

BAG OM LYN OG TORDEN

Lyn og torden hører til de vejrphænomener som gennem alle tider har skabt frygt, undren og fascination hos mennesker og på trods af dette endnu ikke er forstået i alle enkeltheder. Lyn og torden er allestedsnærværende i den globale vejrmaskine. Man regner med at der er ca. 1.800 tordenvejr der hele tiden raser verden over, og at Jorden hvert eneste sekund bliver ramt af mellem 100 og helt op til 6.000 lyn

Af John Cappelen

der selvsagt forårsager mange skader og dræber en del mennesker (*fig. 1*). Det er derfor naturligt at interessen omkring fænomenet er stor, og hvert år oplever Danmarks Meteorologiske

Institut (DMI) da også stor spørgelyst hos de mange der henvender sig. Denne artikel vil sammenfatte noget af den viden, vi har om fænomenet.

DEN GUDDOMMELIGE TORDEN

Lyn og torden har altid været en del af Jordens og menneskets historie. Lyn formodes endda at være en vigtig brik i



1. Tordenvejr over København 31. juli 2002. (M. Christensen)

selve livets opståen. I et stadium af Jordens historie med en tæt atmosfære og masser af lyn har elektriske udladninger formodentlig været med til at skabe organiske forbindelser, aminosyrer og dele af DNA. Det formodes også at de første mennesker simpelthen fik ilden fra lynnedslag. Det må de have opfattet som en gave fra guderne (fig. 2).

Netop forbindelsen til guderne er dyrket i mange sagn og de første skriftlige kilder der mener at det er guderne der sender lyn og torden, ja, det blev ligefrem betragtet som deres våben. Mange "vejrguder" er med tiden blevet beskrevet og afbildet med lynesymboler i hånd.

I den nordiske mytologi var tordenguden den mægtige Thor der med hammeren Mjølner var et af vikingeti-

dens største magtsymboler. Når Thor kastede den, sprang lyn som gnister. Tordenen kom fra hans gedebukke når de trampede hen over himlen. De gamle grækere troede at lynene opstod når Zeus kæmpede (fig. 3). Romerne overtog mange af grækernes gamle guder, og Jupiter blev således den der kastede lyn mod fjenden. I det gamle testamente fremgår det ligeledes flere steder at Gud sender lyn og torden, fx står der i Salmernes Bog 135,7: "Han samler skyer fra Jordens ender, Han

skaber lyn sammen med regn, Han slipper stormen løs fra forrådskamrene". Det er derfor ikke mærkeligt at lynene i mange tilfælde igennem tiderne er blevet betragtet som hellige varsler i en sådan grad at der i mange kulturer blev rejst templer og helligdomme hvor lyn havde slået ned.

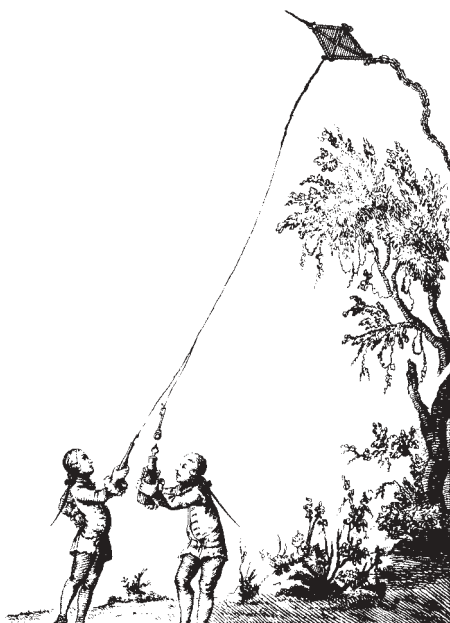
Et helligt varsel kan man vist også kalde det, da lynet i begyndelsen af det 14. århundrede slog ned i et værelse i Pavepaladset i Avignon i Frankrig hvortil paven var flyttet fra Rom et par



2. Vejrgud fra Syrien fra 9. århundrede f.v.t. med lynesymbol i venstre hånd.



3. Statue af Zeus med en tordenkile i hånden fra ca. 460 f.v.t. Zeus var en slags overgud, og det var derfor helt naturligt at udstyre netop ham med magtfulde naturkræfter som regn, skyer, lyn og torden.



4. Dette kobberstik fra 1775 af en fransk kunstner viser Franklins drageeksperiment. Franskmandene var specielt bjergetaget af Franklin og kaldte ham "l'Ambassadeur Electrique".

Der skulle dog gå flere tusind år før der virkelig skete noget banebrydende og her var bl.a. en drage en af hovedpersonerne (fig. 4). I mellemtiden havde det været almindeligt at kirkerne i Middelalderen ringede med deres klokker når en tordenstorm nærmede sig, idet man troede på at tonerne fra klokken kunne "bryde" skyerne og forhindre lynnedslagene. Mange af Middelalderens klokker bar faktisk inskriptionen: "Vivos vivo – Mortuus plango – Fulgura frango" hvilket betyder "De levende hidkalder jeg – De døde begræder jeg – Lynene sønderbryder jeg". Ironisk nok tiltrak de høje klokketårne som bekendt lynene og mange klokkere har i tidens løb måtte lade livet når lynet slog ned i klokkerne og fortsatte ned langs med rebene (fig. 5).

Det var først i det 18. århundrede der for alvor kom gang i forskningen af lyn og torden. En af pionererne var selvfølgelig Benjamin Franklin, "elektricitetens ambassadør" (fig. 6). I 1746 begyndte han at eksperimentere med elektricitet, bl.a. med statisk elektricitet, og han dræbte endog store dyr som kalkuner med disse udladninger. I 1751 udgav han den banebrydende bog "Experiments and Observations on Electricity". Heri foreslog han et sindrigt eksperiment (faktisk beskrevet i en brevveksling nogle år forinden) hvor man placerede en mand på en isoleret piedestal inde i et rovdyrbur. En 10 m lang jernstang, spids i enden, blev monteret på piedestalen så den stak ud foroven. Ideen var så at manden under et tordenvejr kunne "blive elektrificeret og trække gnister" ved at

årtier tidligere. Et antal kardinaler var samlet her for at stemme om Pavedømmets endelige placering. Lynnedslaget blev betragtet som en besked fra Gud, og Pavedømmet blev flyttet tilbage til Vatikanet i Rom hvor det jo stadig ligger.

DEN SPÆDE VIDENSKABELIGE FORSTÅELSE

Som tiden gik var der selvfølgelig mennesker der mere og mere spekulerede over dette spektakulære fænomen. De ville ind bag mytologien og gudesnakken og finde den naturlige forklaring. Allerede de gamle grækere var inde på at det ikke kun var Zeus der huserede, men "hvirvelstrømme af luft" som fx Sokrates engang har sagt.



5. En illustration fra en østrigsk bog 1787 viser virkningerne af et lynnedslag på en kirke (til venstre) og et miniature eksperiment hvor et galvanisk element skaber samme effekt.

holde noget ledende hen til stangen. Franklin gennemførte ikke eksperimentet, men det gjorde franskmanden Thomas-Francois d'Alibart samme år i den franske by Marly-la-Ville. En frivillig soldat stod under et tordenvejr på en træpalle isoleret fra jord vha. fire vinballoner af glas. Fra en lang jernstang ragende op i luften trak han en strøm af gnister vha. et isoleret håndtag forbundet med jord. Ideen om at elektricitet og lyn var nært forbundet var der nu ført direkte bevis på.

