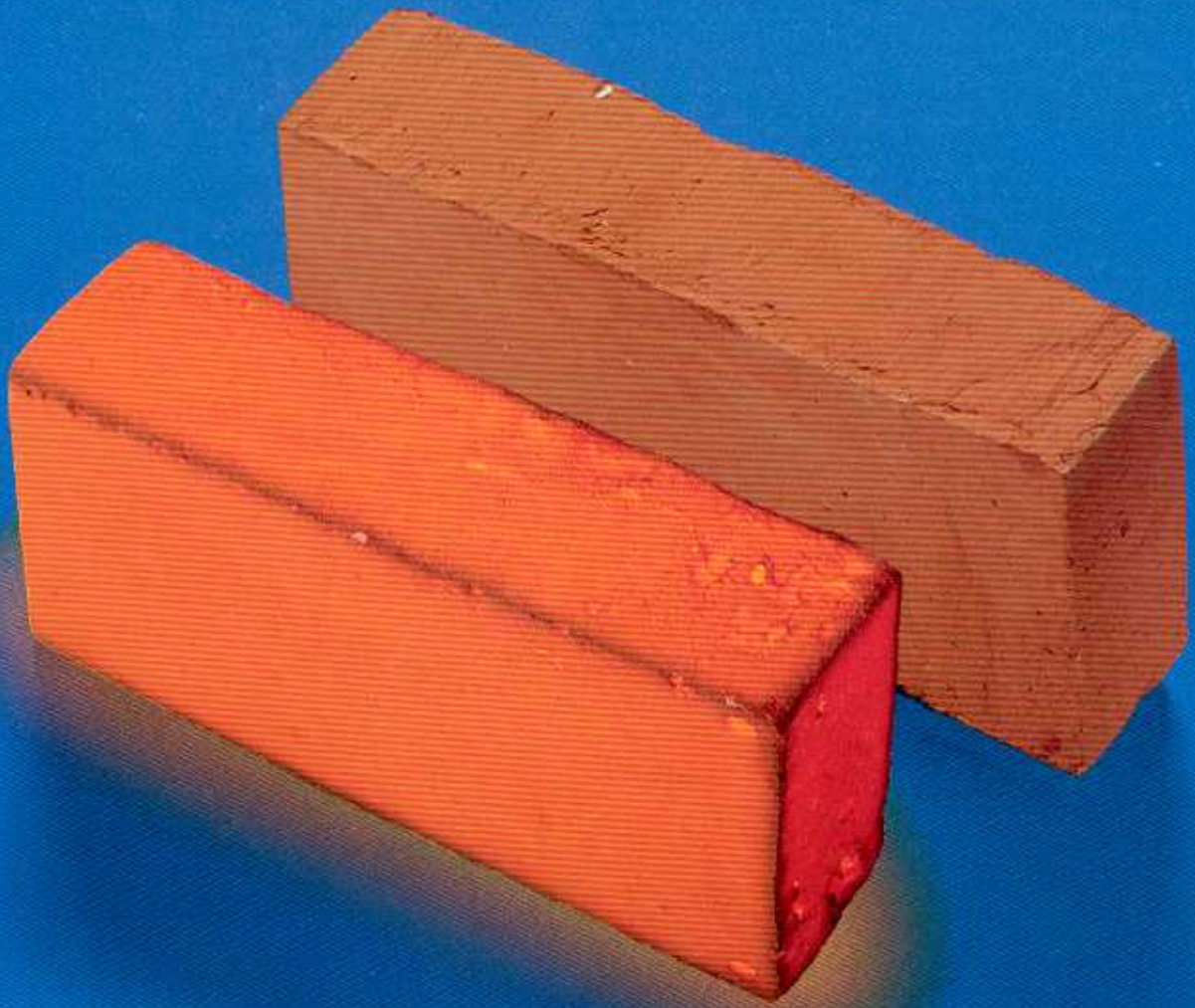


TEGL 1

Teglfremstilling

Manuskript: Ingeniørerne C. Falk og Jørgen Krejbjerg, Kalk- og Teglværkslaboratoriet i Hasselager.

Tilrettelæggelse, produktinformation og tegninger: Kalk- og Teglinformation

Fotos: Fotograferne Poul Ib Henriksen og Lars Mardahl, Århus

Tryk: Jydsk Centraltrykkeri A/S

Skrifttype: Helvetica

Papir: Uno Cote

Oplag: 8000

ISBN 87 85104-17-5
1. udgave 1960
2. udgave juni 1991

Copyright © 1991 by Kalk- og Teglinformation
Teglbækvej 20
8361 Hasselager
tlf. 86 28 38 11

Eftertryk kun tilladt efter skriftlig aftale med Kalk- og Teglinformation.

Forsidebilledet viser en nystrøget, våd lersten, en tørret lersten, en gloende sten og en brændt sten, en **teglsten.**

Indhold

Indledning	4
Leret	5-6
Gravning	6-7
Lagring	7
Råstoffer og tilsætningsstoffer	8
Bearbejdning	9-10
Formning	10-15
Teglfremstilling, diagram	12-13
Tørring	15-16
Brænding	17-19
Tegl i farver	20-21
Produktinformation	22-23
Tegl i tal	24-25

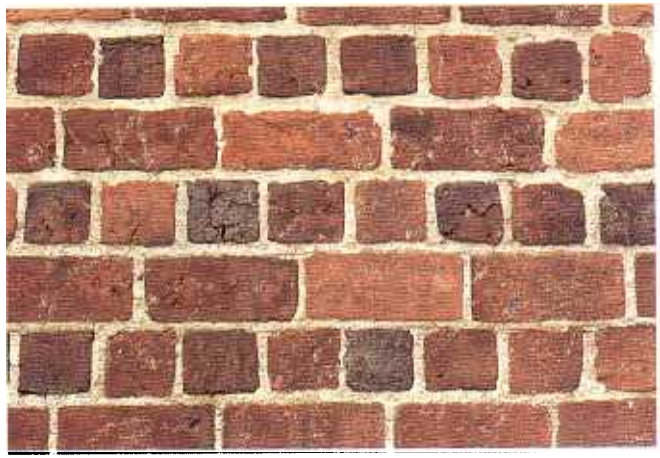
Forord

Tegl er som traditionelt byggemateriale trængt ind i vor bevidsthed. Det er materialet, vi anvender til vore bygninger - et materiale vi kender og er fortrolige med. Den fortrolighed vi nærer til teglet gør, at vi vel næppe tænker nærmere over, hvordan det fremstilles.

Teglbrændingen er et håndværk, en kunst om man vil, som kræver årelang erfaring. Nutidens omstilling af teglbrændingen fra håndværk til industri har krævet og kræver stadig en meget betydelig investering, som yderligere skærper kravet om kyndighed hos teglproducenten.
Pjecen giver et billede af fremstilling af tegl i 1990'erne og den er gennemillustreret med farvebilleder, som fortæller om tegls tilblivelsesproces.

Farvemuligheder med tegl behandles kort, idet tegl er meget mere end røde og gule sten. Nutidens bygherrer stiller også krav til tegls farver, og der fremstilles i dag sten i mange nye farver, f.eks. bronze, rosé, m.fl., som smukt supplerer de klassiske teglfarver.
De færdige teglprodukter, hvilke typer facadesten, tagsten o.s.v. findes der på markedet? Ja, det er spørgsmål, som er evigt aktuelle. Vi viser kort en række gængse tegltyper, og vil De vide mere – bedes De tale med Deres teglleverandør.
Til slut lidt historie om udviklingen indenfor teglindustrien.

Hasselager, juni 1991
Hans Rose



Facadeudsnit af Grønbæk Præstegård, opført 1757 af provst Niels Hurtigkarl, som selv har strøget og brændt teglstenene (format ca. 28 x 14 x 12 cm).

Indledning

I mere end 800 år har tegl været anvendt som byggemateriale her i landet. Fra Italien bragte munkene teglbrændingsteknikken og murerhåndværket med herop, og da leret fandtes i rigelige mængder og let tilgængeligt, afløste teglstenen snart de tunge og uhåndterlige kampesten som byggemateriale. Teglbrændingen foregik dengang under meget primitive former, som oftest i små murede ovne opført i nærheden af byggepladsen, hvor leret også blev opgravet. Den metode har været anvendt på landet helt op til begyndelsen af dette århundrede. Det stadigt stigende behov for teglsten nødvendiggjorde permanente produktionssteder, og efterhånden opstod de første egentlige teglværker.

Årsagerne til teglets store betydning som byggemateriale er mange. Teglstenen besidder som materiale æstetiske værdier, der kan måle sig med de langt mere kostbare naturstens, og desuden har den som keramisk materiale på en gang stor trykstyrke, porøsitet, ringe vægt og en god isoleringsevne over for kulde, varme og lyd. Når dertil lægges bestandigheden overfor det omskiftende danske vejrlig, har man billedet af et byggemateriale, som fuldt ud opfylder de meget vidtgående æstetiske og tekniske krav, som stilles til et konkurrencedygtigt produkt i dag.

