

Torben Seir Hansen
SEIR-materialeanalyse A/S
H.P. Christensensvej 1
3000 Helsingør
tsh@seir-analyse.dk

Undersøgelse af puds og mørtel ved tyndslibsanalyse

Baggrund

Formålet med at analysere en ældre puds eller mørtel udspringer ofte i aktuelle renoveringsopgaver, hvor det er væsentligt at få en viden om sammensætningen af det oprindeligt anvendte materiale. En puds, som efter 50 år eller længere fortsat er i god stand, *bør* ikke ændres. Er mindre reparationer påkrævet, *bør* dette ske med samme mørteltype som den eksisterende. Foreligger der projektmateriale fra opførelsen eller fra tidligere renoveringer, kan oplysning om de anvendte materialer og metoder søges her. Sådanne oplysninger er dog oftest ikke tilgængelige. På stedet kan udseende, struktur og styrke give et fingerpeg om bindemiddelttype og blandingsforhold, men en præcis vurdering af mørtelen kan som regel kun udføres på laboratorium.

Kemisk analyse er en mulighed, men kan give fejlagtige resultater, hvis bindemidlet indeholder hydrauliske komponenter, puzzolaner eller ældre cementtyper som Romacement.

En anden mulighed er tyndslibsanalyse. En metode hentet fra geologien, hvor den anvendes ved undersøgelse af bjergarter, men som ligeledes har vist sig særdeles velegnet til undersøgelse af mineralske byggematerialer som beton, puds og mørtel.

I det følgende gives en kort beskrivelse af selve tyndslibsmetoden samt dennes anvendelse ved analyse af puds og mørtel.

Tyndslibsanalyse

Tyndslibsanalyse kan udføres på en lille delprøve af materialet. Prøvens størrelse afhænger af materialets ensartethed og tilslagets kornstørrelse: jo mere uensartet og grovkornet, desto større skal prøven være. For en finkornet mørtel vil en prøvestørrelse på 2x2x2 cm være passende.

Af prøven fremstilles et tyndslib, som analyseres i mikroskop: *tyndslibsanalysen*. Selve tyndslibet er en ca. 0,02 mm tyk skive af prøven (foto 1). Ved denne tykkelse er bindemidlets og tilslagets bestanddele gennemsigtlige og kan dermed identificeres ved såkaldt refraktions- eller polarisations-mikroskopi. Imprægnering af prøven med epoxy tilsat fluorescerende farvestof muliggør endvidere, at en detaljeret vurdering af porøsiteter kan udføres ved såkaldt fluorescens-mikroskopi.

