

Undersøgelse af tab i vandforsyningernes ledningsnet

Søren Feilberg Rasmussen (PH-Consult), Ole Fritz Adeler
(Krüger A/S) og Jens Jørgen Linde (PH-Consult)

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indholdsfortegnelse

FORORD	5
SAMMENFATNING	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 INDLEDNING	15
1.1 PROBLEMSTILLING	15
1.2 PROBLEMAFGRÆNSNING	17
1.3 FREMGANGSMÅDE	17
1.3.1 Usikkerhed på data	19
2 VANDFORSYNINGSNETTET	20
2.1 VANDFORSYNINGSNETTETS FUNKTION OG OPBYGNING	20
2.1.1 To typer af vandforsyningsnet	21
2.2 OFFENTLIG- OG PRIVAT DEL AF VANDFORSYNINGSNETTET	22
2.3 VANDBALANCE OG DEFINITIONER I ET VANDFORSYNINGSNET	24
2.3.1 Definitioner af vandtab	25
2.4 REGLER OM INDBERETNING OG BEHANDLING AF DATA FRA VANDFORSYNINGEN	25
3 BELASTNING AF VANDRESSOURCEN	26
3.1 FALDENDE VANDFORBRUG	26
3.2 VANDPRISENS SAMMENSÆTNING OG UDVIKLING	28
3.2.1 Den grønne afgift	29
4 LÆKAGESPORING	31
4.1 HVORFOR OG HVORNÅR – LÆKAGESPORING	31
4.2 FORDELE VED SYSTEMATISK LÆKAGESØGNING	33
4.3 METODER	34
4.3.1 Akustisk	34
4.3.2 Akustisk med korrelation	35
4.3.3 Termografi (Temperaturmåling med infrarøde sensorer)	36
4.3.4 Kemisk (Sporgasanalyse)	36
4.3.5 Mekanisk	36
4.4 VANSKELIGHEDER VED LÆKAGESPORING	37
4.4.1 Interferens	37
4.4.2 Adgang til brandhaner, ventiler mv.	37
4.4.3 Placering af rør	37
4.4.4 Plastrør	37
4.4.5 Forede rør	37
4.4.6 Flere lækager	38
4.5 ERFARINGER FRA LÆKAGESPORINGSFIRMAER	38
4.5.1 Erfaringer fra Ankers Lækagesøgning ApS	39
4.6 AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER TIL LÆKAGESPORING	41
5 DATAMATERIALE OM LÆKAGER	42
5.1 LÆKAGETAB	42
5.2 LÆKAGEKATEGORIER	43

5.2.1	Typer	43
5.2.2	Placering	44
5.3	ÅRSAGER	46
5.3.1	Fysisk aktivitet (entreprenørarbejde)	47
5.3.2	Trafikbelastning	47
5.3.3	Jordbundsforhold	47
5.3.4	Samlingsmetoder	48
5.3.5	Kvalitet af udført arbejde	48
5.3.6	Fysiske/kemiske forhold (Korrosion)	48
5.3.7	Trykforhold	49
5.3.8	Trykstød	49
5.3.9	Temperatur/udtørring af jorden (meteorologiske forhold)	50
5.3.10	Rørmaterialet	50
5.4	ERFARINGER FRA VANDFORSYNINGER	53
5.4.1	Erfaringer fra Københavns vandforsyning (Københavns Energi)	53
5.4.2	Erfaringer fra Århus Kommunale Værker - VAND	57
5.4.3	Erfaringer fra Odense Kommune (Odense Vandselskab)	61
6	KVANTIFICERING AF VANDTAB	65
6.1	VANDTAB PÅ LANDSPLAN	65
6.1.1	Faktorer, der påvirker lækagetabets størrelse	68
6.1.2	Private kontra offentlige vandforsyninger	70
6.1.3	Afsluttende bemærkninger – vandtab på landsplan	71
6.2	VANDTAB PÅ AMTSNIVEAU	71
6.2.1	Afsluttende bemærkninger – vandtab på amtsniveau	74
6.3	VANDTAB PÅ KOMMUNENIVEAU	75
6.3.1	Top 20 liste	75
6.3.2	Vandtab på Sjælland	76
6.3.3	Vandtab på Fyn	80
6.3.4	Vandtab i Jylland	80
6.3.5	Vandtab i København	83
6.3.6	Vandtab ved Århus Kommunale Værker - VAND	84
6.3.7	Vandtab i Odense	86
6.3.8	Afsluttende bemærkninger – vandtab i kommunerne	87
6.4	DELKONKLUSION – KVANTIFICERING AF VANDTAB	87
7	TAB I OFFENTLIG KONTRA PRIVAT DEL AF LEDNINGSNET	89
7.1	DEFINITION AF TAB PÅ PRIVAT SIDE AF SKELLET	89
7.2	JORDLEDNINGERNES TILSTAND	90
7.3	ERFARINGER FRA SØLLERØD KOMMUNE	91
7.4	ERFARINGER FRA HVIDOVRE KOMMUNE	91
7.5	ERFARINGER FRA RØDOVRE KOMMUNE	92
7.6	ERFARINGER FRA ANKERS LÆKAGESPORING	92
7.7	KVANTIFICERING AF TAB PÅ OFFENTLIG KONTRA PRIVAT DEL	92
8	KONKLUSION	95
9	LITTERATURLISTE	97

Forord

Nærværende projekt "Undersøgelse af tab i vandforsyningernes ledningsnet" er udarbejdet for Miljøstyrelsen. Formålet med projektet er dels at kvantificere den mængde vand, der går tabt i vandforsyningsnettet, dels at kvantificere forholdet mellem tabet af vand i det offentlige net og tabet af vand i det private net.

Målgruppen er vandforsyningerne generelt, kommuner, amter og de rådgivere som arbejder inden for området.

I forbindelse med projektet er en række kommuner, virksomheder, foreninger og organisationer kontaktet. Disse instanser har stillet data, oplysninger og erfaringer til rådighed for projektet. Desuden har den løbende dialog med disse været særdeles givende for projektet. Der rettes derfor en stor tak til alle der har ydet bidrag.