Stigende krav til industrialiseringen forenet med en konjunkturbestemt efterspørgsel har præget byggeriet de sidste 30 år. Resultatet af denne politik har været op- og nedture inden for byggeriet, en udvikling som har stillet og fortsat stiller store krav til teglindustrien.

Industrien har overlevet ved at tage udfordringen op og igennem anvendelse af moderne teknologi reduceret arbejdskraftforbruget ved fremstilling af tegl. Værkerne har i stigende grad specialiseret sig. Der fremstilles på det enkelte værk færre produkter i et større antal, igen bestemt af de lokale lerforekomsters særlige beskaffenhed. I afsnittet »Tegl i tal« på side 24 og 25, ses hvordan udviklingen er forløbet.

Leret

Leret er teglindustriens råmateriale. Næsten alle danske lersorter er fra tertiær- og istiden. Leret er opstået ved forvitring af bjergarter. Ved forvitringen omdannes bjergarterne til lermineraler. Det danske teglværksler indeholder normalt følgende mineraler:

Kvarts
Jernoxider
Kalk
Kaolin
Montmorillonit
Illit

Af de nævnte mineraler er de sidste 3 egentlige lermineraler, d.v.s. meget fine plade- eller nåleformede partikler med største mål mindre end 2 μm (1 μm = 1/1000 mm). Lerets karakteristiske egenskab, der betinger dets anvendelse i teglindustrien, er dets plasticitet: det kan formes og beholde formen, hvis blot dets vandindhold ligger inden for et vist område, der varierer fra lersort til lersort. Hvad lerets plasticitet skyldes, er ikke klarlagt; men de enkelte partikler i en plastisk lermasse er omgivet af en vandhinde, og man regner med, at de plastiske egenskaber skyldes elektrokemiske kræfter mellem de mindste partikler. Man skelner på teglværkerne mellem »rødler« og »blåler« (»mergeller«), hvor den første gruppe ved brændingen giver røde og den anden gule teglprodukter. Om en lerart er rød eller gulbrændende, afhænger af forholdet mellem indhold af ferrioxid og kalciumkarbonat. Hvis indholdet af kalciumkarbonat er mere end 3 gange så stort som indholdet af ferrioxid, er leret normalt gulbrændende.

De teglprodukter, der består af en gennemfarvet brun teglmasse, kaldet moccasten, er fremstillet af rødbrændende ler tilsat et manganholdigt stof (brunsten). Det rødbrændende ler ligger i naturen som regel over det gulbrændende, og dette skyldes, at de øvre, stærkt forvitrede og udvaskede lag er kalkfri.

Ler er små pladeformede krystaller.
Billedet er en elektronmikroskopioptagelse af lermineralet kaolinit.
Forstørrelse 10000 x

$$\frac{1}{1\ \mu} = \frac{1}{1000}\ \text{mm}$$

Blandt de mest kendte lerarter fra tertiærtiden er **plastisk ler**, der er meget udbredt, men næsten overalt med undtagelse af visse kyststrækninger dækket af de senere istidsaflejringer. Plastisk ler, der er et rødbrændende, fedt (næsten sandfrit) og i tør tilstand meget hårdt ler, bliver i våd tilstand sejt og klæbrigt og vanskeligt at bearbejde og tørre, hvorfor det ikke finder anvendelse i den almindelige teglproduktion; men det anvendes i stort omfang til fremstillingen af opblærede teglklinker.

Glimmerleret er ligeledes fra tertiærtiden, og da det som regel er mere magert (har større sandindhold) end det plastiske ler, finder det i visse egne i Vestjylland, hvor det ikke er dækket af istidsaflejringer, ret stor anvendelse som teglværksler.

Moræneleret er fra istiden. Det indeholder som regel større eller mindre mængder af sten og grus og må derfor underkastes en ret grundig behandling, før det kan ældes og formes.

Det ler, der spiller den største rolle for teglværkerne, er det stenfri istidsler, der omfatter flere forskellige lersorter, f.eks. **yoldialeret**, hvis navn stammer fra, at der i leret findes skaller af en lille musling, der kaldes yoldia. Dette ler anvendes i udstrakt grad i Vendsyssel. Et andet stenfrit istidsler er **cyprinaleret** (indeholder skaller af cyprinamuslingen), der blandt andet findes i Sønderjylland. Endelig kan nævnes **dryasleret** (efter istidsplanten dryas), der som regel er tydelig lagdelt og findes pletvis ud over hele landet i de »bassiner«, hvor leret er bundfældet i istiden.
Et par af de vigtigste forekomster findes omkring Stenstrup på Fyn og Egernsund i Sønderjylland, hvor der da også er en betydelig teglværksdrift.

EKSEMPEL PÅ LERANALYSE

	Rødbrændende ler	Gulbrændende ler
Kiselsyre ..... (SiO_2)	63,2%	49,6%
Aluminiumoxid ..... (Al_2O_3)	17,9%	14,2%
Jernoxid ..... (Fe_2O_3)	7,1%	5,1%
Kalciumkarbonat ..... ($CaCO_3$)	0,5%	19,8%
Magniumoxid ..... (MgO)	1,3%	1,4%
Alkalioxider ..... (Na_2O,K_2O)	2,9%	2,9%
Kemisk bundet vand og organiske stoffer	7,1%	7,0%

Gravning

Al teglfabrikation begynder med gravning af leret. Også bestræbelserne for en høj kvalitet af det færdige produkt begynder i lergraven. Foruden valget af lerart eller blandingen af lerarter kan selve gravningsteknikken ofte være af betydning for lerets homogenisering, formbarhed uden lagdeling, tørring uden for stor risko for revnedannelse o.s.v. Til lergravning anvendes gravemaskiner og da ofte en type, hvis graveanordning fyldes ved at skrælle leret af over en passende strækning, hvorved man opnår, at der ved uensartede, f.eks. lagdelte lerforekomster sker en vis blanding og bearbejdning, når der graves i retning tværs på lagene.

Tidligere anvendtes ofte spandkædemaskiner til lergravning. I dag anvendes næsten udelukkende hydrauliske gravemaskiner og slæbeskovlsmaskiner. Efter gravningen transporteres leret til teglværket, og denne transport, der tidligere i udstrakt grad foregik med tipvogne, foregår i vore dage, hvor leret ofte hentes mange kilometer fra teglværket, næsten udelukkende med lastvogne. Gravning og transport af råleret blev tidligere altid udført af teglværkets egne folk; men i dag er der – både i udlandet og herhjemme – en tydelig tendens til at lade entreprenørfirmaer med en stor park af moderne grave- og jordbearbejdningsmaskiner overtage dette arbejde.

Ideel rødlersgrav, her flyttes mulden og rødleret fjernes og mulden udlægges igen i et lidt lavere niveau.

Sumphus, afgravning på tværs af lagene ses tydeligt.

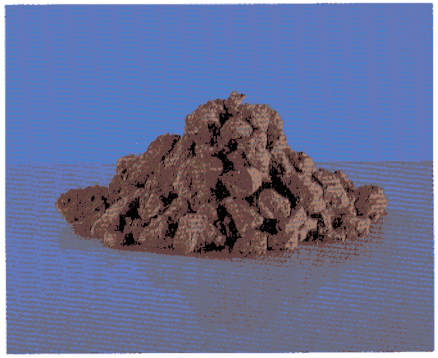
Lagring

På enkelte teglværker køres leret direkte fra lergravene til bearbejdningsmaskinerne, men langt de fleste teglværker lagrer leret, før det anvendes i produktionen.
Lagringen foregår enten under åben himmel eller i overdækkede gruber, de såkaldte sumphuse, hvoraf de største kan rumme ler til flere måneders forbrug.
Der findes to hovedårsager til, at teglværkerne kører leret sammen i lagre.

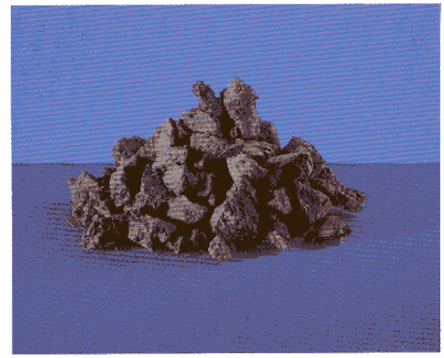
For det første opnår man, at produktionen bliver uafhængig af vejrforholdene. Tidligere måtte arbejdet på et teglværk ofte standse i vintermånederne og i regnrige perioder, når det var vanskeligt eller umuligt at grave leret og transportere det fra lergraven til teglværket.

For det andet kan teglværkerne ved anvendelse af et lerlager opnå en yderligere blanding af råleret. Er leret i lergravene lagdelt, sker der som nævnt under lerets gravning en første grov blanding og bearbejdning, når gravningen foregår i retning tværs på lagene. Fordeles det gravede ler i lag i lerlageret, vil man, når leret graves i lageret for at blive transporteret til bearbejdning og presning, atter kunne opnå en vis blanding ved igen at grave i retning tværs på de udlagte lag.