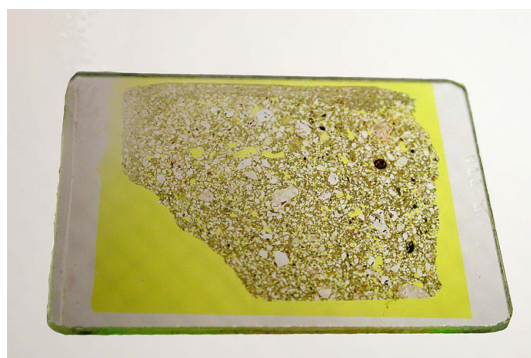


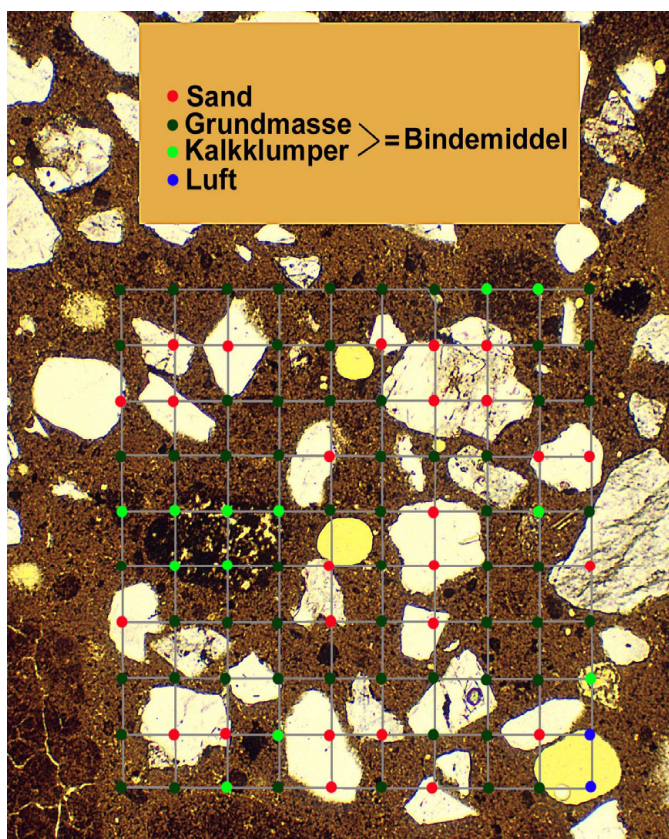
Foto 1: Tyndslibet er en ca. 0,02 mm tyk skive af prøven. Ved denne tykkelse er mørtelen gennemsigtig. Størrelsen på tyndslibet er 30x45 mm.

Bestemmelse af mørtelsammensætningen sker på tyndslibet ved en særlig måleprocedure benævnt *punkttælling*. Udførelsen af punkttællingen illustreres ved efterfølgende eksempel:

Der placeres et rudenet over tyndslibet. Rudenettet består i det viste eksempel (figur 1) af 100 punkter. I virkeligheden anvendes 1000 punkter eller derover. Usikkerheden mindskes med stigende antal punkter.

I hvert punkt fastlægges hvilken af pudsens bestanddele materialet i punktet kan henregnes til. I det viste eksempel skelnes mellem sand, grundmasse (bindemiddel), kalkklumper og luftporer. I andre tilfælde kan det være formålstjenligt, at indregne fx cementkorn,

kalkfiller, teglkros eller svindrevner.



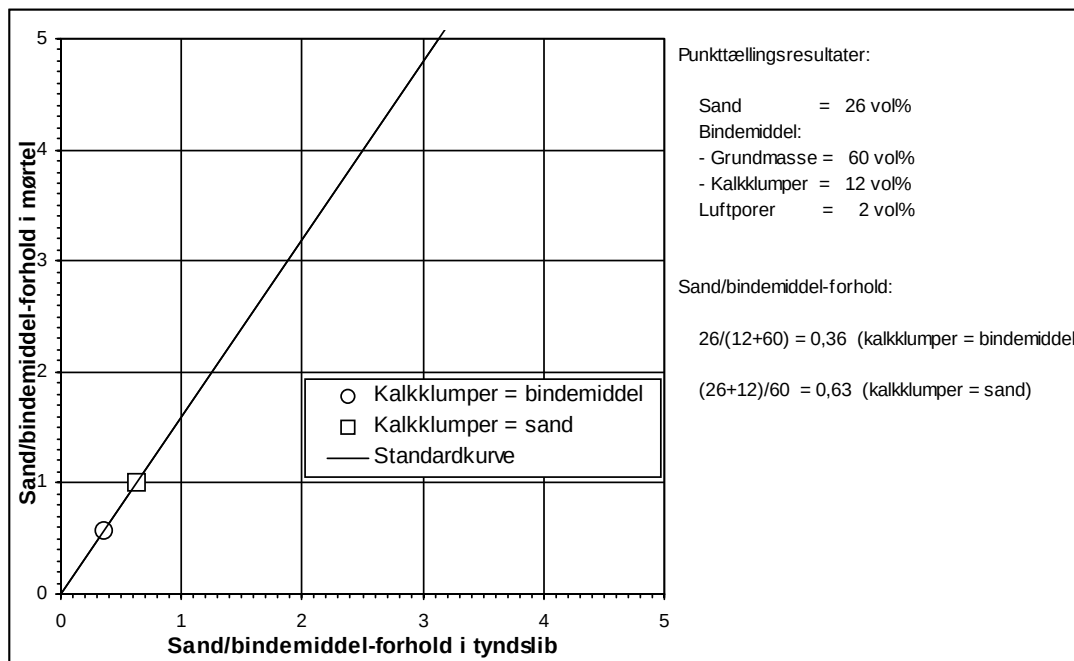
Figur 1: Ved punkttælling bestemmes mørtelens sammensætning ud fra, hvor stort et areal den enkelte bestanddel udgør af prøven. Hertil kan anvendes et rudenet som vist her.