Undervejs i projektet er det blevet klart, at der stort set ikke eksisterer data for fordelingen af tab mellem offentlig og privat del af vandforsyningsnettet, hvorfor en kvantificering ikke kan foretages på et tilstrækkeligt grundlag.

Projektet er afsluttet i juni 2004. Det er udført af:

- Søren Feilberg Rasmussen
- Ole Fritz Adeler
- Jens Jørgen Linde

Projektet har været fulgt af en følgegruppe med følgende medlemmer:

- Thorlei Thomsen, DANVA
- Martin Skriver, Miljøstyrelsen
- Jens Jørgen Linde, PH-Consult
- Ole Fritz Adeler, Krüger A/S

Sammenfatning

Projektets formål

I Danmark stammer mere end 98% af drikkevandet fra grundvandet. Grundvandsressourcens størrelse og kvalitet er derfor et tilbagevendende tema. GEUS' nye opgørelse fra 2003 om grundvandsressourcens størrelse vurderer at der kun er 1 mia. m³ til rådighed pr. år, hvor størrelsen tidligere har været beregnet til 1,8 mia. m³.

Den væsentligste årsag til at ressourcen beregningsmæssigt er næsten halveret i forhold til den seneste opgørelse for 11 år siden, er at den nye opgørelse regner detaljeret på hele ferskvandskredsløbet. Påvirkninger af vandløb og natur begrænser de mængder, vi kan indvinde fra grundvandet, hvis der tages udgangspunkt i de eksisterende miljømålsætninger for vandløbene. Beregningerne fra GEUS har således også vist at der i forhold til de eksisterende miljømålsætninger sker for stor oppumpning omkring de større byer såsom København, Odense og Århus.

Ovenstående ligger til grund for at der er sat yderligere fokus på grundvandsressourcen. Tidligere har vandsparekampagner, øgede vandpriser og afgifter bragt vandforbruget ned, og det er stadig faldende. Nedbringelse af tabet af drikkevand fra vandforsyningernes ledningsnet er et element i denne sammenhæng. Dette projekts overordnede formål er at undersøge hvor meget der er at hente vandbesparelsmæssigt fra vandværket til forbrugeren.

Formålet med projektet er:

- At kvantificere den mængde vand, der går tabt i vandforsyningsnettet
- At kvantificere forholdet mellem tabet af vand i det offentlige net og tabet af vand i det private net.

Projektets fokus er rettet mod tabet i vandforsyningsnettet og ikke på de mulige besparelser. Vandforsyningsnettet opdeles i en offentlig og en privat del. Den private del af vandforsyningsnettet er defineret som beliggende indenfor matrikelskellet. Den offentlige del udgør resten.

Projektets konklusioner:

Gennem de senere år er vandforbruget i Danmark faldet betydeligt, men alligevel foregår der i visse dele af Danmark, især omkring de større byer, en betydelig overudnyttelse af grundvandsressourcen. Dette giver en række miljømæssige og forsyningsikkerhedsmæssige problemer. Samtidig ved man at der nogle steder optræder et ikke ubetydeligt vandtab fra ledningsnettet gennem utætheder, brud mv.

I projektet er vandtabets betydning for ressourceudnyttelsen belyst. Det er herunder opgjort og vurderet hvor stort vandtabet er og hvilke muligheder der er for at reducere tabet. Desuden er vurderet hvor stor del af tabet der finder sted fra det offentlige net (udenfor skel) og hvor stor del fra den private del (indenfor skel). Herudfra kan vurderes hvordan forebyggelsen af vandtab bedst gribes an.

Ud fra de i projektet indsamlede og bearbejdede oplysninger er draget følgende konklusioner:

- Det reelle vandtab udgør ca. 75% af det totale tab.

Undervejs fra vandværk til forbruger går en del af den udpumpede vandmængde tabt. Det reelle tab udgør gennemsnitlig ca. 75% af det totale vandtab. Det stammer fra utætheder og brud i ledningsnettet, hvorfor fokus på begrænsning af utætheder og brud i ledninger er vigtig. Det resterende tab, er ikke et egentligt tab, idet det dækker vandforbrug til brandhaner, skylning af vand- og kloakledninger, umålt forbrug til entreprenører, fejl på vandmålere og aftapning af hensyn til frostskafer.

- Vandforbruget og tabet har været faldende gennem en lang årrække. Vandforbruget på landsbasis er faldet år for år siden 1986. Tabet udtrykt i procent af den udpumpede vandmængde er også faldet gennem de seneste år, men ikke så jævnt som vandforbruget, til et niveau i 2002 omkring 6% (25 mio. m³). En medvirkende årsag til det væsentlige fald er at der i 1994 blev indført en afgift på vand, og i 1999 indført krav om vandmåler i alle ejendomme.

- Grænsen er nået for minimum tab mange steder. Flere kommuner angiver at grænsen er nået for minimum tab i deres vandforsyningsnet, selv med en fortsat systematisk udskiftningsprocedure. Nogle vandforsyninger har tab ned til 0,3 % og det kan næppe mindskes. Et tab på 3-4% skønnes at være et realistisk og hensigtsmæssigt mål for de fleste vandforsyninger.

- Nogle vandværker har store tab. Der er vandforsyninger der til stadighed kæmper med tab på omkring 30%.

- Tabet er ikke afhængigt af vandforsyningens størrelse. Det betyder kun lidt for tabets størrelse om vandforsyningen er privat- eller offentligt ejet.

- Der er ikke geografiske forskelle. Der er ikke fundet signifikante geografiske forskelle i vandtab på amtsbasis.

- Ledningsalderen er væsentlig. Ledningsalderen har stor betydning, idet der er en tydelig sammenhæng mellem stigende ledningsalder og specifikt vandtab.

- Minimering af tabet kan optimeres. Registrering af lækager mht. placering, årsager, vurderet tab mv. i en database er et nyttigt redskab til minimering af tabet. Det er især de store byer der har databaser. Vandforsyninger med højt tab kan drage nytte af erfaringerne fra de vandforsyninger der har lækagedatabaser. Lækageovervågning f.eks. ved registrering af natteforbruget eller målinger forskellige steder i ledningsnettet er vigtig når tabet skal nedbringes. De pludselige ledningsbrud opdaes som regel hurtigt. Det er de mange mindre lækager, især utætte samlinger og korrosionsskader, der giver størstedelen af det årlige vandtab.