Lagres leret i sumphuse (overdækkede gruber), bearbejdes leret normalt før lagringen.
I sumphusene udlægges leret i lag i sumpen ofte ved mekanisk afslyngning fra et transportbånd, og skal et bestemt ler blandes med et andet ler, eller skal leret tilsættes f.eks. sand eller savsmuld, kan tilsætningsmaterialerne indgå som lag i sumpen. Der findes mange forskellige typer og størrelser af sumphuse, hvor anlægget til fyldning og tømning er mere eller mindre mekaniseret, og i de nyeste sumphuse styres alle processer automatisk.

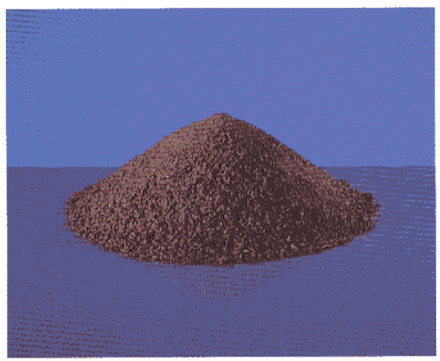


Rødler

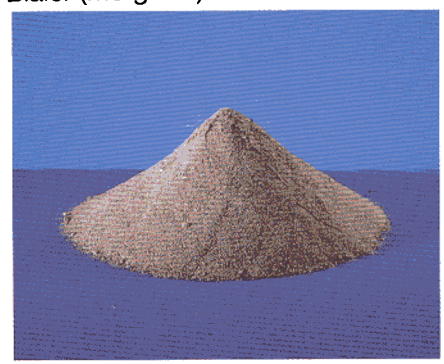


Blåler (mergeller)

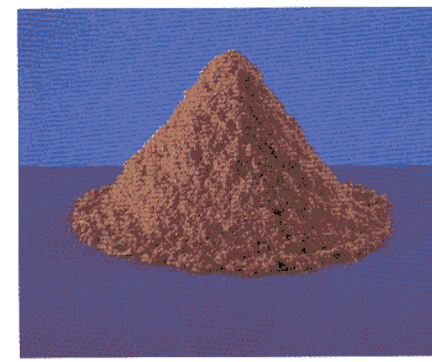
Moler



Teglgrus



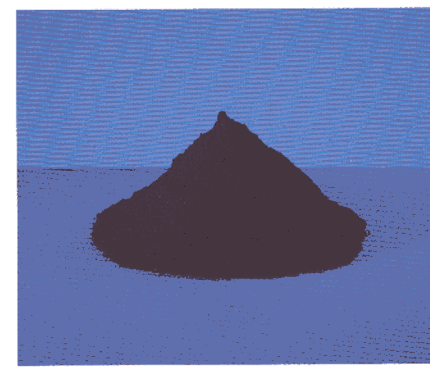
Sand



Savsmuld

Kalk

Barium



Mangan

Bearbejdning

Som nævnt er der store variationer i de danske lerforekomster, og dette er en af årsagerne til, at teglværkernes anlæg til bearbejdning og formning af leret er meget forskellige.

Når leret enten fra lergrav – som regel med lastvogn – eller fra lerlager føres til den egentlige bearbejdning, indledes denne oftest i en forælter, der som regel er et ca. 5 m langt, åbent trug med én eller to langsgående, langsomt roterende aksler med tætsiddende, skråtstillede knive. Leret bearbejdes ved, at knivene dels skærer sig gennem leret, dels trækker det med rundt samtidig med, at knivene skubber det fremad fra ifyldningstragten ved den ene ende til udtømningsstedet ved den anden. I forælteren kan lermassens konsistens reguleres enten ved tilsætning af vand eller ved tilsætning af tørt lerpulver, der som regel er fremstillet ved knusning af tørre, rå sten. Skal der tilsættes andre stoffer, kan dette også foretages ved forælteren.

For at opnå en ensartet materialetilgang til forælteren, er der som regel inden denne anbragt en kasseføder. En kasseføder består af en aflang kasse, hvis bund er et transportbånd. Materialet transporteres med transportbåndet mod den ene ende, hvor der er lavet en åbning i kassen, således at materiale i en bestemt lagtykkelse transporteres ud af kassen. På denne måde sikrer man, at strømmen af materiale til forælteren er nogenlunde ens. Skal flere materialer blandes sammen (savsmuld, sand, fedt ler, magert ler) anvendes der normalt en kasseføder til hvert materiale. Fra forælteren føres leret som regel til et valseværk, der kan have ét eller flere par stålvalser. Et af valseparrene kan være stenudskillende, det vil sige forsynet med lave, skrueformede forhøjninger eller gænger, der skyder sten, som ikke kan passere mellemrummet mellem valserne, ud til siden. For at gøre bearbejdningen mere virkningsfuld kan valserne rotere med forskellig hastighed. Passerer leret mere end ét par valser, er det sidste par som regel glatte valser, finvalser, der kan indstilles med så ringe afstand, at mindre sten eller kalkkorn knuses.

Fra valseværket går leret ofte direkte til formning. Inden formningsprocessen omtales, skal det dog nævnes, at mange teglværker med vanskeligt bearbejdeligt ler ud over de foran omtalte almindelige bearbejdningsmaskiner har en række mere specielle maskiner, hvoriblandt kan nævnes kollergangen, der i princippet består af to tunge hjul, der drejes rundt på en vandret, cirkulær rist. En kollergang kan indrettes såvel til knusning af større sten som til ældning af ler.

Man har på en del teglværker i de senere år indført damptilsætning til leret under bearbejdningen. Tilsætningen af damp foregår som regel i forælteren og bevirker bl.a., at lermassens temperatur hæves, hvorved formbarheden øges. At lermassens temperatur kan hæves ved tilsætning af damp bevirker også, at de nyformede produkter hurtigere og lettere kan tørre, og det er vel nok dette forhold, der har haft størst betydning på de teglværker, hvor damptilsætning er indført.

Den øgede formbarhed i forbindelse med damptilsætning har dog også vist sig at have andre fordele, blandt andet kan nævnes et lavere kraftforbrug i formgivningsmaskinen og mulighed for at forme produkter med et mere kompliceret format end ved formning uden damp. Ved damptilsætningen fortættes imidlertid en del af dampen til vand i råleret, og dette kan være en ulempe. Er vandindholdet i råleret før damptilsætningen tilstrækkeligt eller måske endda lidt større end ønskeligt, kan fortætningen af vanddamp skabe formgivningsproblemer. Leret bliver for vådt.

At leret ved dampopvarmning kan blive for vådt, er én af årsagerne til, at man på nogle af de værker, hvor man opvarmer leret, i stedet for damp anvender gasbrændere, hvor flammen rettes direkte mod leret f.eks. i forælterne. Ved gasopvarmning af råleret opnås en række af de samme fordele som ved dampopvarmning, men

gasopvarmningen betyder yderligere, at der på grund af fordampning sker en lille formindskelse af rålerets vandindhold, og dette kan have stor betydning på teglværker, hvor råleret er så vådt, at formgivningen ellers kun kan gennemføres med et tilfredsstillende resultat ved tilsætning af vandbindende materiale, f.eks. tørret, knust råler, hydratkalk eller brændt kalk.

Formning

Teglprodukterne formes ved en af de i det efterfølgende omtalte fremgangsmåder, nemlig håndstrygning, blødstrygning eller strengpresning.

Håndstrygning. I vore dage er det kun en yderst ringe del af teglproduktionen, der formes ved håndkraft. Håndstrøgne mursten kan dog stadig købes, og håndstrøgne tagsten fremstilles også.

Produkterne anvendes især til restaurering af gamle fredede bygninger.

Ved fremstilling af håndstrøgne mursten anvendes ler æltet med forholdsvis meget vand. En klump af leret klaskes med hænderne ned i en forud fugtet træramme, der er anbragt på et arbejdsbord og som regel har plads til 2 sten. Derefter stryges det overflødige ler bort med en lineal, og rammen vendes på et bræt (lap) og løftes af, hvorpå stenene på brættet er klar til tørring.

Håndstrøgne stens synsflader bliver på grund af fremstillingsmåden aldrig glatte, men får de såkaldte vandlæg hist og her, hvor leret ikke helt har udfyldt formen. Dette er sikkert årsagen til, at den håndstrøgne sten er yndet som facadesten.

En enkelt teglproducent har specialiseret sig i at fremstille håndstrøgne sten maskinelt.

Fremstilling af håndstrøgne vingetagsten.

Blødstrygning. Den store efterspørgsel efter håndstrøgne sten har bevirket, at man nu i stor udstrækning fremstiller »håndstrøgne sten« på maskiner, hvor håndstrygningen efterlignes ved, at leret trykkes ned i forme og derefter afsættes den formede sten på stålplader, på små brædder eller på lægter, som automatisk transporteres bort fra maskinen.

De anvendte maskiner, hvoraf der findes flere forskellige typer, kaldes blødstenspressere, og de på disse maskiner fremstillede sten betegnes **blødstrøgne sten**.

Et sæt blødstens-presser arbejder, vi ser hvordan stenene automatisk føres ud på lægterne.

