

Hjernens elektriske aktivitet måles ved hjælp af såkaldt elektroencefalografi (EEG). Baseret på blandt andet denne type målinger har man knyttet søvnforstyrrelser til demens, depression, sukkersyge og hjerte-kar-sygdom.  
Foto: Shutterstock



# DEN NEUROBIOLOGISKE FUNKTION AF SØVN OG DRØMME



## Om forfatteren

Brian Kjærgaard Hansen er fysiker og professor ved Aarhus Universitets Center for Funktionelt Integrativt Neurovidenskab (CFIN). Her leder han et præklinisk MR-laboratorium med fokus på at udvikle og anvende skanningsmetoder til undersøgelse af hjernen. Hans forskning omhandler målinger af hjernens mikroskopiske strukturer, og hvordan de forandres under sygdom eller som en del af hjernens naturlige funktion (plasticitet). I nuværende projekter arbejder han med skanning af vågne forsøgsdyr som en del af at forstå hvordan hjernens mikrostruktur forandres under søvn og narkose. [www.cfin.au.dk](http://www.cfin.au.dk)  
[brian@cfin.au.dk](mailto:brian@cfin.au.dk)

**Hvorfor har vi brug for søvn, og hvilken funktion – om nogen – har drømme egentlig?  
Artiklen giver et overblik over, hvad forskningen i dag kan fortælle os  
om disse spørgsmål.**

**M**an dør, hvis man ikke sover. Så simpelt er det. Den russiske læge og forsker Marie de Manacéine (formentlig en af Europas første kvindelige læger) lavede i 1894 et studie, hvor hundehvalpe blev frataget muligheden for søvn. De stakkels hvalpe døde efter få dage, og man fandt, at deres hjerner var meget beskadigede af søvnmanglen.

Mennesket er mere robust end hun-

dehvalpe, hvad angår søvnmangel. Men også vi ville dø af ikke at sove, og i dag mener man, at det gælder for langt de fleste dyr. Yderligere gælder det, at arter, der lever længe, har en døgnrytme. Menneskers døgnrytme indebærer, at vi er aktive om dagen og sover om natten og vi sover cirka en tredjedel af vores samlede levetid. Det er velkendt, at nogle mennesker vågner tidligt og går tidligt til ro, mens andres naturlige rytme er at vågne sent og være oppe længe. Denne variation i

“A- og B-mennesker” har formentlig været en fordel for det tidlige menneske, da der dermed var vågne medlemmer af gruppen i en større del af døgnnet, som kunne slå alarm, hvis en fare nærmede sig.

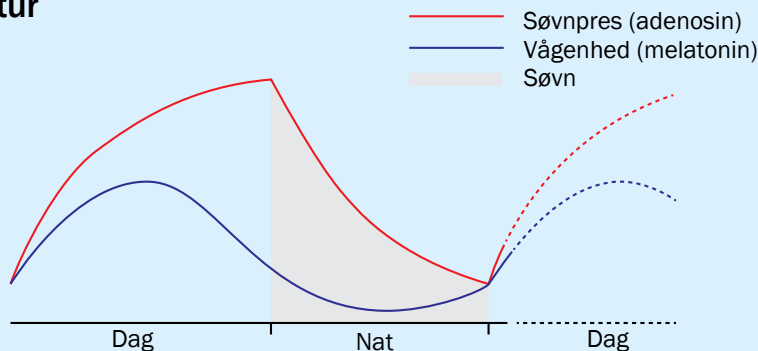
Det har vist sig, at der er mange fællestræk i måden, vi sover på. De fleste voksne har brug for 7-8 timers søvn i døgnnet. I de otte timers søvn veksler vi mellem forskellige søvnfaser. Det ved vi, fordi vi kan måle hjernens elektriske aktivitet