- Overudnyttelsen af vandressourcen ændres kun lidt ved reduktion af tab. Da vandtabet generelt er begrænset kan besparelser på vandindvindingen omkring de store byer ved reduktion af vandtab i vandforsyningsnettet ikke hjæl-

pe meget på overudnyttelsen af vandressourcen. Tiltag der reducerer tabet i vandforsyningsnettet bør derfor sammenlignes med andre løsninger i forhold til en mere bæredygtig udnyttelse af grundvandsressourcen.

- Usikkerheden på kvantificering af tab.

Usikkerheden på kvantificeringen af tabet er stor idet indberetningen er baseret på en frivillig ordning og uden kontrol. Vandforsyningerne kan gå ind og ud af statistikken fra år til år. Tallene der ligger til grund for tabet på landsbasis stammer fra 50% af den udpumpede vandmængde. Tabet ville sandsynligvis være højere hvis der var indberetningspligt og kontrol med alle vandforsyninger.

- Tabet på offentlig kontra privat del er vanskelig at kvantificere.

Det er ikke muligt præcist at kvantificere vandtab i offentlig kontra privat ledning. Grænsen mellem offentlig og privat del går et sted på ledningen, hvor der normalt ikke er placeret en måler. Ofte bliver tabet på privat grund medregnet i tabet på den offentlige del idet måleren er placeret i ejendommen.

- Stik-/jordledninger er i dårlig stand.

Generelt er erfaringen at forbrugers jordledninger er i dårligere stand end de offentlige idet kommunens eller vandforsyningens ansvar stopper ved matrikelgrænsen. Til gengæld ligger den private del af ledningen i roligere omgivelser der kan forlænge ledningens levetid væsentligt i forhold til den offentlige del der kan være udsat for trafikbelastning. Antallet af lækager på hhv. privat og offentligt del af stik-/jordledningen kan give en indikation af hvor tabet er størst. Et lækagesporingsfirma angiver fordelingen mellem lækager på det offentlige hhv. det private ledningsnet til 61% og 39%. Tilsvarende viser tal fra Rødovre Kommune en fordeling på hhv. 76% og 24%, dvs. igen med flest lækager i det offentlige net.

- Tabet på den offentlige del er størst.

Også udtrykt som absolutte vandmængder er tabet på den offentlige del af ledningssystemet langt større end på den private del. Tal fra Århus viser at 75% af det vurderede vandtab ligger på de offentlige forsyningsledninger, mens kun 10% er på stik-/jordledninger, der enten kan være offentlige eller private.

Anbefalinger:

I forhold til at nedbringe tabet i vandforsyningsnettet leder projektet frem til følgende anbefalinger:

- Det anbefales, at der indføres indberetningspligt og kontrol med den udpumpede vandmængde fra vandforsyningerne som det er tilfældet i dag for den indvundne vandmængde.
- Det bør overvejes at udføre yderligere undersøgelser. Heraf redegørelse for det umålte forbrug, dvs. en detaljeret vandbalance for det vand der forlader vandværket. Den seneste større opgørelse er 25 år gammel. Det anbefales også at tabet på den private del af ledningsnettet undersøges nærmere.
- Tabet i vandforsyningernes ledningsnet er normalt begrænset. Derfor anbefales det, at den mulige reduktion i overudnyttelsen af grundvandsressourcen som resultat af en minimering af tabet sammenlignes

med andre løsninger set i forhold til en mere bæredygtig udnyttelse af grundvandsressourcen.

Summary and conclusions

Purpose:

In Denmark more than 98% of the drinking water originates from groundwater. The amount and quality of the groundwater resource is therefore a recurrent topic. A 2003 study from GEUS (Geological Survey of Denmark and Greenland) estimates the available amount of groundwater at only 1.0 billion m³ per year.

A survey carried out 11 years ago calculated this quantity at 1.8 billion m³. The difference between the two figures is mainly explained by the fact that the new assessment includes details of the freshwater cycle.

Effects on streams and nature limit the amount that can be extracted from the groundwater when the existing environmental objectives for streams are considered. The calculation from GEUS also shows that, with respect to the existing environmental goals, too much water is being pumped to larger cities like Copenhagen, Odense and Århus.

These facts explain why there is increasing focus on groundwater resources. Water consumption has previously decreased because of water-saving campaigns and increases in water prices and taxes and consumption is still decreasing. Minimizing the loss of water from the water supply networks is an element in this context. The main objective of this study has been to investigate how much water could possibly be saved between the waterworks and places of consumption.

The project objectives are:

- To quantify the amount of water lost in the water distribution system.
- To quantify the relationship between the loss of water in the public water supply system and the loss of water in the consumer-owned part of the system.

The focus is on the loss of water in the supply system and not on the possible savings that could be made. The water supply system is divided into public and private sections. The definition of the private section is that it is the water supply system within the boundary of a plot registered with the Land Registry. The rest of the water supply system is publicly owned.

Conclusions:

In recent years, water consumption in Denmark has decreased considerably. However, in some parts of Denmark, especially around the larger cities, the resource is considerably overused. This leads to environmental and supply-safety issues. At the same time, in some areas large water loss occurs because of water leakage and cracks etc. in the water distribution network.

This project investigates the impact of water loss for the utilization of groundwater as a resource. Firstly, the quantitative value of the water loss is assessed and the possibilities for reducing it are reviewed. Secondly, the loss of water in the private section of the water distribution network and in the public

section is estimated. Finally, consideration is given to methods of preventing the loss of water.

The following conclusions have been made based on the data collected and analysed:

- The true water loss is about 75% of the total registered loss of water. From the waterworks to the consumer a part of the distributed water is lost. This loss is on average about 75% of the total loss. This loss comes from leakage and cracks in the water distribution network. Therefore focus on limiting leaks and cracks is important. The remaining registered loss is not actually a **loss**, but it results from activities such as water consumption through fire hydrants, flushing of water mains and sewers, unmeasured consumption at construction sites, water-measurement device inaccuracy and emptying of pipes in order to prevent frost damage.

