
Indendørs luftforurening i rekonstruerede jernalderhuse

J. Fenger¹, H. Skov¹, C.S. Christensen¹, M. Essenbæk², D. Larsen³ og L. Sørensen³

Mange tror, at luftforurening er et moderne miljøproblem knyttet til de sidste par hundrede års industrialisering. Men i virkeligheden er menneskets forurening af luften startet med anvendelsen af ilden - først indendørs med det åbne bål eller ildsted uden tilstrækkeligt aftræk (Brimblecombe, 1987). De tydeligste tegn på luftforurening erkendes som sort lungevæv fra nedfrosne, indtørrede eller mumificerede lig fra forskellige steder i verden.

En jernalderlandsby

Omkring vor tidsregnings begyndelse, da Seneca skrev om røgen og madosen i det klassiske Rom, var det jernalder i Danmark. Man boede i mindre landsbyer, der kunne bestå af 10-15 husenheder, med tilhørende marker, overdrev og små værkstedshuse. Hver husenhed bestod af et beboelseshus for mennesker og dyr samt et par værksteds- og udhuse. Midt i husets beboelsesende lå ildstedet, hvor der blev lavet mad, og hvorfra der kom lys og varme til både dyr og mennesker.

Historisk-Arkæologisk Forsøgscenter i Lejre har rekonstrueret en jernalderlandsby, der i øjeblikket består af 4 beboelseshuse og 8 værksteds- og udhuse. Her har en gruppe på 14 ar-

kæologistuderende fra Københavns Universitet for tredje år i træk boet to uger for at gøre forsøg med overvintring og indeklima.

Opvarming af et rekonstrueret hus

Husenes eneste varmekilde er det åbne bål, der var tændt fra omkring kl 7.30 til kl 21.30. Der blev gennemsnitligt brugt ca. 75 kg brænde om dagen. Røgen siver langsomt ud gennem stråtaget - det meste gennem mønningen. Nogle af husene er forsøgsvis forsynet med en lyre i gavlen eller i tagrygningen, men dens funktion syntes kun at have været til lys og ikke til røgaftræk. Det antydes også af navnet "lyre", der i følge kilder til det nordiske sprog henviser til lys. Væg og gulv består af ler iblandet strå og dyregødning. Inde i huset er der hængt halm-måtter langs de lerklinede ydervægge, og det åbne rum er opdelt i beboelse og stald med tykke tæpper for at isolere og hindre træk.

Husets indendørstemperatur afhænger meget af de ydre forhold, og om dagen er der naturligvis varmere i beboelsesenden ved bålet end i staldenden og ved indgangen. Det meste af varmen ryger dog op på loftet, hvor temperaturen godt kan blive over 20°C. Er temperaturen udenfor 5°C er den indenfor i ca. 1,5 m over gulvet i beboelsesenden typisk 10-11°C om dagen, når bålet er tændt.

Luftkvaliteten afhænger ikke alene af bålet, men også af udluftningen, der igen afhænger af vinden og vindretningen. Huset er - som det var normalt i jernalderen - orienteret nordøst/sydvest, og det trækker meget - både p.g.a. selve rekonstruktionens utætheder og fordi stråtaget, selvom det er regntæt, er gennemtrængeligt for luft og røg.

-
1. *Afdeling for Atmosfærisk Miljø, Danmarks Miljøundersøgelser.*
 2. *Historisk-Arkæologisk Forsøgscenter, Lejre.*
 3. *Klima-X: Eksperimentel arkæologisk studentergruppe, Forhistorisk arkæologi, Københavns Universitet.*

Mængden af den forurening, der dannes, afhænger både af brændet og forbrændingsbetingelserne, så man kan kun skønne, hvordan det har været i jernalderen. Hvis der f.eks. er vindstille og tåget udenfor, bliver røgen ikke spredt, og det kan være uudholdeligt indenfor. En let vind og tørt brænde giver normalt et nogenlunde miljø, hvor røgen lægger sig i en dyne fra ca. 1,5 m over gulvet og opefter og langsomt siver ud gennem taget. Men er taget frosset, så røgen ikke kan slippe ud, er forholdene ligeledes uudholdelige.