## Døgnrytme og søvnstruktur

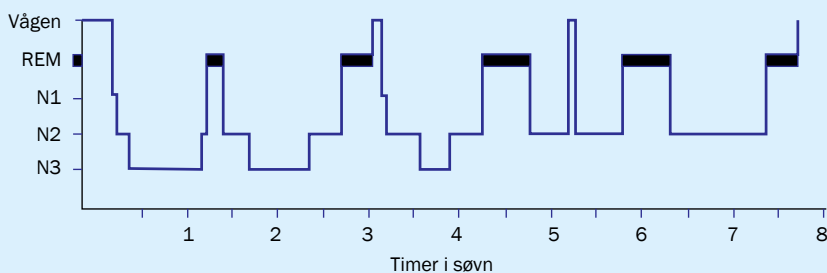
Menneskets døgnrytme kan beskrives ved to kurver, der repræsenterer to processer, som vi kan kalde "søvnpres" og "vågenhed". Søvnpresset beskriver vores oplevelse af søvnighed, og det kommer primært af, at det søvn-inducerende signalstof adenosin ophobes udenfor cellerne i løbet af dagen. Denne kurve begynder lavt om morgenen, vokser gennem dagen og toppe, når vi lægger os til at sove. Koffein, som findes i blandt andet kaffe og te, kan overdøve adenosin, så vi ikke føler os søvnige, men derved opbygges en søvngæld, som skal betales.

Vores vågenhed styres af en proces, der korrelerer med mængden af melatonin i hjernen – når der er meget melatonin, er der lidt vågenhed. Melatonin spiller ikke bare en rolle i reguleringen af søvn, men også af andre processer i døgnrytmen (det man kalder cirkadiske processer).

Selve søvnen opdeles i faser, hvor hjernen har forskellig elektrisk aktivitet, som vist på figuren. Figuren viser også et eksempel på et såkaldt hypnogram, hvor en nats søvn er inddelt i de forskellige søvnfaser. Man kan se, at vi sover mest dyb søvn i begyndelsen af natten, mens vi sidst på natten sover mere REM-søvn. Det er i REM-fasen, vi drømmer. Man bemærker, at søvnen er cyklisk, så man går i dyb søvn,



### Søvnens faser:



#### Første fase: N1

- Indsovning
- Puls og åndedræt falder
  - Musklerne afslappes
  - Varer få minutter

#### Anden fase: N2

- Let søvn
- Puls og åndedræt bliver langsommere
  - Kropstemperaturen falder
  - Ingen øjenbevægelser

#### Tredje fase: N3

- Slow wave sleep
- Dybeste søvnstadiet
  - Kroppen helt afslappet
  - Ingen øjenbevægelser
  - Væv reparerer
  - Immunsystemet opbygges

#### Fjerde fase: REM

- Drømme
- Hurtige øjenbevægelser
- Puls og åndedræt øges
- Lammelse
- Høj hjerneaktivitet



stiger op i lettere søvn og derefter går i dybere søvn igen. En enkelt af disse "ture" kaldes en søvncyklus. Hos spædbørn varer en cyklus 50-

60 minutter, mens den hos voksne er lidt længere. I mus varer en søvncyklus cirka et kvarter, mens den hos elefanter er næsten to timer.

under søvn, og hver søvnfase er defineret ud fra karakteristiske bølgemønstre.

Søvnens faser benævnes N1-3 og REM (som står for *Rapid Eye Movement*). I den allerdybeste søvn (N3) er vi helt bevidstløse, og alle hjernens cirka 86 milliarder nerveceller er i langsom, synkron aktivitet. I REM-fasen er hjernen "vågen" mens resten af kroppen er lammet (bortset fra øjenmusklerne og få andre små muskelgrupper).

At kroppen er lammet i REM-søvn er heldigt, for i REM-fasen drømmer vi, og hvis ikke kroppens store muskler var "slået fra" under drømme, ville vi sikkert ofte falde ud af sengen og slå os.