- Water consumption and loss have decreased for many years. The water consumption in Denmark has decreased year by year since 1986. Water loss has also decreased, but not as consistently as water consumption. Losses had decreased to about 6% of water distributed (25 million m³) in 2002. A tax on water was introduced in 1994 and, in 1999, the regulations made water meters compulsory in every property.

- The minimum possible loss has been reached in many places. Many municipalities claim that the limit for minimum loss has been reached in their water distribution network, even without continued systematic renovation. Some water supplies have losses as low as 0.3%, and further reduction is not possible. A loss of about 3-4% is seen as a realistic and a good target for most water supplies.

- Some waterworks have large losses. Some waterworks experience a permanent loss of about 30%.

- The loss is not dependent upon the size of the water supply. It has little importance if the water supply is private or publicly owned.

- There is no geographic difference. No significant geographical variation in water loss within the counties has been found.

- The age of the pipes is important. The age of the pipe has a considerable influence. There is a clear relationship between increasing pipe age and specific water loss.

- Minimizing water loss can be optimized. Registration of leakages in terms of location, causes, estimated loss etc. in a database is a helpful tool to minimize losses. Larger cities maintain such a database. Water supplies with high losses can use the experience from water supplies with a database of leakages. Surveillance of leakages e.g. by registering consumption at night or by monitoring the network at different places is important when the losses are to be reduced. Sudden bursts in the system are normally traced quickly. Most of the water loss comes from the large number of small leakages, especially leaks in connections and leakage due to corroded pipe material.

- The overuse of the water resource changes only little by reduction of water loss.

Because water loss is generally limited, reducing water loss in the water distribution network does not really help prevent overusing the groundwater resource. Actions that reduce the loss in the water supply network should therefore be compared with other methods to reduce groundwater extraction.

- The uncertainty in quantifying loss of water.

The uncertainty in quantifying water loss is high because reporting is based on a volunteer arrangement and it is uncoordinated. The waterworks can provide statistics one year but not the next year. The data that lie behind the official loss in Denmark are calculated from 50% of the publicly supplied water. The loss would probably be higher if all water suppliers had to report and if an external control existed.

- The loss in public compared to private sections is difficult to quantify.

It is not possible to distinguish quantitatively between water losses in public and private service connections. The boundary between public and private sections is in a place where no water meters are installed. Often the loss in the private section is included in the public loss because the water meter is situated at the buildings well within the private section.

- The service connections are in poor condition.

The general experience is that the service connections from mains to properties in private areas are in a poorer state than the public network because the responsibility of the municipality stops at the Land Registry boundary. However, the private section is in a less disturbed soil environment and this can increase its lifetime considerably compared to public sections situated in an environment submitted to traffic loads etc. The number of leaks in private and public sections of the service connection can be used to estimate where major loss occurs. An investigation from a leakage surveillance company suggests that of the total number of leaks, 61% come from the public section and the remaining 39% from the private section. Corresponding data from Rødovre municipality shows a distribution of 76% and 24%, respectively, i.e. again more leaks in public networks.

- More water is lost from the public section.

The loss in the public section of the distribution network is higher than the private section, also when expressed as absolute water amounts. Data from Århus shows that 75% of the estimated loss is from public distribution mains, while only 10% of the loss is from service connections that are either public or private.

Recommendations:

In order to decrease the loss of water within distribution networks, the project points to the following recommendations:

- It is recommended that water supplies report outgoing water amounts from the waterworks in the same way as they do for indrawn water. The reporting should be exposed to external verification.
- Further investigations should be considered. This should include an evaluation of unmonitored water use, i.e. a detailed water balance for the water distributed from the waterworks. The most recent extensive

survey is 25 years old. It is also recommended that the loss from the private section is investigated more thoroughly.

- Because the losses are most often relatively small, it is recommended that the possible reduction in the use of the groundwater resources as a result of initiatives to decrease losses should be compared with other approaches to reduce the groundwater extraction.

1 Indledning

Denne rapport omhandler dels en kvantificering af det totale vandtab i vandforsyningsnettet og dels en kvantificering af vandtabet i henholdsvis offentlig og privat ledningsnet. Der foretages en vurdering af datagrundlaget til kvantificering af vandtabet og de indgående usikkerheder.

Rapporten skal ses som et bidrag til vurdering af muligheden for bevarelse af grundvandsressourcen og en bæredygtig udnyttelse af denne.