Strengpresning. De såkaldte **hulsten** eller **maskinsten** formes på de såkaldte strengpresser. I princippet består strengpressen af en aksel med en snegl, der er indesluttet i en cylindrisk stålkappe. Fra indløbet presses leret, hvis vandindhold er mindre end ved hånd- og blødstrygning, af sneglen frem mod udløbet, der som regel er mindre end stålkappens tværsnit og forsynet med et mundstykke. Dette mundstykke – formen – har en åbning, som i bredden svarer til stenens længde og i højden til stenens bredde, dog med tillæg til begge mål for det svind, der opstår ved tørring og brænding. Den sammenhængende lerstreng, der af sneglen presses ud af mundstykket, bliver på et afskærerbord skåret i skiver, hvis tykkelse svarer til en murstens højde plus tillæg for svind. På afskærerbordet løber lerstrengen på ruller eller på et transportbånd, og afskæringen, der foregår med ståltråde udspændt i en stålramme, sker som regel automatisk og således, at flere sten afskæres ad gangen. Før leret presses ud gennem formen, passerer det som regel et såkaldt vakuumkammer, der er sat i forbindelse med en pumpe, som suger luft og vanddamp ud af leret. Ved passagen gennem vakuumkammeret øges lerets formbarhed betydeligt, hvilket særligt har betydning, hvor der arbejdes med magre (sandholdige) lersorter.

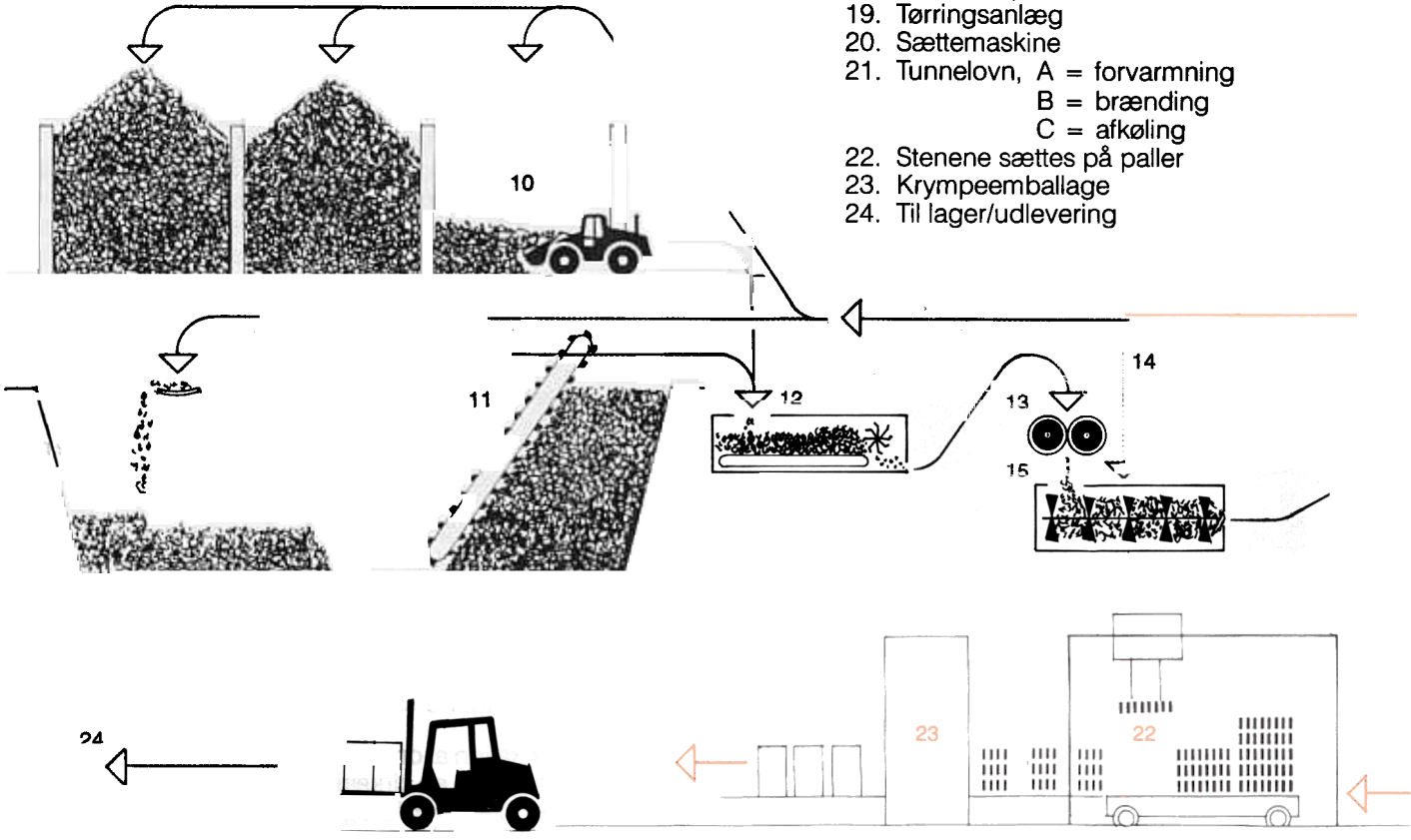
Det nævnte mundstykke kan skiftes ud med andre mundstykker, afhængigt af, hvilke produkter, der skal presses. Ved produkter med huller i tværsnittet (hulsten) anvendes specielle mundstykker, hvori der er fastspændt såkaldte kerner, der danner huller i lerstrengen. Hvad de strengpressede stens overfladekarakter angår, kan den varieres på mangfoldige måder, og det gøres som regel ved at give overfladen af lerstrengen en speciel behandling, når den presses ud af mundstykket, f.eks. besanding, chamottering, børstning, rivning, prægning m.m.

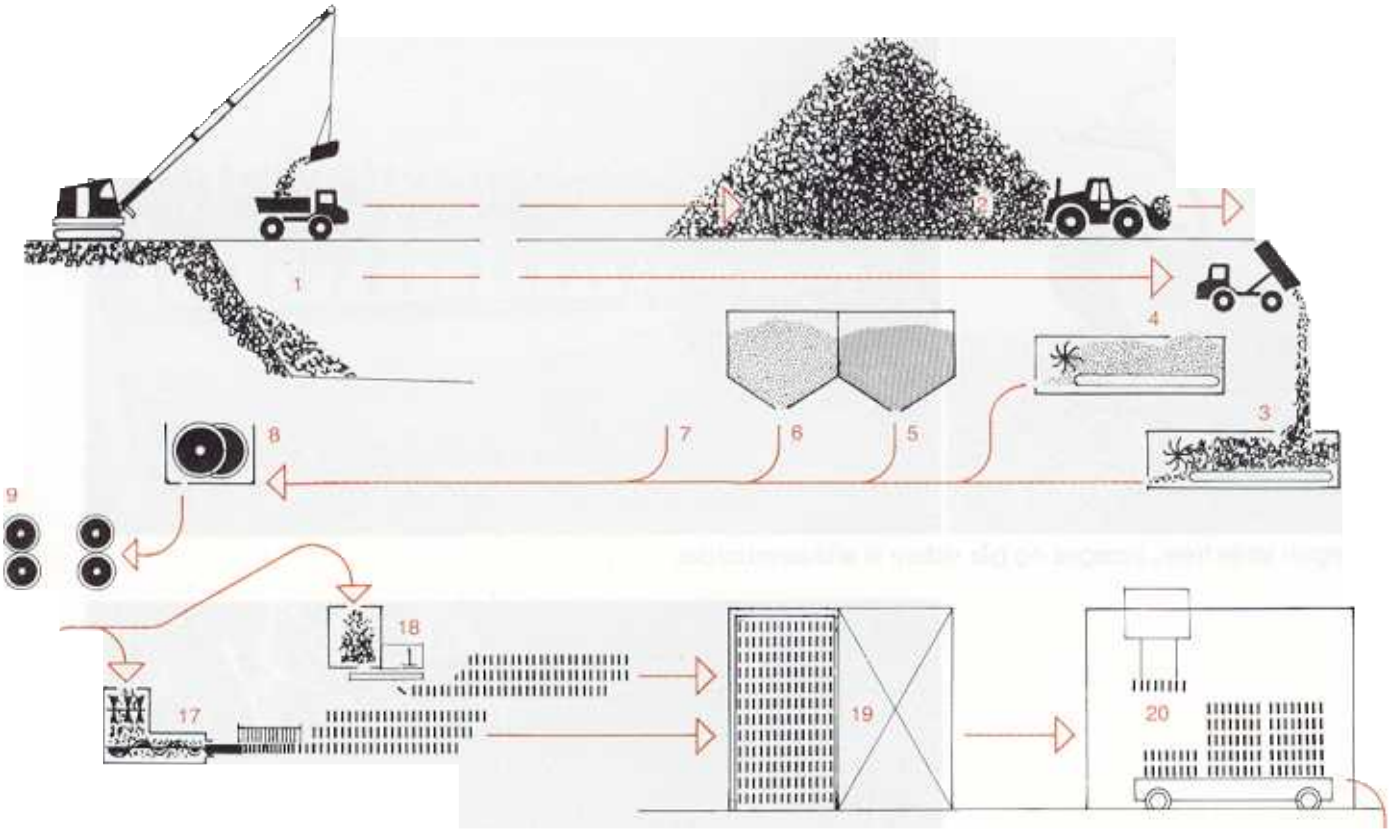
Ved fabrikation af **drænrør** anvendes et mundstykke med en åbning som en cirkelring, og fremstillingen af drænrør med stor diameter foregår med lerstrengen i lodret nedadgående retning, da rørene ellers ikke ville kunne holde den cirkulære form under afskæring og transport i våd tilstand.