### Formål og funktion i videnskaben

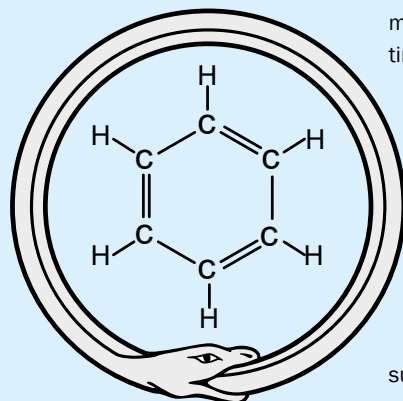
Når man beskæftiger sig med biologiske fænomener, kan det være svært ikke at tale om dem, som var de udviklet til at have et bestemt formål. Det kaldes med et

fagord for teleologi (der kommer af det græske ord telos, der betyder formål). Men en sådan anskuelse, hvor vi søger efter tingenes formål eller mening, er ikke bare videnskabeligt ufrugtbar, den strider faktisk også imod vores forståelse af evolutionen som en proces, der i høj grad er drevet af tilfældigheder (dvs. tilfældige mutationer i arvemassen), som måske / måske ikke gavner organismen. Når vi prøver at forstå biologiske fænomener som søvn og drømme, er det altså mere

## Teorier om drømme gennem tiden

De første ideer om drømme, som vi kender til, forklarer drømme som beskeder eller besættelser fra guder, ånder, engle, dæmoner mv. Først hos Aristoteles (384-322 f.Kr.) i det antikke Grækenland finder man de første bud på en ikke-overnaturlig forklaring på drømme. I hvert fald så langt, at Aristoteles mente, at mennesket selv producerer drømmene, men dog i et verdensbillede præget af en dualistisk opfattelse af mennesket som sammensat af sjæl og legeme.

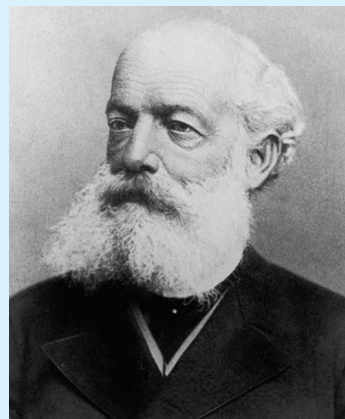
I lang tid herefter tilskrives drømmene en art tidlig underbevidsthed, for eksempel hos Augustin (354-430 e.Kr.), som kalder sine drømme "sjælens oprør" mod det kyske munkeliv, han ønskede at leve.



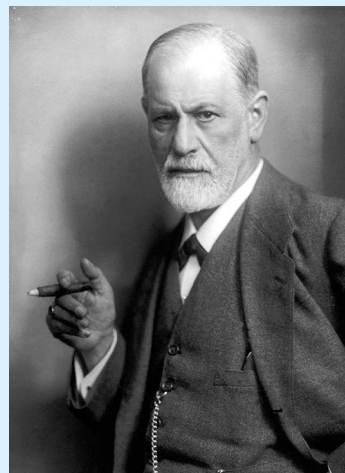
(en ouroboros). Da han vågnede, forstod han, at hans data kunne forklares af et ringformet molekyle.

Med Freud (1856-1939) kom drømmene til at tilhøre psykologien, og mange er nok stødt på en psykoanalytisk tilgang til en teori om drømme.

Vi kender nok alle til, at vores drømme har indhold, som relaterer til ting, som optager os i vores vågne liv, for eksempel løsningen på en regneopgave. Et godt eksempel herpå er myten om den franske kemiker August Kekulé (1829-96), som opdagede det ringformede benzen-molekyle. Han fortalte selv, at han gik frustreret i seng, fordi han ikke kunne få mening i sine forsøgsresultater, hvorefter han i drømme så en slange, som bed sig selv i halen



August Kekulé



Sigmund Freud

videnskabeligt at spørge, hvilke *fordele* de giver en organisme i det evolutionære kapløb – dvs. i forhold til at overleve og reproducere sig.