Inden Franklin blev bekendt med dette forsøg, havde han selv foretaget sit berømte drageforsøg. Der blev sendt en drage op i tordenvejr med en nøgle på linen hvorfra han kunne trække gnister til sine knoer (*fig. 4*). Han syntes at det var ironisk at stjæle "Gudernes vrede" med et stykke legetøj. Heldigvis slog lynet ikke ned i dragen, da han så nok var blevet dræbt på stedet. I 1753 blev professor Richmann i Skt. Petersborg faktisk dræbt ved et lignende eksperiment (*fig. 7*).

Men lynaflederen var en realitet i 1753, og selv om der var modstand mod at bruge den, da nogle mente at man ikke skulle prøve at undgå Guds retfærdige straf, har den siden sparet mange menneskeliv og beskyttet utallige bygningsværker. Franklin havde heldigvis format til at gå imod den meget konservative og religiøse modstand ved at sige: "Sikkert er det, at Torden fra Himlen ikke er mere overnaturlig end den Regn, de Hagl, eller det Solskin fra Himlen, som vi beskytter vore Tage og Skodder mod uden Skruper". Hvis han havde vidst hvor mange besynderlige, totalt nyttesløse og i mange tilfælde dødfarlige opfindelser, såsom fx en lynafleder-



6. Benjamin Franklin afbildet under sit berømte lyneeksperiment i 1752. Billedet er malet af Benjamin West ca. 1816.

paraply (*fig. 8*), hans opfindelse også har medført, havde han måske handlet anderledes.

KONVEKTION ER KIMEN TIL DET HELE

Selv om Franklin og andre med deres eksperimenter viste at lyn var et elek-

trisk fænomen af den mere voldsomme slags, gik der dog igen lang tid før man begyndte at komme rigtig ind bag nogle af de processer der starter et tordenvejr og frembringer lynene.

Historien begynder, ligesom med alt andet vejr, i den nedre atmosfære, kaldet troposfæren. Tordenvejr hænger meget kort fortalt sammen med dannelse af store bygeskyer i ustabil luft.



7. Kobberstik der viser professor Richmanns død. Lynet slår ned i den metalstang Richmann prøver at trække gnister fra. Bemærk den lysende kugle over professorens hoved. Det kunne godt ligne et kuglelyn.

Bygeskyerne dannes ved en proces der kaldes konvektion. Det sker typisk når en luftmasse tilføres varme nær jordoverfladen, og luftmassen samtidig er relativt kold højere oppe i atmosfæren. Opvarmningen af luften nær jordoverfladen medfører at bobler af luft der bliver varmere end den omkringliggende luft, stiger til vejrs og danner skyer (når mætningspunktet) hvilket yderligere forstærker opstigningen osv.

Konvektion er ret almindelig her på kloden, især omkring Ækvator og over store landområder, hvilket ret tydeligt ses af et kort der viser lyntæthed over hele kloden (fig. 9).

Hvis vi fokuserer på vores lille plet på kloden, så hænger den dominerende årsag til torden i Danmark sammen med de frontsystemer der fra Atlanten bevæger sig ind over landet. De tilhørende markante skift mellem varme



8. I kølvandet på opfindelsen af lynaflederen så bl.a. lynafleder-paraplyen dagens lys.

og kolde luftmasser giver især om sommeren anledning til konvektion og torden. Længerevarende, stabile vejrforhold giver derfor færre tordenvejr end meget skiftende vejr.

Situationen ses især sommer og efterår hvor Solen opvarmer jordoverfladen eller hvor et varmt hav opvarmer en kold luftmasse der føres henover. Konvektionen ses i første omgang som hvide, kuppelformede cumuluskyer. I takt med at processen intensiveres, vokser skyen opad. På et tidspunkt bliver cumuluskyen til en bygesky der af og til kan udvikle sig til en tordensky med den karakteristiske vifte af iskrystaller i toppen – af meteorologer kaldet en “cumulonimbus” eller blot en “CB'er” (fig. 10).

Om en sådan sky udløser tordenvejr er ofte et resultat af en hårfin

Den første spæde lynforskning startede ud med noget håndgribeligt og lettilgængeligt – den statistiske elektricitet. Det er noget alle stifter bekendtskab med. Man får et “rap over fingrene”, især om vinteren når vi fx låser bilen op eller rører ved et metalskab.

Statisk elektricitet opstår når to materialer, hvoraf mindst det ene er isolerende, gnides mod hinanden. Herved overføres elektroner fra det ene til det andet materiale. Den statistiske elektricitet kan ophobes når det isolerende materiale, fx gulvet eller stolens stof, er dårligt til at aflede den elektriske spænding. Afladning afhænger også af luftens indhold af vanddamp – jo mere tør luften er, desto vanskeligere er det også at aflede. Det forklarer at statisk elektricitet er mest udbredt når luften udenfor er meget kold, og der derfor bliver meget tørt indendørs. Det gevaldige rap over fingrene kommer når man kommer i

kontakt med en ting eller en person med en modsat ladning og der aflades. Det er ganske ufarligt til trods for at det kan være op til flere tusinde volt. Men man får sig hver gang et lille chok, og det er ubehageligt.

Sagt lidt mere sofistikeret opstår statisk elektricitet når overflader får en nettoladning, enten fordi der findes et overskud eller et underskud af elektroner i forhold til det samlede antal pro-



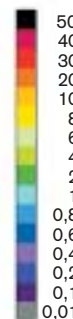
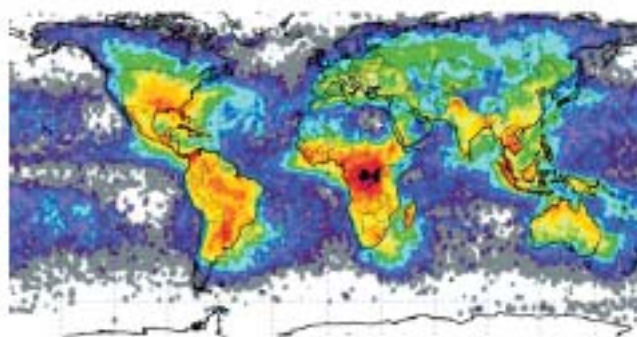
toner i materialets atomkerner. Når der er et overskud af elektroner, siges legemet at være negativt ladet, og et underskud giver tilsvarende en positiv ladning. Når to objekter der er modsat ladet, kommer nær hinanden, starter en udligning så overskydende elektroner begynder at springe over hvor der er underskud. Vandringen af elektroner opvarmer luften, så den til sidst gløder. Dette ses som en gnist.

Statisk elektricitet kan produceres med rav (elektron betyder rav på oldgræsk), og var den første oplevelse mennesker havde med elektriske ladninger. I dag kan man frembringe statisk elektricitet med mange forskellige kunststoffer, og de første partikelacceleratorer var baseret på højspænding genereret med statisk elektricitet. Lynet er også sådan en gnist på en meget større skala, og luften er isolatoren der tillader en stor ophobning af ladning.

Vi kender det alle – et lille “rap” over fingrene når vi rører en ledende genstand.

BOKS 1: STATISK ELEKTRICITET

balance. Blot et par hundrede meters ekstra vækst af skyen kan fx være det der gør at skyen fryser i toppen, med en efterfølgende eksplosiv vækst af skyen der til sidst udløser processerne der fører til lyn og torden. Tordenvejr fra ofte enkeltstående, store bygeskyer over landområder i forbindelse med kraftig solopvarmning i løbet af dagen kaldes også varmetorden, mens torden direkte i forbindelse med frontpassager kaldes fronttorden.



