63 Mb)

Matthiesen, H. 2006 a. Composition of soil and groundwater at dipwells MB12, 10, 14 and 13. Bryggen, Bergen. Report no 12027-0004 to Stiftelsen Bryggen, Norway. National Museum of Denmark, Department of Conservation. [pdf 2,53 Mb]

Matthiesen, H. 2006, b. Ground water composition at Bryggen in Bergen June 2005 - an evaluation of the use of water samples for monitoring preservation conditions. Report no 12027-0005 to Stiftelsen Bryggen, Norway. National Museum of Denmark, Department of Conservation. [pdf 688 Kb]

Matthiesen, H., 2007. Preservation conditions above the groundwater level at Bugården, Bryggen in Bergen. Results from MB21 and a testpit from September 2006. – Copenhagen: National Museum of Denmark, Department of Conservation. Report no. 10832-0011-1.

St.meld. nr. 16 (2004–2005) Leve med kulturminner. Miljøverndepartementet 2005.
St.meld. nr. 26 (2006–2007) Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand. Miljøverndepartementet 2007.

THE MONITORING MANUAL – PROSEDURES & GUIDELINES FOR THE MONITORING, RECORDING AND PRESERVATION /MANAGEMENT OF URBAN ARCHAEOLOGICAL DEPOSITS. NIKU og Riksantikvaren 2007. ISBN 82-7574-043-6

For peling og annet grunnarbeid i Norge finnes det blant annet følgende relevante veiledninger og standarder:

”Piling and Archaeology. An English Heritage Guidance Note”. English Heritage (Swindon 2007).

”Peleveiledningen 2005.” Den Norske Pelekomite/Norsk Geoteknisk Forening (Oslo 2005).

”Geoteknikk i vegbygging. Håndbok 016”. Statens vegvesen, Vegdirektoratet (Oslo 1992 og 2005).

”NS 3480 Geoteknisk prosjektering. Fundamentering, grunnarbeid, fjellarbeider (Oslo 1988).
Erstattes av Eurocode 7.

”Eldre bygningsfundamenter og grunnmurer. Metoder og materialer”. Byggforsk.
Byggforskserien. Byggforvaltning. Blad nr. 721.111. (Oslo 1992).

”Eldre bygningsfundamenter og grunnmurer. Utbedring og refundamentering”. Byggforsk.
Byggforskserien. Byggforvaltning. Blad nr. 721.112. (Oslo 1993).

I tillegg til lovverket foreligger det også forskrifter til plan- og bygningsloven, forurensingsloven, vannressursloven m.fl. som direkte regulerer bygging og tiltak i grunnen.