Når det gælder søvn, virker sagen ret klar. At millioner af års evolution tilsyneladende ikke har frembragt en "søvnløs" dyreart tyder på, at søvn spiller så vigtig en rolle i organismen, at den er meget, meget svær at erstatte. For ellers ville søvnløse arter jo af indlysende grunde have en kæmpe fordel i konkurrencen med arter, der kræver søvn. I dag ved vi da også, at kroppen meget effektivt heles, vokser, husker, styrker sit immunforsvar og meget andet, mens vi sover. Så søvn er simpelthen nødvendig for, at vi kan leve længe.

Anderledes vanskeligt er det at forstå, hvilke fordele organismer opnår

ved at drømme. Vi ved, at REM-søvn er en nødvendig søvnfase, så måske er drømmene blot et tilfældigt biprodukt af REM-søvn og altså ikke noget, der som sådan er blevet selekteret for i naturen. Men man kan så undre sig over, at millioner af års evolution ikke har produceret en drømmeløs version af REM (hvem vil ikke gerne være fri for mareridt?), medmindre drømmene faktisk udgør en fordel.

### Svært at studere drømme

Historisk har man haft mange ideer om drømmenes natur, og selv i dag er vi langt fra en komplet teori om drømme, for selvom alle kender til drømme, er de særdeles vanskelige at studere. Hvor søvnens faser kan måles, er drømmestudier primært baseret på forsøgspersoners beskrivelser af deres drømme. Det viser sig dog, at vi er ret dårlige til

at huske vores drømme. Prøv for eksempel at besvare dette spørgsmål: "Drømmer du i farver?" Er du i tvivl? I så fald er du ikke alene, for studier viser, at svaret på det spørgsmål har varieret gennem tiden. Før fotografiapparater og biografier blev almindelige, svarede flertallet, at de drømte i farver. Da kameraet blev udbredt i samfundet, beskrev flertallet i stedet deres drømme som sort-hvide. I dag svarer flertallet igen, at de drømmer i farver. Så måske er vores erindring om vores drømme farvet af den billedteknologi, vi omgiver os med?

Dette eksempel er interessant, fordi det viser os, hvor dårlige vi er til at huske og beskrive vores drømme. En anden ting, som det er værd at bemærke, er, at studiet tager som udgangspunkt, at vi som hovedregel oplever drømme som visuelle

– altså som film eller billeder. Den aktivitet, der kræves for at danne disse sanseindtryk, koster hjernen energi. Så hvis ikke der var fordel af dette forbrug, var det nok blevet "sparet væk", fordi en drømmeløs organisme ville have mere energi til andre ting. På den baggrund mener man i dag, at drømme ikke er et tilfældigt biprodukt af REM-søvn, men at drømmene er bevaret over generationer, fordi de har en biologisk funktion. Men hvilken?

### "Newtons love" for neurovidenskaben

Inden jeg fortæller mere om de moderne teorier for søvn og drømmes biologiske funktion, vil jeg kridte banen op ved at beskrive den neurobiologiske ramme, som sådanne teorier skal fungere indenfor. Denne ramme udgøres af det, vi kan kalde for "Newtons love for neurovidenskaben":

- Hjernen er et meget bekosteligt organ. Menneskets hjerne udgør blot cirka 2% af vores kropsvægt, men står for cirka 20% af vores energiforbrug – hele tiden!
- Hjernen er meget formbar (plastisk). Hjernens mikrostruktur formes af ydre stimuli, og det er blandt andet på den måde, vi husker. Hukommelsen bygger nemlig på fysiske forbindelser, som opstår, når vi lærer noget, og på den måde er din hjerne ikke helt den samme nu, som da du satte dig til at læse denne artikel. Denne plasticitet er også grundlaget for, at vi kan genoptræne efter en hjerneskada, for hjernen kan i et vist omfang omfordere hjernebark til at varetage nye opgaver efter behov.
- Hjernen forbedrer vores chance for overlevelse markant. Det gør den blandt andet ved at forsøge at forudsige den nære fremtid. Derudover søger hjernen at klassificere de ting, vi møder: spiselig/giftig, farlig/ufarlig osv. For at kunne lagre disse klassifikationer er hjernen naturligvis nødt til at kunne huske (se punkt 2 ovenfor). Hjernen kan derfor beskrives som en prædiktions-