Lyn pr. km² pr. år

9. Antal lyn pr. km² pr. år over hele kloden.





10. En cumulonimbus (CB'er) med ambolt. Billedet er taget i juli 2001 i Charlottenlund nord for København. (C. Bølling)

... OG HVAD SKER DER SÅ
I SKYERNE?

I en fuldt udviklet bygesky – en cumulonimbus – kan der opbygges store elektriske spændingsforskelle der til sidst vil udløses i meget kraftige udladninger – kaldet lyn. I princippet er et lyn således blot en kæmpemæssig gnist. Lyn kan enten udløses i selve skyen, gå fra sky til sky, fra sky til luft eller forekomme som egentlige lynnedslag mellem skyer og jordoverfladen (fig. 11). Normalt antager man at kun en lille del af alle lyn forekommer som egentlige lynnedslag, men det er naturligvis samtidig disse der påkalder sig den største interesse.

Der findes ikke en entydig teori der kan forklare alle forhold vedrørende

lynets fysik, men den generelle forståelse går ud på at voldsomme vertikale bevægelser af skypartikler, og måske især ispartikler, i en tordensky kan forårsage at der opbygges meget store ladningsforskelle mellem de enkelte dele af skyen eller mellem skyen og jordoverfladen.

Den mest accepterede forklaring går ud på at der inde i tordenskyen vil dannes negativt og positivt ladede partikler ved utallige sammenstød og gnidninger mellem iskrystaller og eventuelle hagl der af de kraftige op- og nedvinde hvirvles rundt. Efterhånden vil de øverste dele af skyen være positivt ladet og modsat negativt ladet i skyens bund. Vi har at gøre med statisk elektricitet på en stor skala (boks 1).

Jordoverfladen er generelt negativt ladet, men bliver lokalt positivt ladet

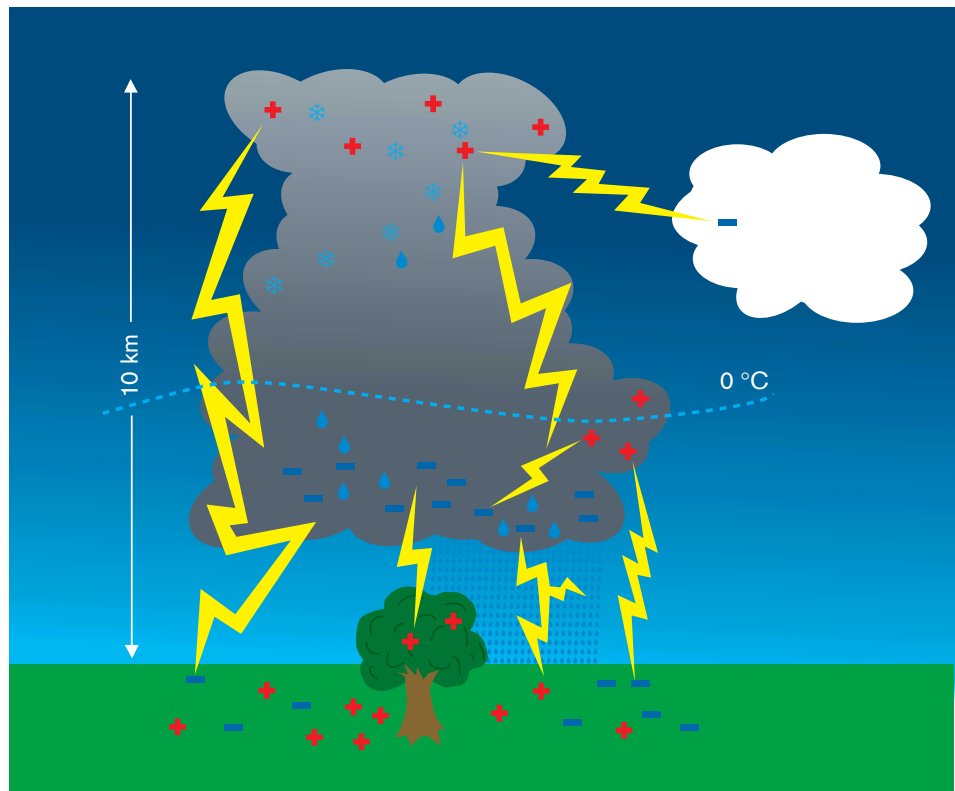
mange steder, især under en tordensky, da de negative ladninger i skyens bund skaber en positiv "skyggeladning" på jordoverfladen samt fortrinsvis på genstande der rager op, som fx tårne, master, træer, bygninger m.m. Når isoleringsevnen af de luftlag der adskiller områder med modsat elektrisk ladning, bryder sammen pga. den store spændingsforskel, vil lynet springe og udligne den elektriske ladning.

Den mest almindelige type lynnedslag begynder oppefra og udvikler sig ved at en nedadgående kanal af stærkt ioniserede luftmolekyler forlænges skridt for skridt i retning mod jordoverfladen. Denne række af forudladninger foregår ofte med et ophold på ca. 50 μ s (mikrosekunder) mellem

hvert skridt som typisk forlænger lynkanalen 50 m ad gangen og samtidig fordeler den overliggende ladning ned gennem lynkanalen. På denne måde nedbrydes luftens normalt gode isoleringsevne for elektrisk ledning.

På et tidspunkt hvor lynkanalen når ned i nærheden af jordoverfladen, vil det forstærkede elektriske felt imellem spidsen af lynkanalen og ledende objekter på jordoverfladen starte opadgående udladninger fra jorden mod den nederste ende af lynkanalen. Dette sker inden for en kritisk radius og behøver således ikke nødvendigvis at være fra det højeste objekt i de nærmeste omgivelser, så længe dette er uden for den kritiske radius (fig. 12). Det er dog alligevel sådan at de opadgående udladninger hyppigst sker fra høje objekter. Når de to udladninger mødes, kortsluttes systemet, og den egentlige hovedudladning sker igennem den for-ioniserede bane ved at en elektrisk strøm på op til adskillige hundredtusinder ampere i løbet af 20-50 μ s udligner spændingsforskellen mellem jord og sky. Derefter kan der med ca. 0,05 s mellemrum optræde et større eller mindre antal efterfølgende udladninger (typisk 3-4, men i sjældne tilfælde helt op til 20) hvor hele lynbanen gennemløbes på én gang. Dette fænomen kaldes deludladninger, og man betegner antallet af deludladninger som lynets multiplicitet.

Nyere undersøgelser har desuden vist at der også sker noget energiafladning i det elektriske felt ved at der udsendes røntgenstråling. Dette er for nylig blevet bekræftet ved forsøg, men må dog betragtes som et af de mere eksotiske fænomener sammenlignet med den "almindelige" lynudladning (boks 2).



11. Illustration af lynprocessen.

LYN ER IKKE ENS

Man klassificerer lyn efter dannelsesforløbet. Et lynnedslag kaldes positivt eller negativt, afhængigt af fortegnet for ladningen i det område af skyen der aflades. Næsten alle lyn begynder oppe fra skyen, man siger at de initieres oppefra. Lynnedslag kan også i sjældne tilfælde initieres nedefra. Hyppigheden af dette fænomen afhænger bl.a. af skyhøjden, idet lave skyer (eller høje genstande på jordoverfladen) øger sandsynligheden for at lynet starter nedefra. Der findes således fire typer lyn: Negativt nedad-initieret (mere end 90% af lynene er af denne type), positivt nedad-initieret (mindre end 10%), negativt opad-initieret og positivt opad-initieret (fig. 13 & boks 3).