Resultatet efter tælling af de 100 punkter er vist i nedenstående figur 2. Sammensætningen af pudsens (mørtelens) kan direkte udregnes ud fra punkttællingens resultater, som det antal volumendele hvert delmateriale udgør i den pågældende prøve (figur 2). Resultatet angives som volumen-procent (vol%).

	Punkter	Volumen %	
Sand	26	26 vol%	26 vol%
Bindemiddel			
- Grundmasse	60	60 vol%	72 vol%
- Kalkklumper	12	12 vol%	
Luftporer	2	2 vol%	2 vol%
Total	100	100 vol%	100 vol%

Figur 2: Punkttællingens resultater.

Sammensætningen efter rumfang kan estimeres ved brug af tidligere udførte punkttællinger af standardmørtler med kendt sammensætning. Eksempel herpå er vist i figur 3.



Figur 3: Mørtelsammensætning bestemt ved punkttælling. Der er anvendt samme data som vist i figur 2. Standardkurven er fremstillet ved punkttælling af mørtelprøver med kendt sammensætning, og bruges ved bestemmelse af sammensætning efter rumfang. Ved sammensætning efter vægt anvendes en anden standardkurve.

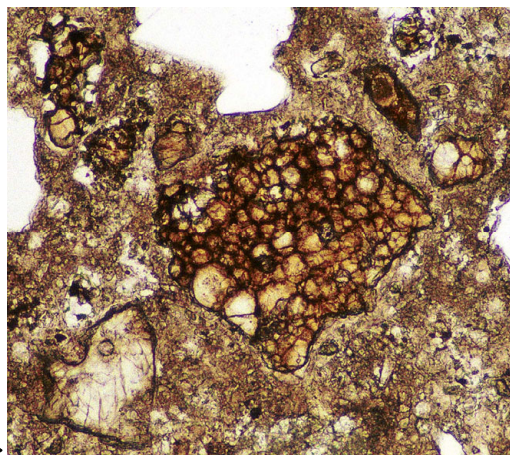
Sammensætningen bestemt ved tyndslibsanalysen angiver mørtelens oprindelige blandingsforhold, men et forhold, der er væsentligt at tage i betragtning ved vurderingen af ældre mørtler, er at bindemidlets egenskaber har ændret sig op gennem tiden. Dette illustreres tydeligst ved det ofte høje indhold af kalkklumper og rester af underbrændt kalksten i ældre kalkmørtler. I tilfælde, hvor der skal findes en nutidig erstatningsmørtel, vil det ofte være formålstjenligt, at korrigere for dette, ved at regne kalkklumper og rester af underbrændt kalksten som tilslag (sand). Eksempel på denne korrektion er ligeledes vist i figur 3.

Hvad kan tyndslibsanalysen ellers anvendes til?

Eksempel 1 - bestemmelse af cementindhold.

Er der tilsat cement til mørtelen, er denne let kendelig i tyndslibet (foto 2). Dette selvom cementen er fuldt omdannet (hydratiseret). Cementtypen og cementens formalingsgrad (kornstørrelse) kan ligeledes fastlægges. Cementens sammensætning, struktur og kornstørrelse muliggør en vurdering af mørtelens alder. Den tilsatte cementmængde kan bestemmes efter prøvningsmetoden NT BUILD 370. Ved bestemmelsen anvendes her standardkurver for kalkcementmørtler med kendt cementindhold.

Foto 2: Tyndslibsanalysen kan afsløre om cement er tilsat. De her viste korn er af en ældre type Portlandcement med cementkorn op til 0,2 mm.



Billedet dækker et areal på ca. 0,5x0,5 mm.