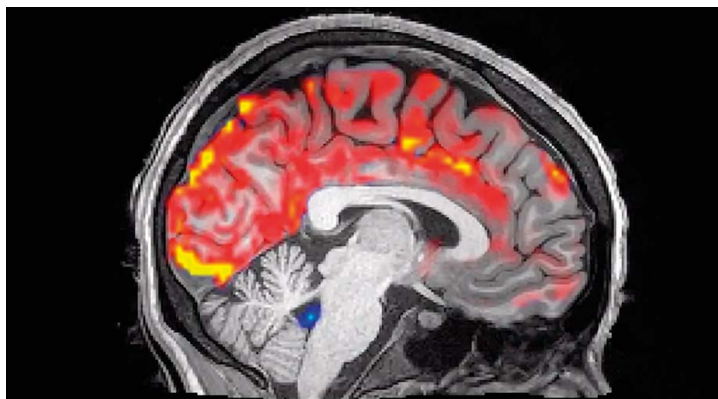


Illustration: Laura Lewis, Boston University

En MR-skanning af en hjerne. De rød-gule farver markerer områder, hvor pulsslaget sender trykbølger gennem hjernen. Dette pulsslag menes at være drivkraften for udvaskning af affaldsstoffer i hjernen.

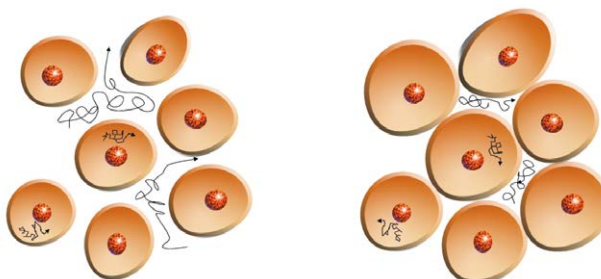


Illustration: Daniel Otykier

En illustration af hvordan hjernens celler skrumper under søvn for at gøre plads til bedre afløb af det "beskidte vaskevand". Der er dog meget, vi endnu ikke forstår om denne mekanisme.

og klassifikationsmaskine. Denne "maskine" bruger meget energi (se punkt 1), men er succesfuld nok til at være prisen værd.

Med disse regler in mente kan vi nu gå videre. Vi begynder med søvn.

### Søvnens biologiske funktion

Hjernen består af flere typer celler (ikke bare nerveceller), som alle er meget aktive og dermed bruger rigtig meget energi. Dette forbrug danner en masse affaldsstoffer. Hvis disse affaldsstoffer får lov at hobe sig op, forurener cellerne sig selv ihjel. Så hjernen har brug for at komme af med sit affald. Det sker ved, at affaldsstofferne skylles ud af kraniet af den væske (kaldet cerebrospinalvæske), som hjernen "svømmer" rundt i. Væsken fungerer blandt andet som et støddæmpningssystem, men har altså også den funktion at bære affaldsstoffer ud til lymfekirtlerne i halsen, hvor de overdrages til det almindelige lymfesystem. Et banebrydende studie fra 2013 viste, at hjernens celler skrumper en smule, når vi sover, og at udvaskningen

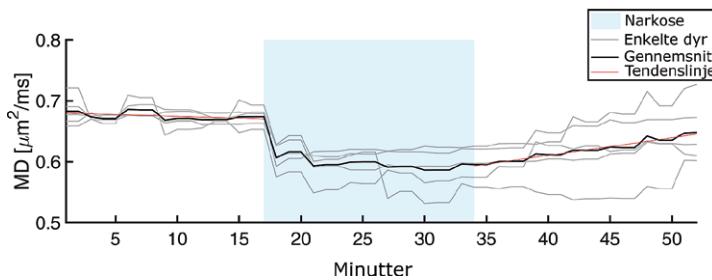
af affaldet derfor foregår mest effektivt, når vi sover.