REGISTRERING AF LYN

I dag kan man gå på internettet og se registrering af lyn næsten samtidig med at de forekommer. Avancerede systemer sørger for det, og man kan sågar som enkeltperson købe pejleinstrumenter til rimelige penge. Men sådan har det selvfølgelig ikke altid været.

I gamle dage måtte man "nøjes" med en vejrobservatørs melding om lyn og torden i området omkring vejstationen der så efterfølgende blev sendt til de meteorologiske institutter. Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) har fx regelmæssige oplysninger om antal dage med torden helt tilbage til instituttets start i 1872.

Det første egentlige forsøg på at give en mere kvantitativ beskrivelse af lynforekomster i Danmark blev gjort i



Lynnedslag i Søborg, juni 1997. (T. Sørensen)

Spændingsforskellen kan være op til mange millioner volt. Strømstyrken kan være adskillige hundredtusind ampere når lynet springer. 125 MV (mio. volt) med en strømstyrke på 30.000 A (ampere) er meget almindeligt.

Effekten er normalt op i nærheden af 4 mia. watt.

Den samlede energi der overføres i de mikrosekunder hvor lynet slår ned, er ca. 2.500 kWh (kilowatttimer) hvilket svarer til 9 mia. joule. Dette er det samme som en almindelig dansk husholdning bruger på et halvt år.

Temperaturen i selve lynet er typisk fra 15.000 °C helt op omkring 30.000 °C, altså op til ca. fem gange varmere end Solens overflade.

Længden af et lyn vil normalt ligge mellem nogle få

hundrede meter op til 3 km, men sky til sky lyn kan blive meget længere (man skønner over 100 km lange i ekstreme tilfælde).

Tykkelsen af lynet er typisk nogle få cm, men op til 15 cm er observeret.

Tordenbulder er chokbølger af lyd der opstår som følge af den momentane og voldsomme opvarmning af luften omkring et lyn. Tordenen rumler pga. tidsforskellen mellem trykbølger fra forskellige steder i lynkanalen. Man kan bruge tordenskraldet til at anslå hvor langt væk lynet er blevet udløst. Lydens hastighed er ca. 340 m/s ved havniveau, så for hver tre sekunder der går mellem lynglimtet og tordenskraldet, er lynet ca. 1 km væk.



1965 med oprettelsen af et landsdækkende net af lyntællere (fig. 14). De godt 20 målestationer var alene beregnet til at tælle antallet af lynnedslag inden for en mere eller mindre veldefineret afstand fra stationen. Siden er der imidlertid udviklet moderne lynpejlesystemer der er i stand til ikke alene at lokalisere, men også at tidsfæste de enkelte lynnedslag, og ydermere er der tale om systemer der muliggør en grafisk præsentation af måleresultaterne, praktisk taget samtidig med at lynene forekommer.

DMI's nuværende pejlesystem, der blev installeret i 2000, registrerer i princippet al lynaktivitet over Danmark. Det gælder både lyn som slår fra sky til jord og fra sky til sky. Når skylynene begynder i et område, kommer der med ret stor sikkerhed lynnedslag 10-20 min. senere. Luftfarten er stærkt interesseret i disse sky-sky lyn.

I forbindelse med et lynnedslag forårsager den kraftige lynstrøm en elektromagnetisk bølge der som ringe i vandet udbreder sig i alle retninger bort fra nedslagsstedet/udløsningsstedet. Det danske system er baseret på krydspejlinger (fig. 15) og tidsstempeling af disse elektromagnetiske signaler. Lokaliseringen sker her gennem samtidig registrering af lynudløsningerne fra et net af pejlestationer placeret forskellige steder i landet (fig. 16, 17 & 18).

De enkelte pejlestationer registrerer hver især retningen til lyn-udløsningerne i forhold til geografisk nord, tidspunktet samt strømstyrken på lynene. Informationerne sendes herefter til en centralenhed hos DMI på Lyngbyvej i København. Den nøjagtighed hvormed lynnedslag kan registreres på de enkelte lynnedslag, er for de fleste lyn under 500 m.



12. Lynet slår ned for foden af rumfergen Challenger, mens den står på affyringsrampen. Lyn slår således ikke nødvendigvis ned i det højeste objekt, selv om dette er det mest almindelige. (NASA)

HVOR MANGE LYN "SLÅR NED"?

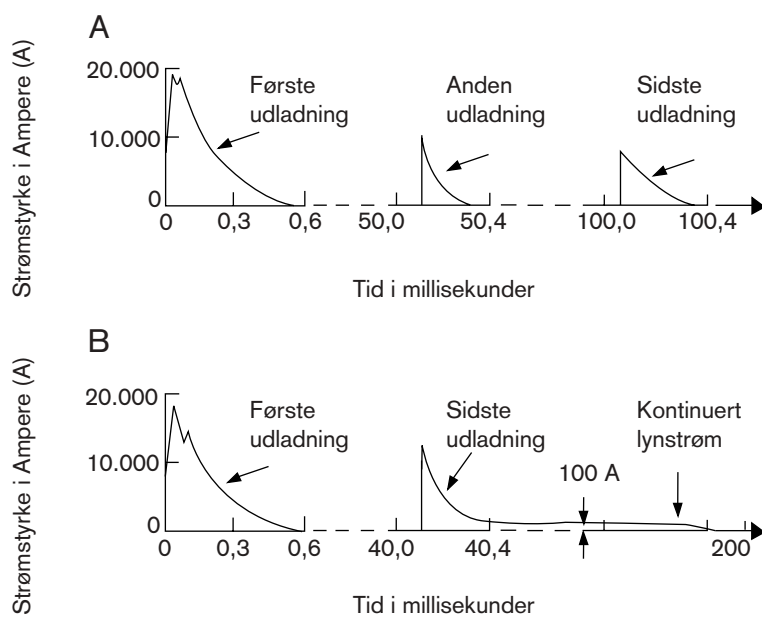
Jorden bliver ramt af rigtig mange lyn hver dag, nogle steder mere end andre (fig. 9). Danmark er ikke et særligt udsat område.

Den ældste statistik for lynforekomst i Danmark dækker perioden 1965-1978 og er udarbejdet på grundlag af de gamle lyntællere. De 21 tællere, der blev anvendt i sommerhalvåret i perioden 1965-78, talte i gennemsnit 1.130 lyn



Indimellem omtales lyn som “kolde” eller “varme”. Det har noget at gøre med lynnedslagene karakter. Når et lyn slår ned, vil der frembringes en strømimpuls der kan variere i størrelse og varighed. Karakteristisk “dør” denne impuls dog hurtigt ud i løbet af tusinddele af et sekund. Der efterfølger for det meste flere strømimpulser af mindre styrke. Nogle af disse strømimpulser kan dog være karakteriseret af at lynstrømmen er meget vedvarende – en såkaldt kontinuert lynstrøm.

Hvis dette er tilfældet, kan lynstrømmen forårsage ildpåsættelse, ligesom hvis man forestiller sig at en tændstik vedholdende holdes under et stykke papir. Sådanne lyn kaldes undertiden for “varme” lyn, modsat “kolde” lyn der ikke er karakteriseret af kontinuerte lynstrømme og derfor ikke medfører en mulig ildpåsættelse, svarende til at tændstikken under papiret flyttes meget hurtigt igen. Positive lyn har i øvrigt generelt en højere lynstrøm end negative lyn, samtidig med at strømimpulsen også er mere vedvarende.



Forløbet af strømimpuls. A: ved koldt lyn uden vedvarende impuls.
B: ved varmt lyn med vedvarende impuls.