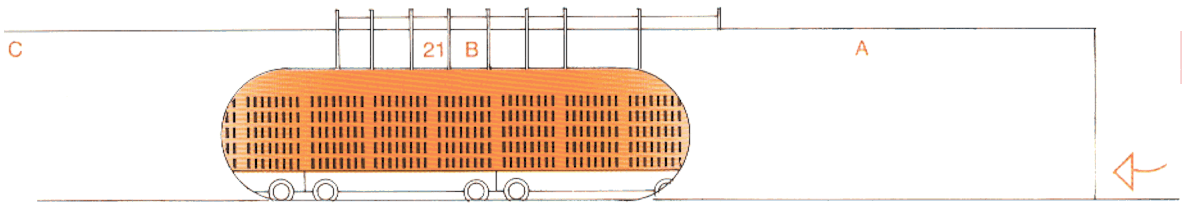
Teglfremstilling

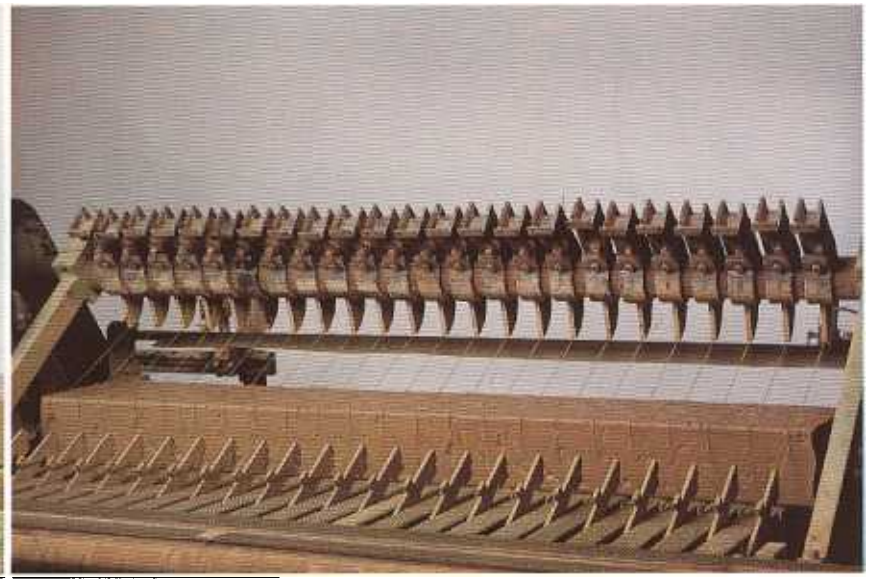
Diagram

1. Lergrav
2. Nærlager
3. Kasseføder (ler)
4 Kasseføder (sand)
5. Kalk
6. Savsmuld
7. Tørret, knust ler/barium
8. Kollergang
9. Valseværk
10. Siloanlæg/
11. Sumphus
12. Kasseføder
13. Finvalse
14. Evt. tilsætning af mangan
15. Forælter
16. Gasbrænder/damp
17. Strengpresser
18. Blødstenspresser
19. Tørringsanlæg
20. Sættemaskine
21. Tunnelovn, A = forvarmning
    B = brænding
    C = afkøling
22. Stenene sættes på paller
23. Krympeemballage
24. Til lager/udlevering



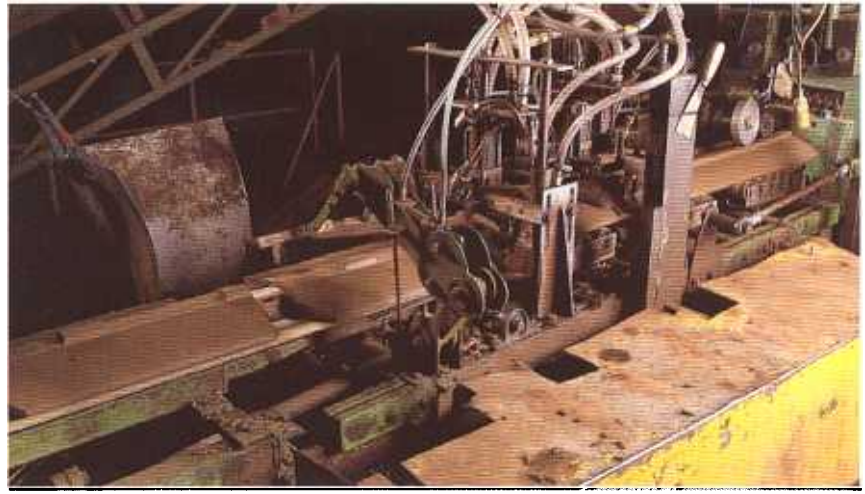

1
4
3
8
7
6
5
9
18
17
19
20


C
21
B
A



Lerstrengen føres frem, præges og går videre til afskærerbordet.

Vingetagsten fremstilles ved strengpresning. Her anvendes et mundstykke, hvis åbning er en buet spalte af form som tværsnittet af en tagsten. På det automatiske afskærerbord afskæres de skrå hjørner og lægte- og binderknasten friskæres i tagstensprofilet.
Fra afskærerbordet føres stenene ud på plader, der bærer og støtter stenen i dens form.



Lerstrengen føres fra strengpressen frem på afskærerbordet, hvor stenen og de skrå hjørner og lægte- og bindeknasten friskæres.

Falstagsten formes i specielle tagstenspresser, og det ler, der anvendes, har som regel i forvejen passeret en almindelig strengpresse, hvor det formes og afskæres i plader eller kloder, der indeholder større lermængder end en færdigformet tagsten. I tagstenspressen, hvad enten det er en såkaldt revolverpresse eller svingpresse, formes disse plader eller kloder ved at blive anbragt mellem to halvforme, der trykkes mod hinanden, således at formen fyldes ensartet og helt, og det overskydende ler presses ud.

De nævnte halvforme er af gips eller kunststof og må vædes, før presningen påbegyndes. Holdbarheden af gipsforme er ringe, og man eksperimenterer derfor til stadighed med fremstilling af forme af andet materiale, som kan vise sig mere egnet.

Lerkloder (lerklodser) placeres automatisk i formen, på modstående side af tagstenspressen tages tagstenen i en ramme, og via et transportbånd bringes stenen til tørring.

Tørring

Når produkterne er formet, skal de tørres. På de moderne teglværker er transporten fra formgivningssted til tørringssted i større eller mindre grad automatiseret og foregår som regel ved, at stenene fra formningsmaskinen automatisk afsættes på lægter, der igen automatisk anbringes på hylder oven over hinanden i et såkaldt magasin. Når der ikke er plads til flere lægter i magasinet, løftes alle lægterne på én gang af en såkaldt afsættervogn, der betjenes af én mand, og som en sporvogn kører mellem magasin og tørringssted, hvor alle lægterne med sten afsættes på én gang.
På helt moderne anlæg er transporten af lægter med sten fra magasin til tørrested dog fuldautomatiseret.

For at kunne formes og samtidig være så stift, at det bevarer formen, må et bestemt ler – som foran omtalt – have et vandindhold, der ligger inden for ret snævre grænser. For de forskellige danske lersorter varierer dette vandindhold med lersorten og med fremstillingsmåden, idet f.eks. hånd- og blødstrygning kræver større vandindhold end strengpresning. I almindelighed er vandindholdet i nyformede produkter 20-30 vægtprocent.

Denne vandmængde må fjernes ved tørring af produkterne før brændingen. De enkelte partikler i nyformet ler er lejret således, at hele lermassen er porøs, og ved de i porerne virkende kapillære kræfter er vandet blevet jævnt fordelt i hele massen. Hver partikel i leret er omgivet af en vandhinde, og mellemrummene mellem vandhinderne er fyldt med frit vand. Desuden har de mindste partikler (den egentlige lersubstans) absorberet vand, hvoraf en del er bundet i nydannede, kemiske forbindelser, og resten er opsuget i partiklernes porer.
Vandet må fjernes, inden produkterne kan brændes, og teoretisk kan tørringen regnes at forløbe på følgende måde: først fordamper vandet mellem vandhinderne. Derved nærmer partiklerne sig til hinanden, og leret svinder proportionalt med den forsvundne vandmængde. Det næste, der sker, er, at vandhinderne omkring partik-

lerne går bort, hvorved partiklerne lejres endnu tættere, og et lille svind opstår. Når vandhinderne er borte, går det af de porøse partikler opsugede vand ud i mellemrummene i dampform, og hele massen svinder lidt. Endelig går vanddampen i mellemrummene bort, og dette sker, uden at lermassen svinder. De forskellige danske teglværkslers lineære tørringssvind ligger hovedsageligt i intervallet fra ca. 2 til ca. 7 procent. De beskrevne teoretiske led i tørringsprocessen er dog i praksis ikke skarpt adskilt, men griber ind over hinanden.