Det er stadig uvist, om alle hjernens celler skrumper, når vi sover, om de skiftes til at skrumpes, eller om det kun er bestemte celletyper, der gør det. Nogle forskere er skeptiske overfor ideen om at mere affald vaskes ud, når vi sover, end når vi er vågne, men opdagelsen af et decideret system til håndtering af hjernens affaldsstoffer er meget spændende. Ikke mindst fordi et af de affaldsstoffer, hjernen skal af med, er såkaldt beta-amyloid, som ses ophobet i hjernen hos mange med Alzheimers sygdom. Ofte ses det tilmed, at disse patienter har opsøgt lægen 10-20 år, før de blev syge, fordi de har problemer med at sove.

Så måske opstår nogle hjernesygdomme, fordi vi gennem årtier sover for dårligt og dermed ikke får vasket hjernen nok. Det betyder også, at nogle hjernesygdomme måske kan undgås ved hjælp af medicin, som øger udvaskningen af affald fra hjernen i perioder med dårlig søvn.



Normalt skanner man forsøgsdyr under narkose, så de ligger stille under skanningen. I CFINs prækliniske MR-laboratorium får musene en lille holder sat på hovedet hvorefter vi træner dem i en lille MR-simulator (vist på billedet). Efter træning kan vi MR-skane musene mens de er vågne. På den måde kan vi studere hvad der sker i hjernen, når dyret kommer under narkose, og når det vågner op igen.



Kurven viser en række målinger af, hvor mobilt vandet i hjernens væv er i vågen tilstand, under narkose (det blå område), og når dyret vågner op igen. Vi kan se, at vandet bliver mindre mobilt (mere hæmmet i dets bevægelser) under narkose, og at det langsomt vender tilbage til normalt niveau, når dyret vågner. Det tyder på, at den type narkosegas, vi bruger, faktisk får hjernens celler til at svulme en lille smule op. I nuværende forsøg undersøger vi, om andre typer narkose har samme effekt. Note: MD står for "mean diffusivity" og er et mål for vandets diffusionshastighed.

### Drømmenes biologiske funktion

Jeg nævnte tidligere, at hjernen er meget formbar. Det betyder, at områder af hjernebarken kan omfordes til løsning af andre opgaver ved behov (for eksempel ved genoptræning efter et slagtilfælde), eller at nogle opgaver kan tildeles mere hjerneoverflade, hvis vi øver det intenst (for eksempel fingermotorik ved klaverspil). Dette blev meget tydeligt demonstreret i en række forsøg, hvor normalt-seende forsøgspersoner fik bind for øjnene og blev sat til at øve blindskrift. Mens forsøgspersonerne øvede sig, målte man på hjernens aktivitet. I begyndelsen af forsøget var der ingen aktivitet i synsbarken, da bindet for øjnene jo forhindrede synsindtryk. Efter cirka 45 minutter skete der dog noget: Fingerspidsernes berøring af blindskriften begyndte at aktivere synsbarken. Forklaringen er, at den nye opgave (blindskrift) var så krævende, at den ubrugte

synsbark blev inddraget til at støtte processen. Dette er smart, for så tildeles der ressourcer, hvor der er behov. Men det er dog meget kortsigtet, for forsøgspersonerne skal jo stadig kunne se efter forsøget.