BOKS 3: KOLDE OG VARME LYN

pr. år hvilket har kunnet omsættes til et landsgennemsnit på ca. 1 lynnedslag pr. km² pr. år. Dette tal har i mange år været brugt som en tommelfingerregel i forbindelse med vurdering af lynnedslagsrisiko i Danmark, men har efter introduktionen af de moderne lynpejlesystemer vist sig at være for højt.

I de nye lynstatistikker er landet opdelt i enhedsarealer på 10 km². Den årlige lynnedslagstæthed opgøres som det årlige gennemsnit af lokaliserede lynnedslag i hvert enhedsområde. Den gennemsnitlige tæthed for hele Danmark er nu opgjort til ca. 0,25 lynnedslag pr. km² pr. år (fig 16).

Den årlige variation i nedslagshyppighed er meget stor hvilket hænger sammen med, at en overvejende del af det samlede antal registreringer stammer fra nogle ganske få, men meget intense tordenvejrssituationer. Lynpejlingerne bekræfter i øvrigt den hidtil gældende opfattelse at den sydvestlige del af landet, specielt Sønderjylland, er den del af Danmark hvor risikoen for lynnedslag er størst.

Statistikken fortæller at omkring 5% af lynnedslagene i Danmark er registreret i maj, omkring 85% i sommermånederne juni, juli og august, omkring 5% i september og de resterende ca. 5% i de kolde måneder oktober til og med april.

Den relative andel af lyn med positiv polaritet – der erfaringsmæssigt er meget kraftige og ofte forvolder stor skade – er opgjort til ca. 10%. Store sommertordenvejr har relativt få positive lyn, men andelen stiger mod slutningen af tordenvejret så der ofte forekommer randområder hvor størstedelen af lynene kan være positive. Fænomenet skyldes at den nedre, negativt ladede del af en tordensky skærmer

for den overliggende, positive del, undtagen i visse dele af randområderne.

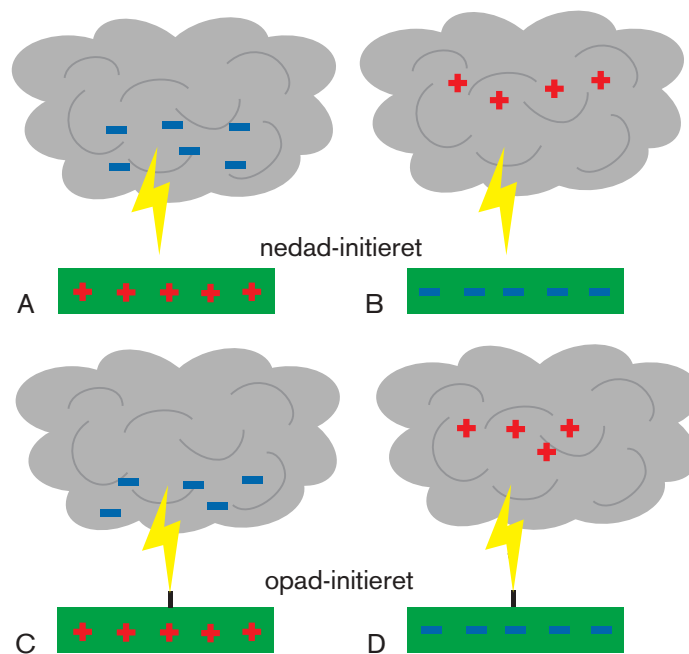
FORHOLDSREGLER VED
TORDENVEJR

Det er en kendsgerning at under én person om året dør af lynnedslag i Danmark, mens lidt flere "rammes" uden at miste livet. Når man ser lyn og hører torden er det vigtigt at tænke på følgende:

- Søg ikke ly under træer, specielt ikke et enkeltstående træ (fig. 19) heller ikke i et telt under et træ.
- Prøv at undgå tårne, åbne pladser, sejlbåde og høje bjerge.
- Lad være med at røre større elektrisk ledende genstande – fx hegn, rækværk, vandhaner, varmeapparater eller apparater forbundet til el- og telefonnettene.
- Det er ret sikkert at være indenfor, men luk døre og vinduer og undgå som nævnt ledninger, telefonen og rørføringer. En lynafleder gør selvfølgelig huset mere sikkert, men der er aldrig fuld sikkerhed for at den tager al strømmen.
- Selv om telefonkabler i dag er nedgravede, er der eksempler på at lyn har fundet vej flere meter ned i jorden og videre gennem kablet. Det er dog ret sikkert at tale i telefon i dag under et tordenvejr og selvfølgelig meget sikkert i de ledningsløse mobiltelefoner. Man skal blot huske på at det stadig er en elektrisk ledende genstand, man har i hånden.
- Det eneste der faktisk er helt sikkert, er at sidde i et helt lukket, jordet metalbur (et såkaldt Faradays bur) hvor man ikke berører siderne. En bil med lukkede døre, vinduer og

soltag er et sådant bur (fig. 20). Lynet undslipper via hjulene, selv om dækkene er dårlige ledere. Andre transportmidler såsom fly, toge og skibe, fungerer også som metalbure.

- Lad være med at tro at cykling er ufarligt. Fejltagtigt tror mange at dækkenes isolerende evne beskytter, men man skal altså sidde i et lukket metalbur for at være helt beskyttet.
- I en båd med mast er der risiko for lynnedslag i masten. Hvis man bliver fanget på søen af et tordenvejr (ser lyn eller hører torden), er det altid en god regel at søge så langt væk fra masten som muligt fx bagerst i cockpittet og lade være med at røre elektrisk ledende genstande heller ikke fiskestangen.
- Undgå helst badning.

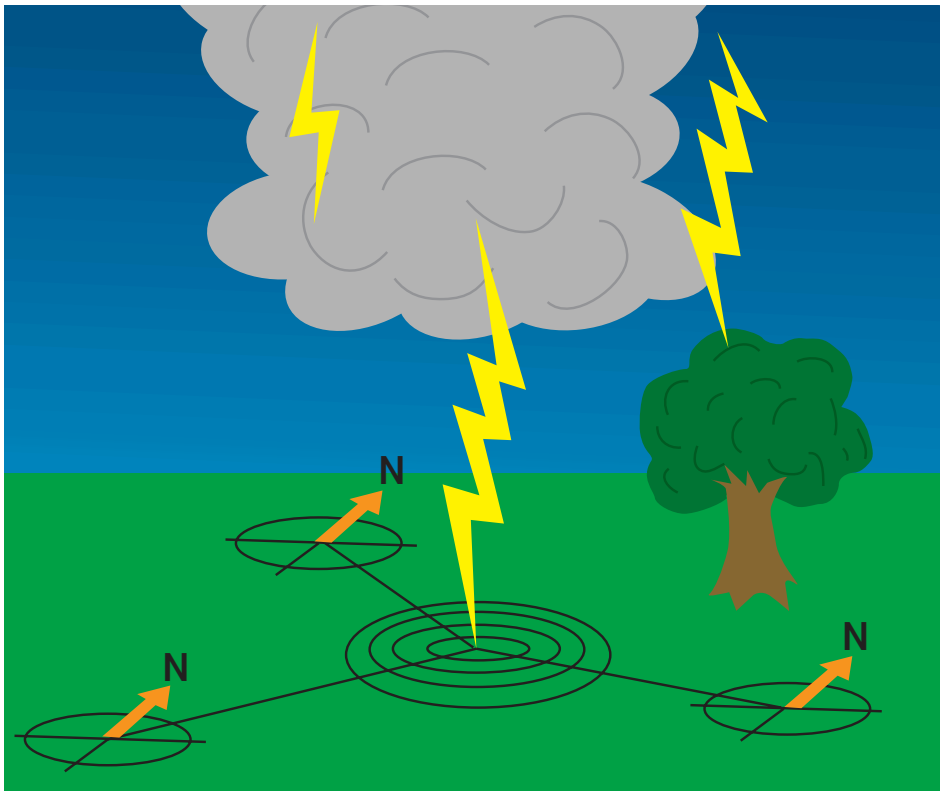


13. Skitse af de fire typer lynnedslag. A: nedad-initieret negative lyn. B: nedad-initieret positive lyn. C: opad-initieret negative lyn. D: opad-initieret positive lyn.