1.1 Problemstilling

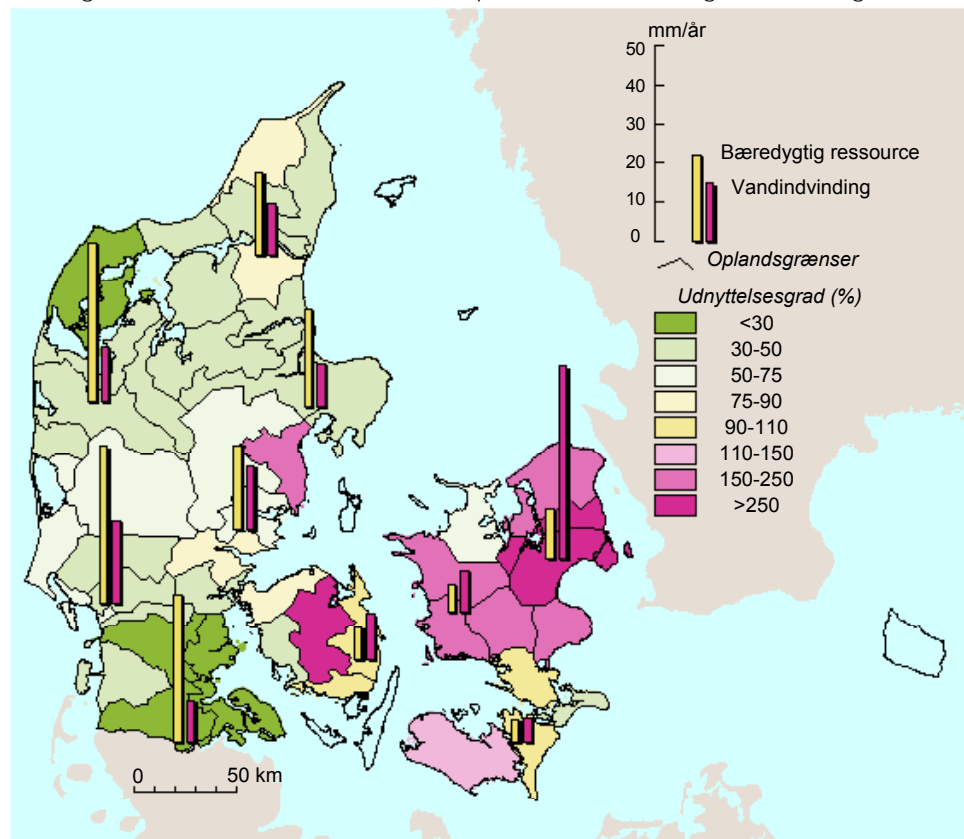
I den seneste årrække er der opstået stigende bekymring for grundvandsressurens kvalitet og kvantitet. Kvalitetsmæssigt bl.a. på grund af forurening med pesticider og nitrat fra landbruget, og kvantitativt på grund af lukning af kildepladser forårsaget af forurening. Dette har bevirket, at der er opstået en stor folkelig og politisk interesse for at spare på grundvandsressourcen dels via vandbesparende foranstaltninger og dels via udnyttelse af alternative vandressourcer herunder blandt andet regnvand og sekundavand.

En tidligere opgørelse (Vandrådet, 1992) af grundvandsressourcen skønnede, at der var ca. 1,8 mia. m³ til rådighed per år. Da 98% af det danske vandforbrug er baseret på grundvand, blev det samtidig vurderet, at der blev indvundet næsten 1 mia. m³ per år.

GEUS' nye opgørelse fra 2003 (Henriksen og Sonnenborg, 2003) om grundvandsressurens størrelse vurderer nu, at grundvandsressourcen kun er ca. halv så stor, nemlig ca. 1 mia. m³ per år. Den primære forklaring på denne beregningsmæssige reduktion af grundvandsressourcen er, at den nye opgørelse regner detaljeret på hele ferskvandskredsløbet. De nuværende miljømål for vandløb, mht. f.eks. hvor meget vand der skal løbe i dem for at de kunne fungere som opdrætsvand for laksefisk, medfører en væsentlig begrænsning for de vandmængder, der kan indvindes fra grundvandet. Herudover kommer problemer med vandkvaliteten i en del af grundvandsressourcen som i en årrække må afskrives. De nye beregninger foretaget af GEUS er altså baseret på andre forudsætninger end den tidligere beregnede grundvandsressource af Vandrådet.

GEUS lægger vægt på, at de største problemer forekommer i nærheden af de større byer som København, Århus og Odense. Her sker der en voldsom overudnyttelse af grundvandsressourcen, værst i København med en overudnyttelse på mere end en faktor 3, jf. figur 1.1.

Figur 1.1: Udnyttelsesgrader i 2002 for 48 underområder (faktisk oppumpning i % af vurderet bæredygtig ressource. Søjler viser udnyttelig ressource og faktisk vandindvinding i år 2002 akkumuleret for 10 del oplande/Henriksen og Sonnenborg, 2003/



Betragtes udviklingen i vandforbruget har dette indtil 1970 været stigende, men på grund af sparekampagner, øgede vandpriser, bedre teknologier og afgifter har tendensen været, at vandforbruget er faldet voldsomt gennem 1980'erne og 1990'erne. I starten af 2000'erne har vandforbruget været stagnerende.

Den nye udmelding fra GEUS har dog bevirket, at der sættes yderligere fokus på en bæredygtig udnyttelse af grundvandsressourcen. I den forbindelse har miljøministeren udmeldt, at vandforbruget skal yderligere reduceres dels via yderligere vandbesparelser i husholdningerne, og dels ved at nedbringe tabet af drikkevand fra vandforsyningsnettet. Fokus skal specielt rettes mod de områder, hvor der allerede i dag sker en overudnyttelse af den lokale grundvandsressource, altså i nærheden af større danske byer.

De kommuner som har et tab af vand i ledningsnettet, som overstiger 10% af den udpumpede vandmængde, skal betale afgift af dette overskydende tab. Dette giver vandværkerne et incitament til at reducere spildet i ledningsnettet til under 10%, idet den ekstra afgift ellers må lægges på vandprisen.

Projektets fokus er rettet mod **tabet i vandforsyningsnettet** og ikke på de mulige besparelser.

1.2 Problemafgrænsning

Betragtes fordelingen af den totale indvundne vandmængde i Danmark (for 2002) på forbrugskategorier udgør offentlige almene vandværker 37% og private almene vandværker 21%. Tilsammen står de almene vandværker (benævnt ledningsført vand) for 58% af de totale indvundne vandmængder.

Derudover går 23% af det indvundne vand til markvanding, gartneri og sportsanlæg mv., 5% til dambrug, 8% til erhverv og industri, 2% til små ikke almene anlæg, 1% til institutioner med egen indvinding, 0,4% til grundvands-senkning, 2% til afværgeboringer og 1% til anden indvinding. Det vil sige 42% af den totale indvundne vandmængde hører ikke under kategorien ledningsført vand.

I denne rapport behandles vandtabet i vandforsyningsystemerne og dermed kun ledningsført vand. Tab af vand i forbindelse med ikke-ledningsført vand, f.eks. oppumpning af vand til markvanding, gartneri og sportsanlæg mv., vil ikke blive behandlet yderligere. Det anbefales dog, at en sådan undersøgelse i værksættes, hvor forbrugskategorier som markvanding, gartneri, dambrug mv. undersøges, og vandforbruget optimeres set i forhold til grundvandsressourcen og brug af alternative vandressourcer.