Eksempel 2 - fastlæggelse af skadesårsag

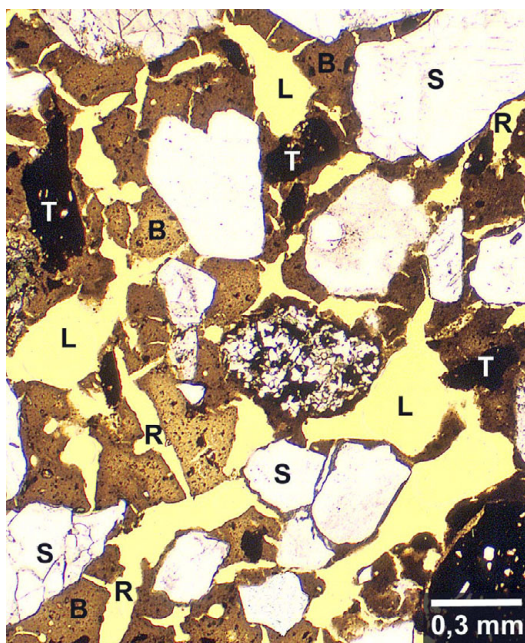
I forbindelse med renovering af udvendigt murværk af natursten, blev blandt andet fuger af cementmørtel udskiftet med fuger af kulekalksmørtel tilsat teglskærver. Murene var meget tykke og arbejdet blev først afsluttet hen under efteråret.

I løbet af vinteren begyndte den yderste del af fugerne at skalle af (foto 3).

Der blev udført tyndslibsanalyse af prøver fra den skadede fugemørtel. Tyndslibsanalysen viste, at mørtelen havde mange svindrevner (foto 4). Mørtelens sammensætning var ellers som foreskrevet.



↑ **Foto 3:** Efter den første vinter var den yderste del af mørtelfugerne skallet af.



← **Foto 4:** Kalkmørtel med højt indhold af svindrevner dannet før bindemidlets hærdning. Sand (S). Bindemiddel (B). Teglskærver (T). Luftporer (L).

På fugernes ydre overflade sås et tyndt lag af små kalkkrystaller, men der sås ingen kalkkrystaller længere inde i bindemidlet. Såfremt bindemidlet var karbonatiseret, skulle dette være helt omdannet til calciumkarbonat (foto 5 og 6).

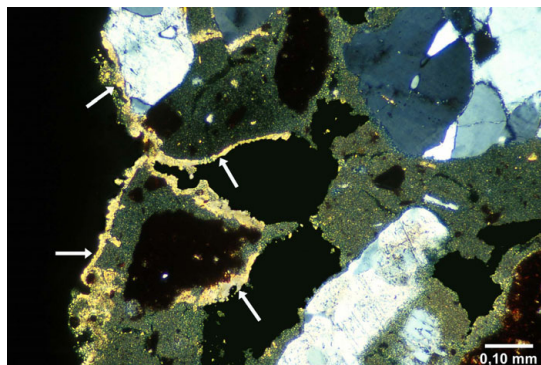
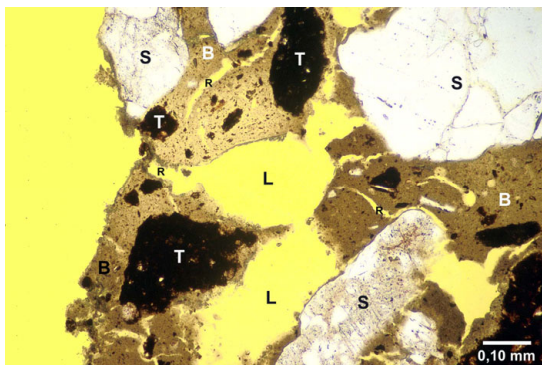


Foto 5 (tv) og 6 (th): Billederne viser samme udsnit af fugemørtelens ydre overflade, men der er anvendt forskellig belysningsteknik. Der ses kalkudfældninger på overfladen og i den yderste del af luftporen (→, foto th). Sand (S). Bindemiddel (B). Teglskærver (T). Luftporer (L). Svindrevner (R).

Årsagen til skaden var, at mørtelens bindemiddel ikke var karbonatiseret før den første frost satte ind. Mørtelen havde dermed næsten ingen styrke. Mørtelen måtte endvidere have været meget våd, hvilket havde ført til udludning af blandet andet opløst calciumhydroxid fra fugens indre og udfældning af denne som calciumkarbonat på overfladen. Den våde mørtel havde hindret karbonatiseringen. Ved fordampning af vand var der tillige dannet mange svindrevner.