Når man bliver fanget i det fri af et tordenvejr kan man komme til at vælge et af to onder: Stå i tørvejr under et træ og dermed risikere at et lyn rammer både træet og dig (og det kan man altså dø af) eller sætte sig på hug med samlede fødder og lavt hoved ude i det



14. Gammelt lyntællerinstrument fra en af de nedtagne DMI-stationer. (L. Bruun)



15. Lynpejlingsprincip.

fri, i regnen, og så have størst chance for at lynene ikke finder én. I denne stilling rager man ikke så højt op, og man rører kun jorden ét sted. En liggende krop vil have større berøringsflade med jorden og derved vil der også være større chance for at en strøm finder vej igennem én.

Af og til kan man, når tordenvejr er i nærheden, opleve at håret stritter som om det er elektrisk – og det er det. Det er også et sikkert tegn på at luften snart kan blive “ladet med lyn” da man højst sandsynligt befinder sig i et område med positive ladninger. Fænomenet opleves oftest i bjergrigt terræn, og man bør søge nedad mod lavere liggende områder.

Folk der rammes af lyn og er så heldige at overleve, bør straks søge læge. Jeg har talt med flere personer der har

berettet om både hjerteflimmer og meget højt blodtryk, og det skal selvfølgelig tjekkes. I øvrigt støder man ikke så sjældent på skildringer af situationer hvor tøjet bogstaveligt talt bliver blæst af kroppen på folk der rammes af lynnedslag. Det skyldes at lynet simpelthen får kropssveden til at fordampe så hurtigt at der kommer et tryk på tøj og sko indefra. Effekten vil så selvfølgelig være mest udtalt hvis man går med tætsiddende tøj (boks 4).

ØJENVIDENSKILDRINGER

Dette er beretningen om hvorfor det er vigtigt at være forsigtig i tordenvejr. Det er samtidig også et eksempel på hvor heldig man kan være når det rigtig går løs.

Fredag den 4. maj 2001 kl. 01:50 slog lynet ned på vores ejendom beliggende i Skøvinge (tæt ved Æbelholt Kloster).

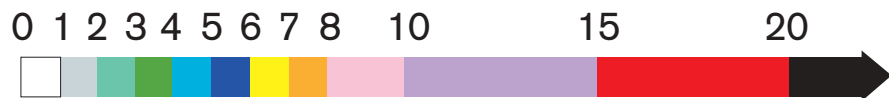
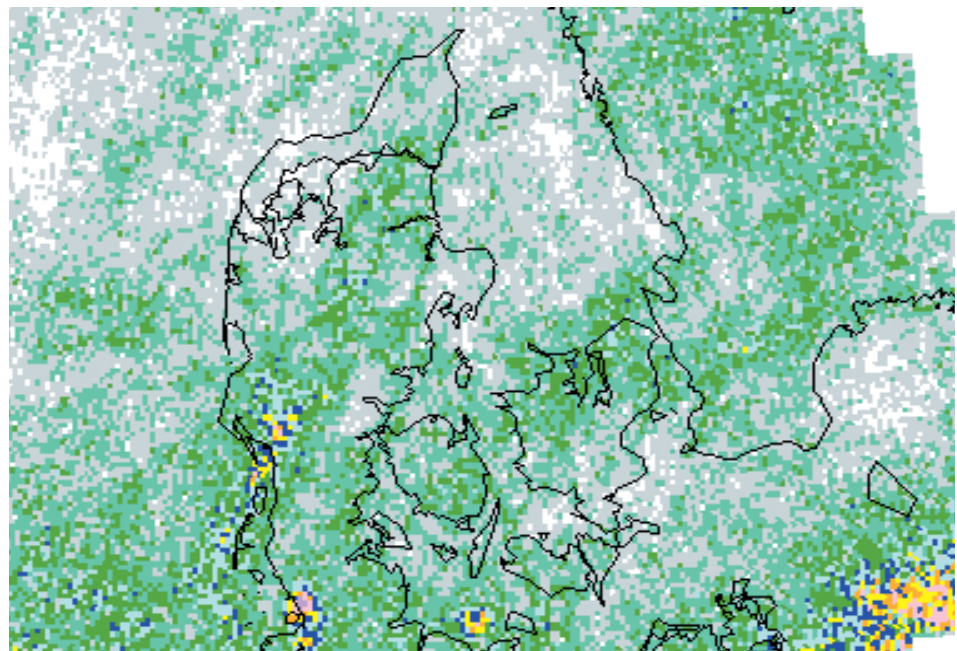
Vi står altid op og har stearinlys tændt, mens vi venter på at tordenvejret skal drive over. Vi bor nemlig på en bondegård med stråtag. Efter ca. en times vedvarende lyn og torden, hvor vores HFI-relæ slog ud flere gange, var vi gået i seng igen for at få lidt søvn inden næste lyn- og tordenvejr kom ind over os – vi kunne allerede skimte det i horisonten mod vest.

Vi var begge to lige faldet i søvn, da et øredøvende brag – som hvis en skibscontainer falder til jorden – fik os ud af sengen inden nogen af os nåede at åbne øjnene. Vi så aldrig lysglimtet. Der var ingen tvivl om at det her var alvor. Huset var igen totalt mørkelagt og vi måtte endnu en gang en tur ud i stalden, hvor HFI-relæet sidder. Sikringerne i den ene gruppeafbryder var overophedet og sprængt og vi kunne ikke få strømmen tilbage i halvdelen af huset. Vi kunne se skaret fra naboernes lygter, da de var også ude for at tjekke deres bygninger for skader.

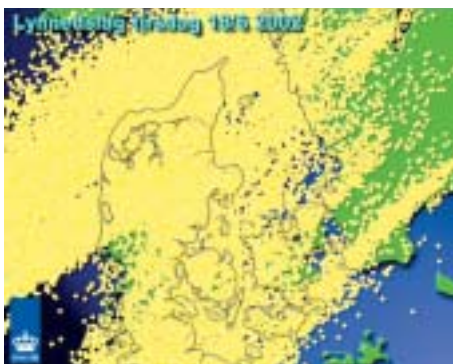
Vi konstaterede at vores telefon var helt død, men ellers så alle bygninger ud til at være sluppet fri af lynet. Vi måtte besigtige skaderne når det igen blev lyst – lige nu og her kunne vi intet stille op – blot stille de digitale ure i den del af huset, der stadigvæk havde strøm. Resten af natten forløb stille, vi så hverken lyn eller hørte mere torden.