Når nyformede produkter anbringes til tørring, vil vandet i lermassens overflade fordampe, og de kapillære kræfter vil føre vand fra lerets indre frem til overfladen. Når tørringsbetingelserne er de bedst mulige, er der nøje overensstemmelse mellem den vandmængde, der fordamper fra lermassens overflade, og den største hastighed, hvormed vand kan føres frem til overfladen. Er fordampningen fra overfladen større end vandtransporten til overfladen, vil der let opstå større svind i overfladen end i produkternes indre, og de derved fremkaldte spændinger kan resultere i ødelæggelse af produkterne i form af revnedannelser. Er fordampningen mindre end den mulige tilførsel af vand til overfladen, er der ikke fare for, at der opstår revner; men de optimale tørringsbetingelser er så heller ikke til stede.

De optimale tørringsbetingelser, der ikke alene er stærkt varierende fra lersort til lersort, men også varierende under selve tørringsprocessen, søger man at skabe i tørringsanlægget på de moderne teglværker. I et tørringsanlæg er der mulighed for under hele tørringsprocessen at regulere de tre faktorer – temperaturen, luftens fugtighedsgrad og luftens hastighed – der er bestemmende for tørringens forløb, således at produkterne kan tørre på den kortest mulige tid, uden at der opstår revner.

Tunneltørringsanlæg er i princippet en lang tunnel med rektangulært tværsnit. De nyformede, våde produkter anbringes på vogne, som føres ind ved tunnelens ene ende og kommer ud ved den anden, tørre og klar til brænding.

Kammertørringsanlæg er dominerende indenfor dansk teglindustri. Der findes mange forskellige typer, men i princippet består et kammertørringsanlæg af en række ca. 10 m lange, ca. 1½-2 m brede og ca. 3-5 m høje kamre, der ligger side om side. I hvert kammer er der mulighed for – manuelt eller via programstyring – at regulere de foran nævnte faktorer, der bestemmer tørringsbetingelserne, og som regel har man et sådant antal tørrekamre, at man året rundt kan forsyne ovnen med tilstrækkelige mængder af tørrede produkter.

Normalt er tørretiden for mursten 2-3 døgn. Den varme, der benyttes i et tørringsanlæg er normalt overskudsvarme fra ovnen, eventuelt suppleret med varmetilskud fra en gasbrænder.

Afsættervogn på vej ind i tørrekammeret.

Brænding

Når produkterne er tørret, skal de brændes. Under brændingen foregår der i lermassen en række fysiske og kemiske processer, hvorved leret omdannes til tegl. Når produkterne anbringes i ovnen, indeholder de ud over det kemisk bundne vand endnu større eller mindre mængder af hygroskopisk vand (vand bundet af porerne). Mængden af hygroskopisk vand er som regel størst, hvis leret er fedt, og kan ikke påregnes at være helt forsvundet, før produkterne har nået en temperatur på 200-300°C. Det kemisk bundne vand vil forsvinde ved forskellige temperaturer, afhængig af, hvilke mineraler vandet er bundet til; men ved temperaturer på omkring 500°C kan man regne med, at det meste kemisk bundne vand er forsvundet. Foruden de nævnte vandafgivelser vil der under lerets brænding foregå en lang række kemiske reaktioner, afhængigt af lerets mineralske sammensætning.

Det kan blandt andet nævnes, at der med den kvarts, som findes i større eller mindre mængder i de fleste lersorter, vil ske en pludselig rumfangsændring i temperaturintervallet 570-575°C. Når dette temperaturinterval passeres i opvarmningsperioden, får kvartsen en pludselig rumfangsforøgelse på ca. 1 procent, og under afkøling foregår en tilsvarende rumfangsformindskelse i samme temperaturinterval. Disse såkaldte »kvartsspring« bevirker, at man – særlig under afkølingen – for en del lerarters vedkommende må være forsigtig i det nævnte temperaturinterval, således at de på grund af rumfangsændringer opståede spændinger kan udlignes. I modsat fald risikerer man revner i materialet.

Under brændingen vil desuden eventuelle organiske bestanddele i leret omdannes på samme måde, som det sker ved ophedning af kul og træ, og forskellige iltnings- og spaltningsprocesser vil foregå. Herved nedbrydes og omdannes de i leret forekommende mineraler, men processernes forløb er afhængig af atmosfæren i ovnen.

Når temperaturen under brændingen er steget til omkring eller over 900°C, vil der – afhængig af lerets sammensætning – i de punkter, hvor partiklerne i lermassen berører hinanden, kunne dannes nye stoffer, der smelter (sintrer) og sammenkitter partiklerne, og denne sammenkitningsproces kan bevirke, at der opstår et svind. Øges temperaturen yderligere, vil nye sintringer foregå i partiklernes berøringsflader.

Det kan f.eks. godt tænkes, at de mindste partikler i lermassen er sintret på et tidspunkt, hvor de grove kun er sintret i overfladen.
Man vil af dette forstå, at poreforholdene i materialet stadig vil ændres under brændingsprocessen. Ved opvarmning til en temperatur, hvor også de største partikler i massen smelter, vil materialets porer lukkes, og produktet har sit maksimale brændingssvind og vil da som oftest være blevet deformeret. Ved fortsat temperaturstigning kan der, når produkterne er stablet tæt sammen, ske sammensmeltninger.

Almindeligt dansk teglværksler smelter som regel mellem 1000 og 1100°C, og da brændingen afsluttes, før smeltepunktet er nået, ligger de fleste danske lersorters brændingstemperatur i intervallet 950-1050°C.
Under brændingen har man ikke alene mulighed for at regulere temperaturen, også ovnatmosfæren kan styres, og dette udnyttes på mange teglværker til f.eks. at fremkalde specielle farvespil på stenenes synsflader ved i kortere eller længere tid at lade brændingen foregå med underskud af ilt (reducerende brænding).
Som nævnt under omtale af råleret kan man regne med, at et ler er gulbrændende, hvis vægtmængden af kalciumkarbonat ($CaCO_3$) er mindst tre gange vægtmængden af ferrioxid (Fe_2O_3).

Fyringen skete tidligere kun med kul. I dag er brænding med naturgas helt dominerende.
Anvendes der olie ved brændingen, tilføres ovnen olien gennem et antal brændere, hvorfra olien med korte mellemrum sprøjtes ind i ovnen (impulsfyring). Ved denne type anlæg, der er de mest anvendte, er det muligt at regulere både oliemængde, tryk og interval mellem olieafgivelse fra hver enkelt eller fra en mindre gruppe af

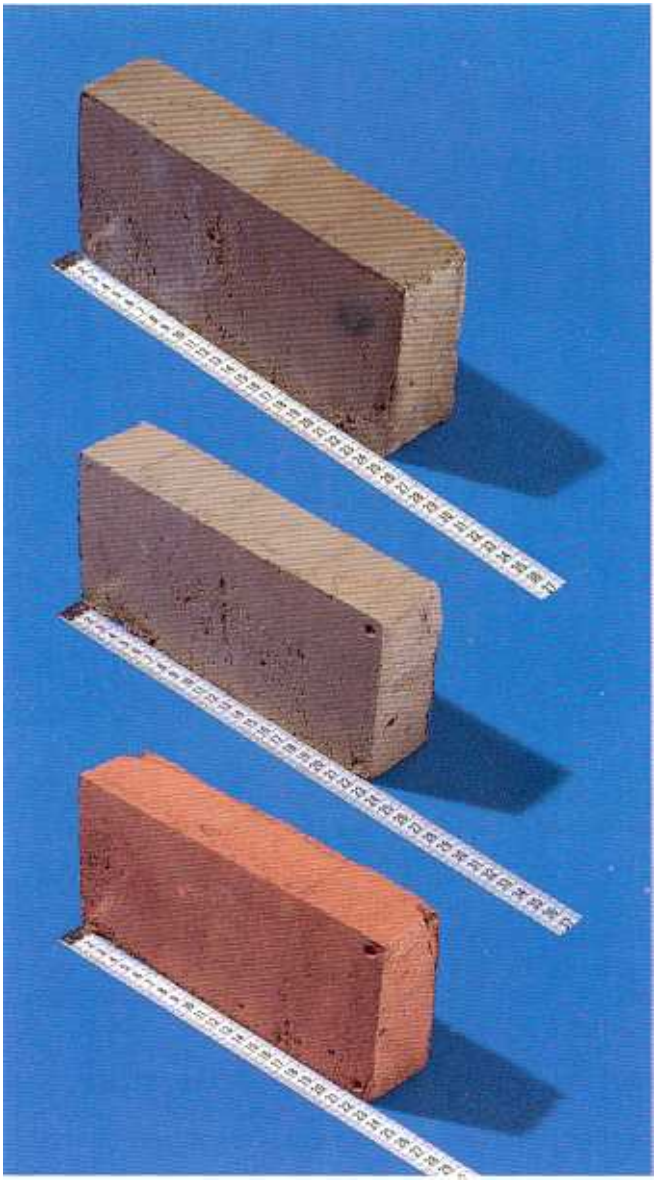
Brændte sten, teglsten på vej ud af tunnelovnen.

brændere. Ved gasfyring anvendes ofte samme princip som ved olieimpulsfyringsanlæg.
Brændstoftilførslen er som regel automatisk styret ved hjælp af temperaturmålere (pyrometre) i ovnen, og brændingens forløb overvåges fra et kontrolrum med temperaturskrivere.