Konkrete målinger af indendørs luftforurening

Som led i undersøgelserne har Danmarks Miljøundersøgelser undersøgt den resulterende indendørs luftforurening.

Koncentrationen af kvælstofdioxid blev målt som ugemiddelværdier ved passiv opsamling med badges (Yanagisawa, Nishimura, 1982). Tre faste placeringer gav følgende resultater: Udendørs 5 ppb, ved bålstedet 52 ppb og ved seng 54 ppb. Endvidere blev en forsøgsperson udstyret med sampler, der viste en gennemsnitlig eksponering over en uge på 30 ppb. Til sammenligning vil en kommende EU grænseværdi blive på 40 ppb som årsmiddel. Det svarer til niveauet i trafikerede danske byområder.

Koncentrationen af forskellige organiske forbindelser blev bestemt som timemiddelværdier ved opsamling på et absorberende materiale (Tenax), efterfulgt af analyse med gaschromatografi (Wolfenden, 1997). Resultaterne viste en tydelig indendørs døgnrytme med maksimumsværdier i forbindelse med madlavning morgen og aften. Her nåede niveauerne af benzen, toluen og oxylen op på henholdsvis 140, 69 og 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. For benzen er det langt over den kommende EU-grænseværdi (årsmiddel) for udeluft på 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Udendørs var koncentrationerne af alle tre stoffer under 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Til sammenligning er på den trafikerede Jagtvej i København målt middelværdien 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

for benzen og henholdsvis 41 og 12 for toluen og oxylen.

De registrerede niveauer må have betydet en akut belastning af åndedrætsorganerne. Der må have været en forøget cancerisiko, men også af andre grunde har livet i jernalderen ikke været ubetinget sundt, temperatursvingningerne i huset har været relativt store og det har været en medvirkende årsag til at den gennemsnitlige levealder har været langt lavere end i dag.

Fremtidsperspektiver

Målingerne af luftforurening er, som det fremgår, en del af et større forsøg omkring indeklimaet i jernalderens huse. Resultaterne har givet næring til overvejelser om, hvordan kommende rekonstruktioner skal udføres, både med hensyn til arkæologiske facts og konstruktionsmæssige muligheder. Noget kan således tyde på, at husene har været mere rumopdelt end det kan dokumenteres arkæologisk. Muligvis har dyrene mere haft en stabiliserende virkning på temperaturen end de har tjent som en egentlig varmekilde. Endelig kan de til tider uudholdelige forhold i de rekonstruerede huse antyde, at der har været en anden udluftning - f.eks. i form af vindøjer, der beforder luftcirkulationen.

Vores foreløbige undersøgelser har rejst spørgsmål om livet, som det formede sig i Danmark for et par årtusinder siden, og det kunne være interessant at få resultaterne bekræftet fra andre arkæologiske kilder som f.eks. humane skeletdele eller bygningstømer.

Det er vores håb, at dette pilotprojekt kan blive begyndelsen til et tværfagligt samarbejde om den historiske udvikling i luftforurening og dermed belyse levevilkårene - og herunder byggeskikken - i fortiden. Resultaterne er foreløbig kun rapporteret internt og gennem pressen, men det er hensigten at søge midler til både populærvidenskabelig og faglig publikation.

Litteratur

Brimblecombe P. (1987). The big smoke. A history of air pollution in London since medieval times. Methuen, London.

Woolfenden E. (1997). Monitoring VOCs in air using sorbent tubes followed by thermal desorption-capillary GC analysis: Summary of data and practical guidelines. J Air & Waste Manag Assoc 47, 20-36.

Yanagisawa Y, Nishimura W (1982). A badge type personal sampler for measurement of personal exposure to NO₂ and NO in ambient air. Environ Int 8, 235-242.