Næste morgen så tingene anderledes ud: Transformeren fra fårenes el-hegn var sprængt ud af væggen og lå 8 meter væk fra huset – kontakten var delvist smeltet. Det så ud til at lynet “havde fundet vej” ind i huset via elskabet og herfra videre ind. Første sted var dren-

genes værelse – to computerskærme og en videomaskine var kapet samt delvist en fjernsynsskærm. Få uger forinden var alle husets computere blevet koblet på netværk via et modem – dette modem var brændt sammen med den tilhørende computer, ISDN-boksen og vores telefonledning. Først om eftermiddagen gik det endelig op for os, hvor lynet havde slået ned. Min mand fulgte el-hegnet hele vejen rundt om ejendommen, fordi der stadigvæk ikke var strøm på hegnet. Her opdagede han at hegnets to øverste tråde var kappet over tæt ved en lille klat birketræet, der står i en lavning for at suge vand. Lynet havde ramt det højeste birketræ, snoet sig ned ad stammen, hvor man kunne se barken var revnet på det øverste stykke og afsvedet på det nederste. Fra birkestammen var lynet “sprunget” over i det elektriske hegn og derfra løbet to veje: Et kort stykke over til vores maskinlade, hvor et hvidt strømførende el-bånd var smeltet. Her



16. Gennemsnitligt antal lynnedslag pr. år i Danmark for perioden 1991-2000. Farvekoderne viser antal nedslag pr. 10 km² pr. år. Den gennemsnitlige tæthed for hele Danmark er nu opgjort til ca. 0,25 lynnedslag pr. km² pr. år. (Kilde: DEFU)



17. Kort over lynnedslag under et af de største tordenvejr nogensinde i Danmark, 18. juni 2002. (Kilde: DMI)

var 1 køleskab og 2 elarmaturer brændt af. Og et langt stykke elhegn, hvor jordkablet simpelthen var pulveriseret og plastbeskyttelsen smeltet. Herfra gik turen hen til transformeren og så ind i huset som beskrevet.

Alle beboere på vejen havde i løbet af fredagen besøgt af en el-installatør. Vi er næstsidste beboer på en stikvej med i alt 6 huse. Alle de andre beboere havde fået ødelagt deres oliefyr (motoren var brændt af) og forskellige elektriske apparater. Vi havde slukket vores oliefyr den 1. maj og gik således fri på det punkt.

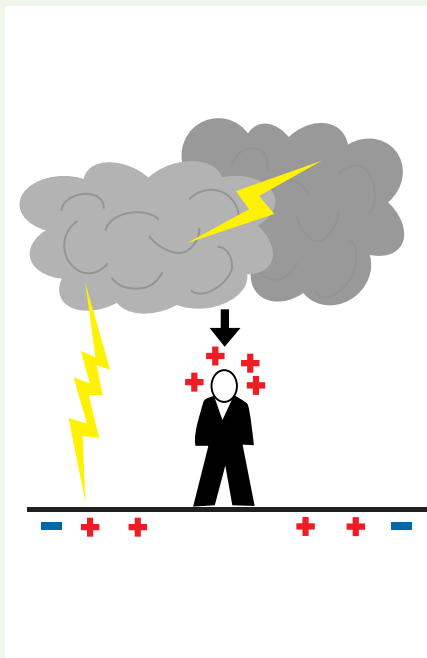
Vi var heldige – vi slap med skrækken denne gang. Det var materielle ska-

der, som jo kan erstattes på sigt. Vi slap således nådigt, der gik ikke ild i nogle af vores ting. Børnene sov uforstyrret og dyrene var fuldstændig upåvirkede af hele situationen.

En anden dramatisk historie:

Sidste sommer var vi på ferie. En dag var min søn og jeg ude at fiske. Det begyndte at tordne ude over havet og det kom tættere på, vi begyndte at pakke vores grej men blev ikke helt færdige. Kl. 20:35 slog lynet ned i min 16-årige søn lige for øjnene af mig. Han var meget varm og forbrændt, stof, der var nylon i strømper og underbukser, var smeltet og der var hul i skoene

En tordensky har en spænding på millioner af volt. Når den hænger over landskabet, opstår der et kraftigt elektrisk felt, og genstande der er elektrisk isoleret fra jorden såsom personer kan blive “elektrisk ladet op” af feltet. Når der springer et lyn, udlignes spændingsforskellen mellem tordenskyen og jorden lokalt, og det eksterne elektriske felt forsvinder. Når det elektriske felt ikke længere er der, vil den elektriske ladning der er opbygget fx i overkroppen på et menneske, søge mod jord. Dette kan give anledning til kraftige strømme i kroppen. Lad os tage et eksempel: Der hænger et tordensky med et



potentiale på 50 mio. Volt 1.000 m over landskabet. Det vil give anledning til et elektrisk felt på 50 kV/m ved jordoverfladen. Hvis en person er 1,8 m høj, og vi forudsætter den forsimplede antagelse at personen ikke deformerer feltet, vil hovedet antage en spænding der er $1,8 \times 50 \text{ kV} = 90 \text{ kV}$. Et menneskelegeme har en elektrisk kapacitet i størrelsesordenen 50 pF (picofarad). Hvis vi antager at spændingen udlignes i løbet af $50 \mu\text{s}$, vil der løbe en strøm på $90 \text{ kV} \times 50 \text{ pF} / 50 \mu\text{s} = 90 \text{ mA}$ ned gennem kroppen – en strøm der er særdeles farlig inde i kroppen – allerede ved 20 mA er der stor fare for hjertestop.

BOKS 4: NÅR STØDET IKKE KOMMER FRA SELVE LYNNEDSLAGET



18. En af DMI's lynpejlere.

der hvor lynet havde forladt ham. Der blev tilkaldt ambulance. Han var kridthvid over hele kroppen. Han gispede som holdt i et skruestik. Hans øjne bristede, og livet forlod ham, men heldigvis genoplivede jeg ham hurtig med hjertemassage inden ambulancen kom. Han var lammet fra brystet og til fødderne et stykke tid. Efter 3 dage på sygehus, hvor biokemien i kroppen var i store svingninger, blev han udskrevet. Journalister fra både TV og radio ville gerne ind på sygehuset for at snakke med os, men vi ønskede ikke at tale med dem, det var en voldsom oplevelse for os. Han har den dag i dag ingen men, bortset fra når der er torden eller optræk til tordenvejr bliver både han og vi andre i familien lidt beklemt.

Venlig hilsen Faderen

KUGLELYN, KORNMOD, SPRITES OG BLÅ JETS

Myter og beretninger om kuglelyn er mange – langt flere end videnskabelige afhandlinger. Da det er et flygtig og sjældent fænomen, er billeder af fænomenet næsten ikke til at finde (fig. 21). Beretningerne fortæller dog næsten alle om kugleformede, lysende objekter i størrelse fra tennisbolde til fodbolde bevægende sig rundt, for til sidst at forsvinde med en lille knald og til tider efterlade en luft af svovl. De bliver tilmed altid iagttaget i forbindelse med almindelige lynudladninger.