I Danmark gennemførtes brændingen indtil 1959, da den første tunnelovn blev bygget her i landet, udelukkende i ringovne, som arbejder kontinuerligt med vandrende ildzone. Efter 1960 har tunnelovnen, hvor det i modsætning til ringovnen ikke er ilden, men godset, der vandrer, for alvor holdt sit indtog i den danske teglindustri. I dag findes der kun enkelte helt små teglværker, som brænder tegl i ringovn.

Tunnelovnen består af en lang tunnel med rektangulært tværsnit. De teglprodukter, der skal brændes, stables på specielle vogne – ovnsvogne – som i en ubrudt række føres gennem tunnelovnen fra den ene ende til den anden. I den første del af ovnen opvarmes produkterne; derefter passeres ovnens ildzone, hvor brændingen finder sted, og endelig bliver produkterne på det sidste stykke i ovnen afkølet, før de forlader den. Ovnens dimensioner må bl.a. afpasses efter de produkter, der skal brændes, og efter de brændingstekniske egenskaber for det råler, der er til rådighed.

Tidligere blev de rå, tørrede sten anbragt på ovnsvognene med håndkraft, ligesom de brændte sten blev håndsorteret.



I dag er både sætningen af rå, tørrede sten på ovnsvogne og aflæsningen af brændte sten fra ovnsvogne automatiseret.

Således er praktisk talt alt hårdt fysisk arbejde på teglværkerne i dag forsvundet, ligesom de fleste teglværker er blevet moderne industrivirksomheder.

Forøvrigt kan det som et kuriosum nævnes, at verdens sandsynligvis første tunnelovn, der virkede efter samme princip som nutidens, blev opfundet af en dansk teglværksejer, Hans Jordt fra Flensborg, der i 1839 ansøgte det danske Commerce-Collegium (»handelsministeriet«) om eneret på konstruktion og bygning af tunnelovne.
Efter nogle års forsøg hører man imidlertid ikke mere om Jordts ovn, og først i vore dage er tunnelovnen blevet den dominerende ovntype indenfor den europæiske teglindustri. Årsagen til denne udvikling skal ikke alene søges i, at man ved tunnelovnsdrift har mulighed for en kvalitetsforbedring, men også i, at man på et tunnelovnsværk slipper for de ubehageligheder, der kan være forbundet med at skulle arbejde i en undertiden meget varm og støvet ringovn.

Endvidere kan det nævnes, at tunnelovnsdrift giver bedre muligheder for oprettelse af kontinuerlig brænding i week-enden, og at tunnelovnen giver langt større mulighed for en fuldstændig automatisering af brændingsprocessen end ringovnen.

På billedet ses forskellen i størrelsen på en nystrøget sten, en tørret sten og en brændt sten.

Tegls farvemuligheder ses af »regnbuen«.
Buen indeholder de fleste facadesten som blev fremstillet i foråret 1987 på de danske teglværker.
Hertil kommer, at modefarver som rosé m.fl. er kommet stærkt frem i de sidste år.

Tegl i farver

Materialet tegl skabes i en fint nuanceret farveskala fra lyst gult over de røde og brune farver til de næsten sorte. I artiklen »Teglbrændingen og mineralerne« i publikationen »Farver i byggeriet, tegl er mere end røde og gule sten«, gennemgås i detaljer sammenhængen mellem tegls farver og brændingsprocessen, råmaterialernes sammensætning og tilsætningsstoffer i leret.

Her skal blot gives et overblik over de mange farvemuligheder – og de vigtigste forskelle. *Råmaterialets* indhold af jern og kalk er afgørende for, om teglet bliver gult eller rødt. Som tommelfingerregel regnes med, at hvis lerets indhold af kalk, kalciumkarbonat, er 3 gange så stort som lerets indhold af jern, jernoxid, – så bliver teglet gult.

Jo større kalkindhold, jo lysere sten. Ved fremstilling af gule sten er kalkindholdet normalt 17-20 vægt% kalciumkarbonat. Ved fremstilling af roséfarvede sten ligger kalkindholdet normalt på omkring 10 vægt% kalciumkarbonat, og ved fremstilling af røde sten er kalkindholdet normalt 0-3 vægt% kalciumkarbonat.

Man kan anvende *tilsætningsstoffer* for at give teglet andre farver, end de naturligt forekommende råmaterialer giver. Her skal kun nævnes mangandioxid (brunsten), som anvendes til fremstilling af brune sten, de såkaldte

moccasten (tilsætning ca. 1½ vægt% til rødbrændende råler). Mangandioxid benyttes også til fremstilling af grålige sten (tilsætning ca. 5 vægt% til gulbrændende råler). Selve brændingen, der sker ved ca. 1050°C, er afgørende for, hvor mørk, teglets farve bliver. Gule sten vil ved meget høj brændingstemperatur blive grønlige, røde sten vil blive brunlige og brune sten sorte/brune. Ved reducerende brænding opnås næsten samme effekt på de stenoverflader, som har været direkte udsat for reducerende atmosfære (iltfri atmsofære).
Farvespil i teglsten kan skabes ved at variere mængden af tilsætningsstof, ved at foretage lokale overophedninger under brændingen eller ved at anvende reducerende brænding.

Normalt bliver stenene pakket maskinelt, og leveret på paller emballeret med krympefolie. Hvis teglværker derfor anbefaler, at der skal anvendes sten fra flere paller ad gangen, er det vigtigt, at denne anbefaling følges.

Tegls vidtspændende farvespektrum giver arkitektoniske og kunstneriske udfordringer og muligheder, der aldrig bliver udtømt.

Teglværkerne samarbejder med bygherrer og arkitekter om farver og specielle nuancer, der fører århundreders traditioner videre.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
14
11
12
13
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Produktinformation

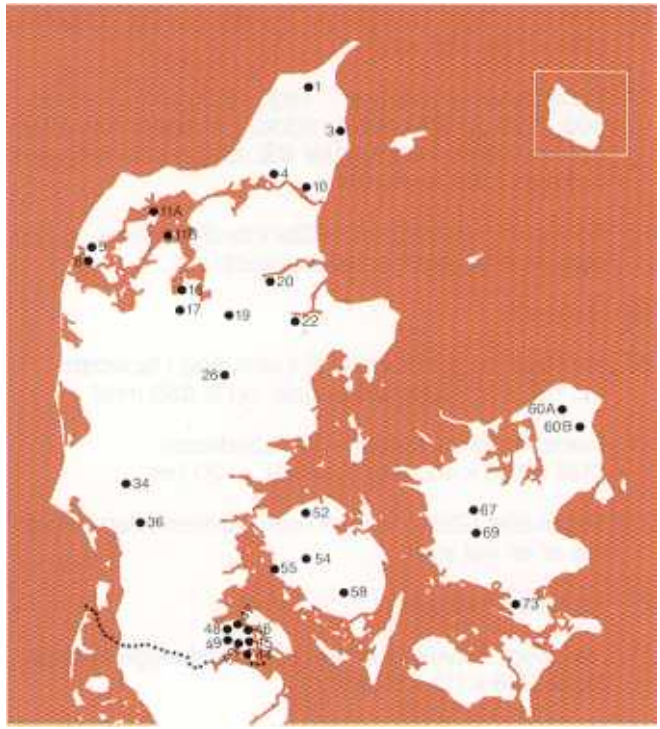
På side 22 ses et udvalg af de teglprodukter, der fremstilles på de danske teglværker.

I efterfølgende produktpræsentation nævnes farverne de fremstilles i for enkelte typer, se endvidere afsnit vedrørende Tegl i farver eller tal med producenten.