I overvejelserne omkring hvor den største vandbesparelse kan opnås er det væsentligt at inddrage miljømæssige-, sundhedsmæssige- og økonomiske konsekvenser. Det ligger ikke indenfor dette projekts rammer at foretage en overordnet vurdering af, hvilke løsninger der ud fra et samfundsmæssigt synspunkt er de optimale at opprioritere.

1.3 Fremgangsmåde

For at kvantificere vandtabet i vandforsyningsnettet på landsplan, på amtsniveau og på kommuneniveau, er der indsamlet oplysninger om vandtab i ledningsnettet fra udvalgte vandforsyninger, fra lækagesporingsvirksomheder og fra foreninger. Der er desuden foretaget et litteraturstudie for at få et indblik i dataomfanget.

Der er taget kontakt til såvel store som små vandforsyninger geografisk fordelt på Sjælland, på Fyn og i Jylland. Følgende vandforsyninger er kontaktet:

- Herlev
- Kolding
- Randers
- Nykøbing Falster
- Ballerup
- Greve Strand
- Esbjerg
- TRE-FOR
- Frederikshavn
- Farum
- Helsingør
- Hvidovre
- Næstved
- Rødovre
- Horsens

- Frederikshavn
- Københavns Energi
- Gentofte
- Odense Vandselskab
- Nyborg
- Herning (EnergiGruppen Vand A/S)
- Brøndby
- Tårnby
- Kerteminde
- Glostrup
- Thisted
- Silkeborg
- Lyngby-Taarbæk
- Søllerød
- Århus (ÅKV - VAND)

Der er i forbindelse med GEUS nye ressourceopgørelse fra 2003 sat fokus på overudnyttelse af grundvandsressourcen i forbindelse med større danske byer. Derfor er byer som København, Odense og Århus behandlet meget detaljeret set i forhold til de resterende byer/vandforsyninger.

Foruden vandforsyninger er oplysninger fra følgende foreninger eller relevante virksomheder indhentet:

- Hovedstadens vandsamarbejde
- DANVA
- GEUS
- Danmarks Statistik
- FVD

Formålet med kontakten til ovennævnte foreninger har været at få et overblik over samlede datamængder og bearbejdnings. F.eks. udarbejder DANVA hvert år Vandforsyningsstatistikken, hvor nøgletal fremlægges og kommenteres fra udvalgte vandforsyninger.

Lækagevirksomheder er ligeledes kontaktet for at indsamle erfaringer om lækagesporing og størrelsen af vandtab i udvalgte ledningsnet. Følgende virksomheder er kontaktet:

- Dansk Isotop
- Aqua Lækagesporing
- Ankers lækagesøgning ApS
- Danmarks Termografiske Selskab ApS
- Kobberøe
- Leif Koch A/S
- Roskilde Kabel- & Rørteknik

Der er sideløbende med udarbejdelse af projektet udført et litteraturstudie med det formål at finde relevante artikler, nyhedsbreve m.v. for at identificere vandforsyninger, hvor fokus har været eller er rettet på reduktion af vandtab i ledningsnettet.

1.3.1 Usikkerhed på data

Data fra Danmarks Statistik og DANVA er forbundet med stor usikkerhed, da rapporteringen af data omhandlende forbrugt vand og vandtab fra vandforsyningerne er baseret på en frivillig ordning. Det vil sige, at vandforsyninger med et stort tab et år kan undlade at rapportere data for dette år. Desuden er der ingen egentlig kontrol af den udpumpede vandmængde fra vandforsyningerne, hvilket ligeledes medfører en usikkerhed i tallene.

For at vurdere data yderligere burde der indledes en undersøgelse, hvor data hentes direkte fra alle vandforsyninger og ikke fra de rapporterede tal til DANVA og Danmarks Statistik. Så længe der ikke er indberetningspligt af alle data og ingen kontrol med aflæsningen, kan der stilles spørgsmålstegn ved data. Det må herudfra forventes, at de beregnede tal for vandtab, er et minimumstab. Såfremt der blev indført kontrol med vandmængderne og indberetningspligt ville tabet (umålt forbrug) sandsynligvis vise sig at være større.

2 Vandforsyningsnettet

I dette kapitel gives en generel introduktion til vandforsyningssystemet i Danmark. Systemet opdeles i ledningstyper, og skellet mellem offentlig og privat ledningssystem diskuteres, herunder ansvar for brud og vandspild. Desuden gennemgås de gældende regler for indberetningspligt til relevante myndigheder med udgangspunkt i de registrerede data i vandforsyningsnettet.

2.1 Vandforsyningsnettets funktion og opbygning

Vandforsyningsnettets funktion er at levere rent vand i rimelig mængde til forbrugerne (husstande, erhverv mv.). Alle har ret til forsyning med vand til almindeligt forbrug, hvis ejendommen ligger i et forsyningsområde. Stort set hele Danmarks vandforsyning er baseret på oppumpning af grundvand. Kun en meget beskedent del stammer fra overfladevand.

Vandforsyningsnettet opdeles almindeligvis i:

- Råvandsledninger
- Hovedledninger
- Forsyningsledninger
- Stik-/jordledninger

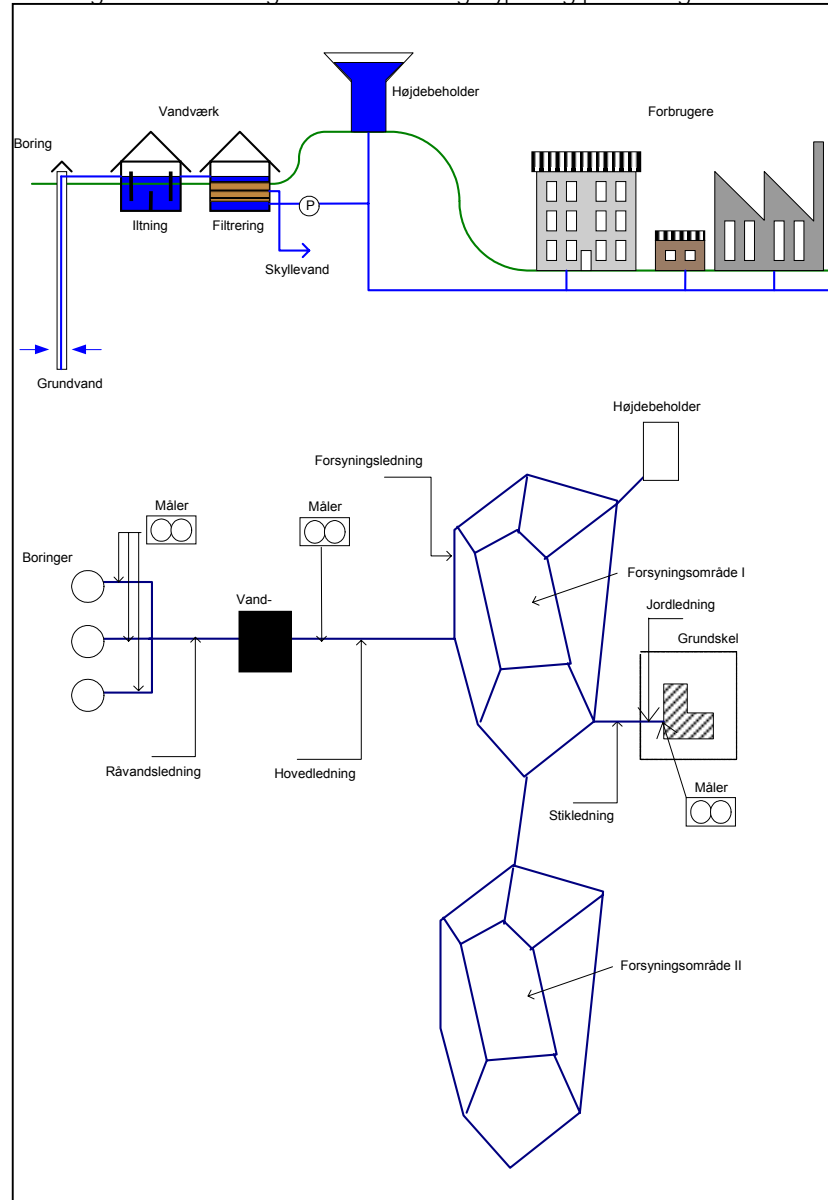
På figur 2.1 er de vigtigste ledningstyper vist på en oversigtstegning af et vandforsyningsystem. Det fremgår, at råvandsledninger fører det oppumpede grundvand fra boringerne til vandværket, hvor vandet gennemgår en behandling for at opnå en tilfredsstillende kvalitet. Fra vandværket fører hovedledningerne vandet til distributionsnettet. Hovedledninger er altså overordnede ledninger uden afgreninger til de enkelte ejendomme. Forsyningsledninger fordeler vandet i et afgrænset forsyningsområde, og distribuerer det fra forsyningsledninger til matrikelskel via stikledninger. Stikledningens forlængelse fra matrikelskel ind til forbrugers installationsledninger benævnes jordledningen.

Et vandværk kan ofte forsyne flere forsyningsområder, hvilket er illustreret nederst på figur 2.1, hvor vandværket forsyner såvel forsyningsområde I som forsyningsområde II. Transportledninger er ledninger, som forbinder forsyningsområder med hinanden.

Det fremgår ligeledes af figur 2.1, at der måles på den indvundne vandmængde. Der måles ofte også på den udpumpede vandmængde fra vandværket, selvom dette jf. afsnit 2.4 ikke er lovpligtigt. Ikke alle vandforsyninger har måler på de enkelte boringer. Til at fastsætte den indvundne vandmængde i dette tilfælde anvendes ofte den udpumpede vandmængde, som tillægges vandværkets eget forbrug til filterskylning mv. Der måles normalt ikke på strækningen fra vandværket til forsyningsområdet eller i selve forsyningsområdet. En del vandforsyninger er dog i de senere år begyndt at opdele nettet i sektioner og måle forbruget i hver sektion med henblik på overvågning af forbrug, lækagetab mv. Til gengæld måles ved indgang til husstanden, således at

forbruget til hver ejendom kan aflæses. Der er indført et kontrolsystem der sikrer at måleren hos forbrugeren viser rigtigt. Kontrolsystemet skal sikre, at målerens fejlvisning højst er plus eller minus 4%. Målerne på vandværket er ikke omfattet af en tilsvarende kontrol.

Figur 2.1: Vandforsyningsystem med ledningstyper og placering af målere. Øverst ses en principskitse af et vandforsyningsystem fra boring til forbruger. Nederst ses en ledningsskitse med angivelse af ledningstyper og placering af målere i systemet.



2.1.1 To typer af vandforsyningsnet

Der findes to typer ledningsnet i Danmark:

- Forgrenede net
- Ringforbundne net

I et forgrenet net kan vandet kun komme ud til forbrugsstedet ad en vej dvs. vandet løber altid i samme retning. Dette bevirker, at nettet er sårbart overfor ledningsbrud, idet forsyningen afbrydes til de forbrugere, som ligger ned-

strøms bruddet. Forgrenede net benyttes sjældent i byområder, men i det åbne land er mange af de spredt beliggende ejendomme tilsluttet vandledninger uden ringforbindelser.

På figur 2.1 er forsyningsområdet vist som et ringforbundet net, hvor ethvert punkt i nettet forsynes med vand fra mindst to retninger. Dette giver større forsyningsikkerhed i forbindelse med brud på ledningsnettet. Ulempen ved ringforbundne net er til gengæld, at vandet visse steder kan komme til at stå stille i lang tid med risiko for, at vandkvaliteten forringes.

Betragtes de forskellige typer af ledninger vist på figur 2.1, vil hovedledninger ofte være opbygget som dobbeltledninger fra vandværket til forsyningsområdet, da disse ledninger er altafgørende for forsyningen. Forsyningsledninger kan være opbygget enten som ringleddninger eller som forgrenede ledninger. Stikledninger vil altid være forgrenede ledninger ligesom installationsledninger.