Så hjernen er plastisk og "smidig", men forholder sig kun til "nu og her" i sin omfordeling. Dette eksperiment har senere inspireret et forskerhold i USA til at foreslå, at drømme har til formål at beskytte vores synssans, mens vi sover, ved at sørge for periodisk aktivering af den inaktive synsbark. På den måde er synssansen bevaret næste morgen, og vi slipper for at skulle træne synet op på ny hver dag. Det er en spændende teori, som forskerne kalder for "defensiv aktivering". Teorien passer på mange måder med vores regler for hjernen ovenfor og forklarer også, hvorfor vores drømme primært er visuelle. Teorien er dog vanskelig at underkaste afprøvning i forsøg, men visse læsionsstudier støtter den.

Andre teorier om drømmes funktion er også blevet fremsat i de seneste år. Disse er meget inspireret af landvindinger indenfor kunstig intelligens (artificial intelligence, AI), hvor algoritmernes evne til at løse opgaver kan give ideer til, hvordan vores egen hjerne løser tilsvarende problemer. Teorier fra denne gren af forskningsverdenen beskriver drømmenes funktion som et simulationskammer, hvor vi trygt kan træne farlige og uventede situationer. Andre AI-inspirerede teorier foreslår, at drømme styrker hjernens evne til at klassificere ting ved at udfordre klassifikationen med underligt drømmeindhold (en form for støj eller det man kalder noise-injection).

Uanset, om fremtidig forskning be- eller afkræfter de her beskrevne teorier om søvn og drømmes biologiske funktion, vil sandheden nok vise sig at være mere kompliceret. Jeg forestiller mig nok nærmere, at søvn og drømme hver især udgør en lille schweizerkniv, hvor mange funktioner optræder side om side.

### Søvnforskning og sygdom

Studier af biologien bag søvn er selvfølgelig ikke kun drevet af ønsket om grundlæggende erkendelser, men også af de mulige anvendelser – først og fremmest i form af ideer til nye behandlinger af sygdomme, hvor søvnproblemer kan spille en rolle. Det kan som nævnt være sygdomme som Alzheimers og Parkinsons, men også hjerte-kar-sygdomme og psykiatriske lidelser. Dårlig søvnkvalitet øger risikoen for sygdom, og øget drømmeaktivitet (især mareridt) kan være et symptom på psykologiske eller psykiatriske lidelser eller tidlig Parkinsons. Så måske kan en bedre forståelse af drømme og søvn i REM-fasen også forbedre vores evne til at fange tidlige sygdomstegn.

Jo mere vi forstår om søvn og drømmes biologiske funktion, og hvordan det spiller sammen med udvikling af sygdom, des bedre er vi rustet til at kunne forebygge og behandle disse sygdomme. ■

Videre læsning:  
Generelt om søvn:  
Matthew Walker:  
Derfor sover vi.  
Gyldendal (2019).

Om udvaskning af affald under søvn:  
Maiken Nedergaard:  
Garbage Truck of the Brain. Science. 2013 Jun 28; 340(6140): 1529–1530.

Modsagt i dette studie:  
"Brain clearance is reduced during sleep and anesthesia" af Andawei Miao og kolleger i Nat Neurosci (2024). doi.org/10.1038/s41593-024-01638-y

Om "defensiv aktivering":  
DM Eagleman og DA Vaughn: The Defensive Activation Theory: REM Sleep as a Mechanism to Prevent Takeover of the Visual Cortex. Front. Neurosci., Sec. Systems Biology Archive. doi.org/10.3389/fnins.2021.632853

Rasmus Knopper og Brian Hansen: Locus coeruleus and the defensive activation theory of rapid eye movement sleep: A mechanistic perspective. Front. Neurosci., 23 February 2023 Sec. Sleep and Circadian Rhythms. doi.org/10.3389/fnins.2023.1094812

B Hansen, SN Jespersen: Vandets tumlen giver viden om hjernen. Aktual Naturvidenskab 2007, nr. 1, 10-13.