Der findes i dag langtfra nogen accepteret forklaring på dette fænomen, men en af mange teorier der ofte

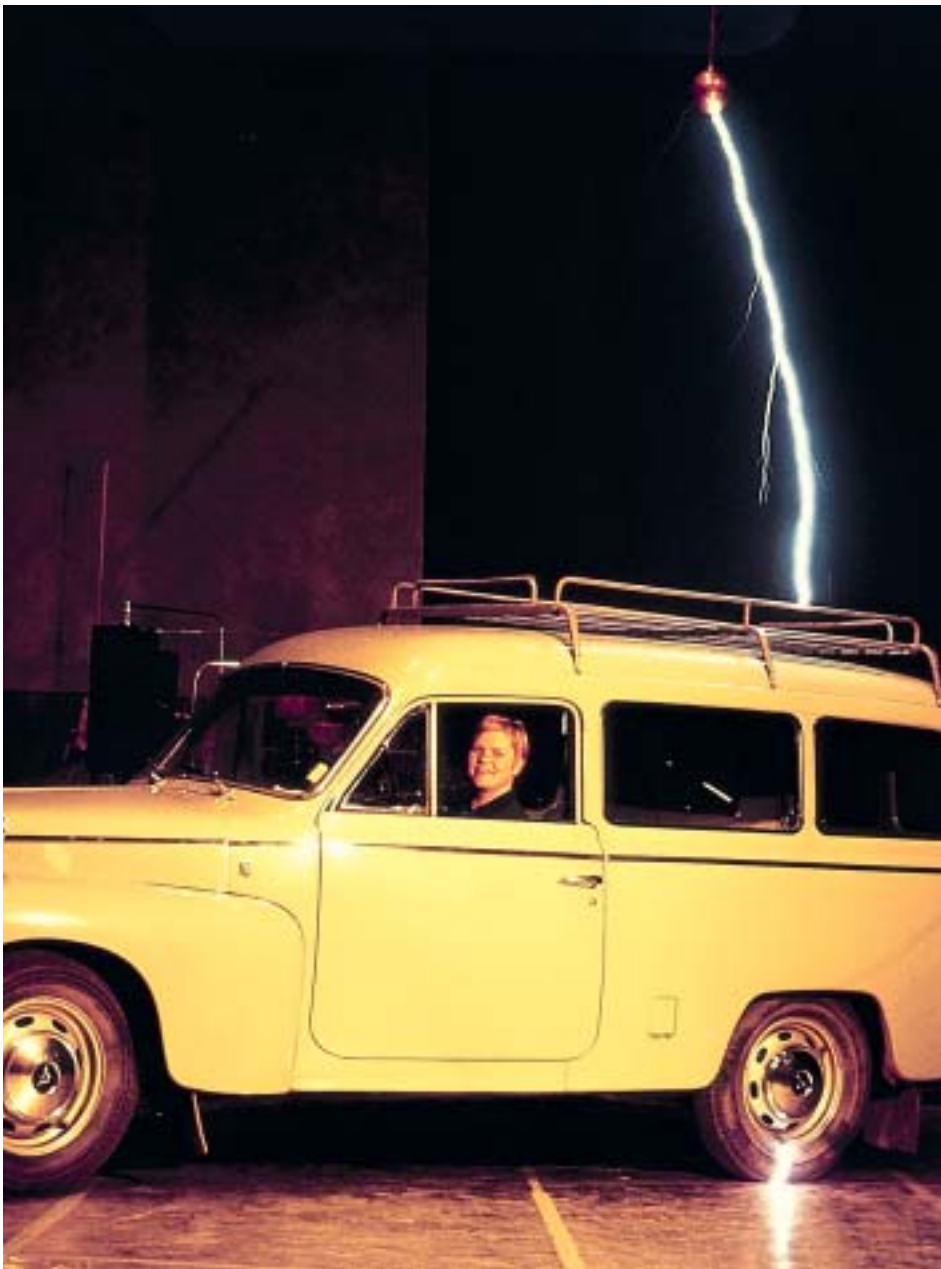


19. Lynnedslag i stort træ. (Scanpix/Corbis)

nævnes er at kuglelyn består af gløden-
de plasma der bliver holdt sammen af
et magnetfelt der dannes i den ladede
luft. Teorien om plasmalyn har dog
den svaghed at varm plasmamasse nor-

malt ikke eksisterer ret meget længere
end et øjeblik, selv om man bygger
store anlæg til at holde på det. Andre
teorier går ud på at kuglelynet er en
slags "aerosol" – en opløsning af fine

partikler i luften. Nogle hævder at det
er siliciumpartikler der bliver "sprøjtet
op" når lynet rammer jorden, mens
andre mener at det er organisk materi-
ale der bliver omdannet af lynet. Disse



20. Ældre fotografi af afladning af statisk elektricitet fra en Van der graff-generator gennem en bil. Det ses tydeligt at afladningen sker gennem venstre baghjul.

“partikler” skulle så under visse omstændigheder “kædes” sammen til luftbårne, lysende, “dunede” bolde der på et tidspunkt vil afgive varme og lys under nedbrydning.

Nogle mener også at de kraftigste af de såkaldte perlelyn, der indimellem som lysende kugler dannes langs

almindelige siksaklyn, kan være forbundet med kuglelyn. Mere sandsynligt er det at de lysende perler skyldes at visse dele af lynkanalen lyser kraftigere i retning af observatøren pga. at lynkanalen er kroget, eller blot at nogle dele af lynkanalen køler langsommere af og derfor lyser længere.

Begrebet kornmod er anderledes let tilgængeligt. Det er fjerne lyn der ikke ses direkte eller for den sags skyld høres, og som foregår når det er mørkt (som et fjernt søslag uden lyd). Fænomenet opleves hyppigst i høstmånedene august, når kornet er modent – deraf navnet. Det at det foregår om natten og næsten kun i august, kan godt virke lidt mystisk, men det er der en naturlig forklaring på. Her i sensommeren er havvandet netop så varmt at tordenbyger dannet om dagen kan “overleve” ude over vandet, selv når Solen er gået ned. Energien til overlevelse kommer fra det varme vand når Solens energi forsvinder.

Sprites og blå jets er forholdsvis nyopdagede fænomener der siden de blev opdaget for 10-15 år siden, har været genstand for stor interesse. Sprites er svage røde udladninger i luften over et tordenvejr. De ses lettest på toppen af et bjerg, fra et fly eller fra rummet, og man mener at de når 90 km op til ionosfæren. Blå jets er hurtige udladninger der med høj hastighed – omkring 300-400.000 km/t – skyder opad fra tordenskyerne.

Der er i fremtiden masser af udfordringer for lynforskere, både inden for de mere eksotiske, lynrelaterede fænomener som kuglelyn, sprites og blå jets, men sandelig også hvad angår de ganske “almindelige” lynudladninger som vi alle kender, men som endnu langt fra er forstået til bunds. En af barriererne er selvfølgelig at det er ret svært at eksperimentere med disse voldsomme og flygtige kræfter. Der går derfor nok lang tid før mennesket på dette punkt har fået fravristet naturen alle dets hemmeligheder. Indtil da må vi stadig undres og fascineres som man altid har gjort.



21. Kuglelyn er blevet observeret i mange hundrede år, men det er næsten umuligt at opdrive et fotografi. Her er et gengivet på en illustration fra det 19. århundrede. Den originale franske titel er "Kuglelyn krydser gennem et køkken og en lade". Informationen om billedet giver ingen detaljer om hvordan den unge dames bluse kom i uorden.

ØJENVIDENSKILDNING
– KUGLELYN

Det var i sidste halvdel af august 2001 i Viby, Jylland. Himlen var lidt rød og overskyet, men det tænkte jeg ikke mere over. Jeg gik over til min bil og lukkede bagklappen op. Uden nogen varsel lød

der et kæmpe brag. Det var lige som om, at himlen åbnede sig. En regn af ildkugler haglede ned fra himlen. De trillede hen af vejens fulde bredde. Jeg blev kastet ind i bagagerummet på min bil, men der skete mig ikke noget.

Jeg kom ind i mit hus igen, og her kunne jeg fornemme en svag lugt af

svovl, men kunne ikke umiddelbart få øje på nogle skader på, indtil jeg kom ud i mit bryggers. Min radio var smeltet ned i den fjernvarmekappe, som sidder omkring fjernvarmeinstallationen, og flere kabler var også nedsmeltet. Antennen, som sidder i tagrenden, var dog uskadt.