1. Håndstrøget vingetagsten.
2. Vingetagsten, leveres i rød, gul, brun, rosé, reduceret, med spil, blådæmpet og med glasur.
3. S-formet vingetagsten leveres i rød.
4. Falstagsten leveres i rød.
5. Romerfalstagsten, K 21 leveres i rød og brun.
6. Konstruktionssten, (bagmursten).
7. Maskinstrøget facadesten med præg.
8. Glat maskinstrøget facadesten.
9. Akustiksten, sten i dobbelt højde.
10. Molersten (bagmursten).
11. Blødstrøget bredsten med fire facader.
12. Blødstrøget facadesten med fire facader.
13. Håndstrøget facadesten med fire facader.
14. Akustiksten i dansk normalformat (228 x 108 x 55 mm). Med hensyn til akustiksten, se Murerfagets byggeblad nr. 34, »Teglmurværks lydabsorberende egenskaber«, heri er stort set samtlige akustiksten præsenteret.
15. Munkesten med fire facader. (ca. mål: 285 x 135 x 80 mm), stenen leveres også i andre formater.
16. Maskinstrøget bredsten, hulsten med fingerhul (228 x 168 x 55 mm).
17. Facadestensoverligger. Tegloverliggere leveres i 108, 168 og 200 mm bredde. Facadestensoverliggere armeres med rustfast stål, bagmursoverliggere armeres med tentorstål.
18. Formsten, se brochuren »Standardformsten« og producenternes præsentationsbrochurer.
19. Gulvtegl.
20. Ventilrør i tegl, firkantrør til indmuring i facaden (b: 108 x h: 122 x rørlængde, op til 450 mm).
21. Flensborgsten, blødstrøget facadesten (228 x 108 x 40 mm), 4 skifter = 20 cm.
22. Teglskaller (228 x 18 x 55 mm) hjørneskallen udskæres af en hel sten.
23. Teglsten med glasur.
24. Havetegl, haveklinker leveres i forskellige formater, f.eks. 228 x 112 x 52 mm.
25. Drænrør, med indvendige diametre på: 55, 65, 80, 100, 125, 150, 175 og 200 mm og i længde: 333 mm.

Udover de her viste produkter fremstilles en række specialprodukter, en del på bestilling, men enkelte værker har også løbende andre teglprodukter på programmet, f.eks. facadesten i udenlandske formater til eksport m.fl.

Mursten og tegloverliggere er underlagt Dansk Murstenskontrol og produkterne leveres mærket med deklareringsetikette. Teglprodukterne leveres på paller emballeret med krympefolie.



Danmarkskort, der viser antallet af teglværker i 1991.

Tegl i tal

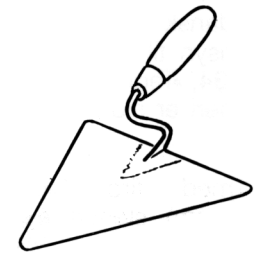
På figurerne ses udviklingen m.h.t. afsætningen af hovedgruppen af teglprodukter igennem de sidste 30 år.

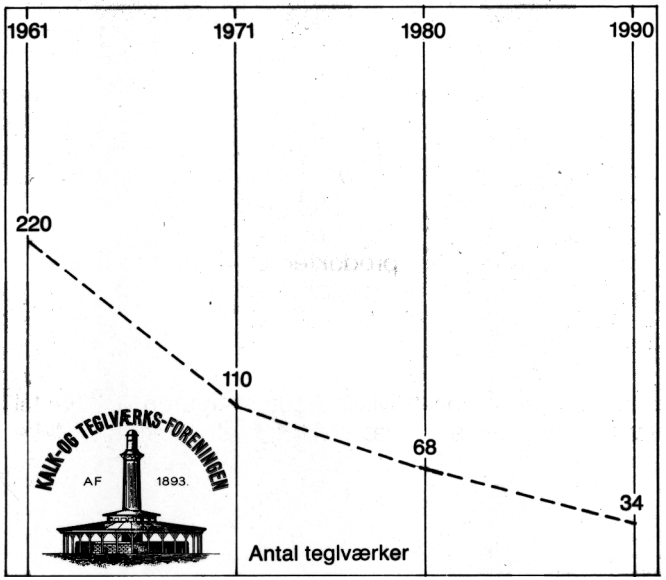
Perioden har været præget af op- og nedture inden for byggeriet. Igennem 80'erne er der gradvis sket en afmatning inden for parcelhusbyggeriet, hvilket har været særdeles mærkbart for teglindustrien.
Samtidig hermed er produkter som bagmursten og drænrør gået stærkt tilbage, for drænrør er produktionen næsten ophørt, tallene ser således ud; 1961: 36 mill., 1971: 16 mill., 1980: 6 mill. og i 1990 ca. 0,2 mill. stk.

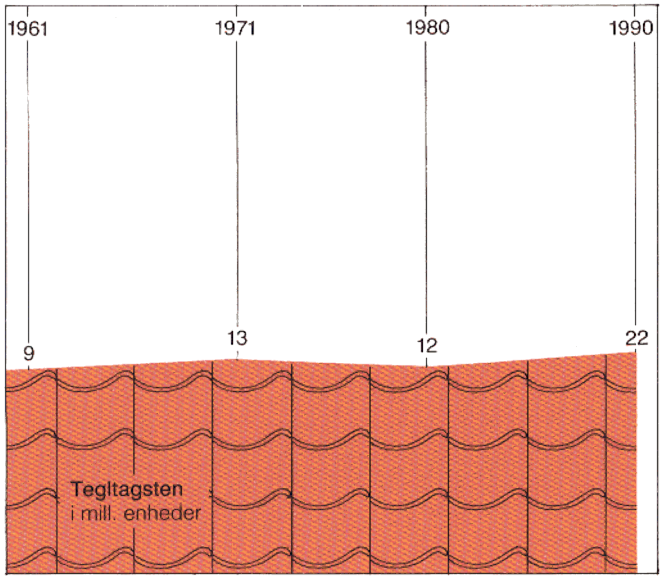
Resultatet af denne udvikling ses af figuren over antal værker, en række teglværker har måttet lukke, og ikke kun urentable værker, men også veldrevne moderne værker er blevet slået ud af det svingende og usikre byggemarked.

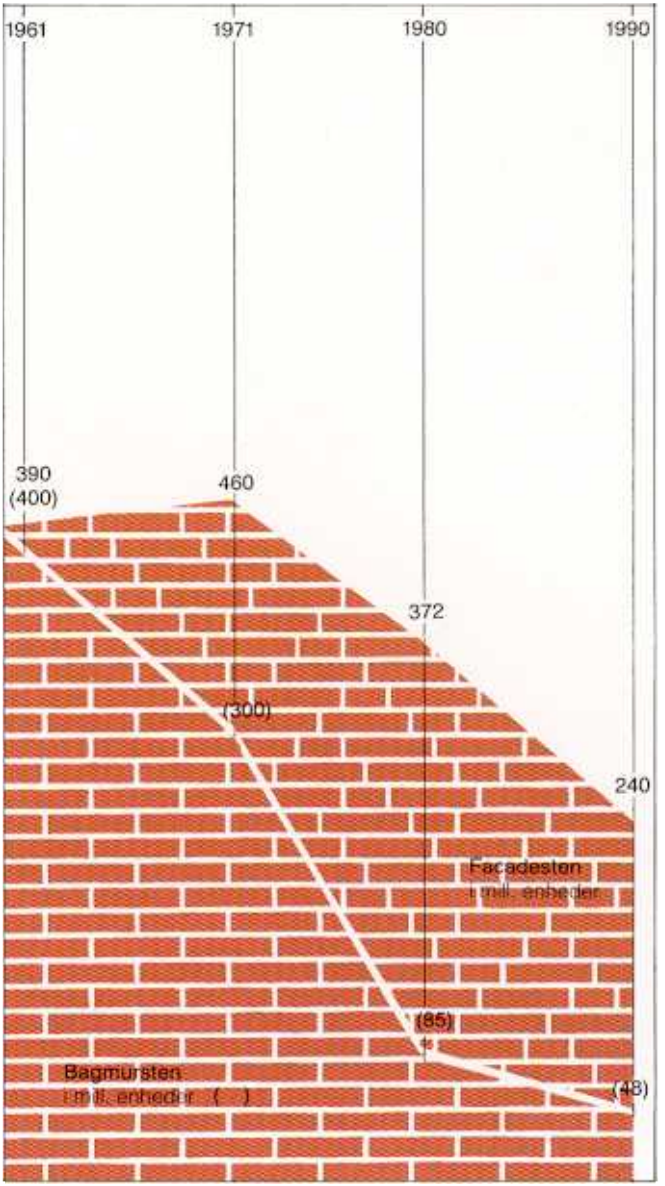
Disse forhold har bevirket, at teglværkerne igennem en fortsat modernisering af deres produktionsapparat ved udbygning og bygning af nye værker forsynet med den nyeste teknologi, automatiske stable- og sættemaskiner m.m. har gjort produktionen konkurrencedygtig. Og endvidere, at værkernes produktionskapacitet med hensyn til de gængse produkter, facadesten, bagmursten og tagsten i dag ligger langt over tidligere tiders kapacitet.

Denne udvikling har helt naturligt medført en stigende export af danske teglprodukter til vore nabolande og m.h.t. mursten i de forskellige landes formater.




1961
1971
1980
1990
220
110
68
34
KALK-OG TEGLVÆRKS-FORENINGEN
AF
1893.
Antal teglværker


1961
1971
1980
1990
9
13
12
22
Tegltagsten
i mill. enheder


1961
1971
1980
1990
390
(400)
460
372
(300)
240
Facadesten
i mill. enheder
(85)
Bagmursten
i mill. enheder ( )
(48)

Kalk- og Teglinformation