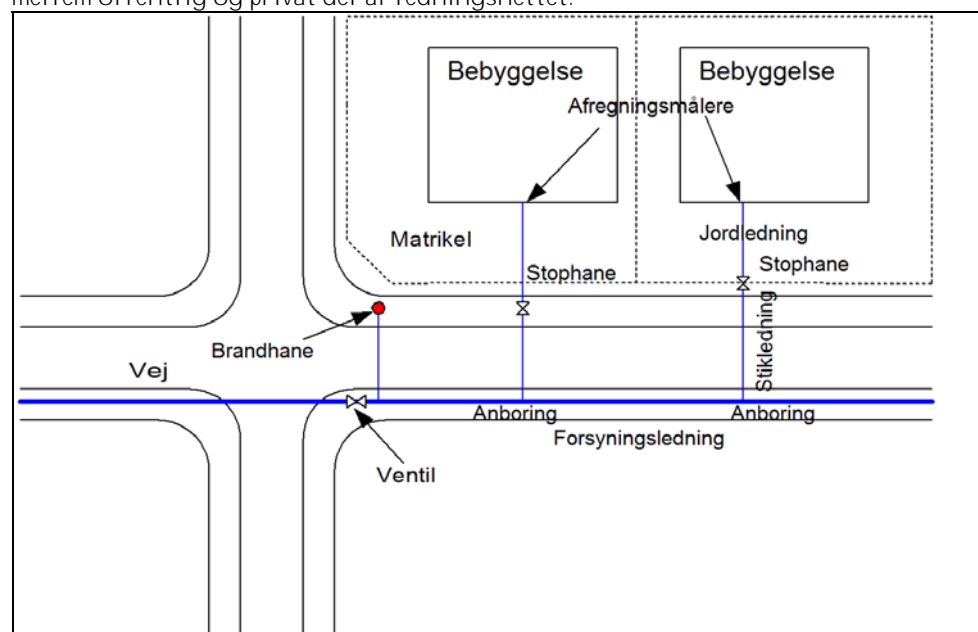
2.2 Offentlig- og privat del af vandforsyningsnettet

Vedligeholdelse og ansvar for alle ledninger, på nær jordledninger, påhviler vandværket og dermed vandforsyningen. Stikledninger går fra anboringen på forsyningsledningen til forbrugerens matrikel (grundskel). Den offentlige stikledning fortsætter over i den private jordledning ved matrikelskel. Der forefindes ingen regler for, hvor stophane, der adskiller den offentlige del fra den private del af stikledningen, skal placeres, men oftest placeres den i skellet, jf. figur 2.2.

Afregningsmåler placeres normalt umiddelbart efter jordledningens indføring i ejendommen. Den skal være beskyttet mod frost og utilsigtet opvarmning. Alternativt placeres den i målerbrønd på jordledningen.

På figur 2.2 ses en plantegning, der viser, hvorledes et ledningsnet kunne se ud ved overgangen fra offentlig stikledning til privat jordledning. Der er vist to alternativer for placering af stophane.

Figur 2.2: Eksempel på hvordan plantegning af ledningsnet kunne se ud i overgangen mellem offentlig og privat del af ledningsnettet.



Med den nuværende lovgivning, normalregulativ for kommunale/private vandforsyninger, 2003, går grænsen for forbrugerens ansvar ved matrikel-skellet. Dette gælder uanset, hvor stophanen er placeret. Vandforsyningen kan selv bestemme, hvor stophanen skal placeres. Hvis den placeres på stikledningen, er den vandværkets ejendom, og vandværket skal derfor vedligeholde den. Almindeligvis bliver stophanen placeret i fortovet ved skel, så vandforsyningen til hver tid har mulighed for at afbryde leverancen af vand.

I tabel 2.1 og 2.2 gengives et uddrag fra "Normalregulativ for private vandforsyninger" /Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4, 2003/

Tabel 2.1: Vedr. stikledninger.

5.1	Stikledninger med eventuelle afspærringsanordninger anlægges af, vedligeholdes af og tilhører vandforsyningen. Alt arbejde med stikledninger skal udføres af autoriserede VVS-installatører eller af vandforsyningens personale, jf. bestemmelserne i By- og Boligministeriets bekendtgørelse nr. 70 af 1. februar 2001 om undtagelse fra krav om autorisation for så vidt angår gas- og vandforsyningsvirksomheder og ejere af afløbsanlæg.
5.2	Hver ejendom skal have sin særskilte stikledning. Stikledningen skal normalt indlægges fra forsyningsledningen i den gade eller vej, hvortil ejendommen har facade (adgangsvej). Hvis stikledning fremføres over privat grund, skal retten til dens anlæg, benyttelse og vedligeholdelse sikres ved deklaration, der skal tinglyses på den/de respektive ejendomme.
5.3	Vandforsyningen kan omlægge en stikledning ved udstykning, om- eller tilbygningsarbejder, ændringer i forbruget eller lignende, som indebærer, at stikledningsdimensionen bør ændres. I så fald må ejendommens ejer afholde udgifterne til omlægningen. Tilsvarende gælder, hvis ejeren selv ønsker stikledningen omlagt.
5.4	Vandforsyningen kan afbryde stikledningen til en ubenyttet ejendom ved forsyningsledningen for ejers regning.
5.5	Ejer af en ejendom skal omgående give vandforsyningen meddelelse om indtrufne eller formodede fejl, herunder utætheder ved stikledninger og stophaner.

Tabel 2.2: Vedr. spild.

10.1	Vand fra vandforsyningen må, bortset fra brand under indsats eller andre nødstilfælde, ikke benyttes til andet formål eller i større mængde end den benyttelse, som vandforsyningen har fastsat, eller som med rimelighed kan antages at ville finde sted fra de tilladte vandinstallationer. Spild af vand ved mangelfuld lukning af vandhaner eller ved anden uforsvarlig adfærd er ikke tilladt. Rindende vand må ikke bruges til køleformål, medmindre vandforsyningen har givet særlig tilladelse hertil.
10.2	Hvis vandspild, som ovenfor nævnt, foregår fra vandinstallationer før afregningsmåleren, kan vandspildet forlanges betalt af ejendommens ejer ud over det almindelige driftsbidrag. Størrelsen af vandspildet vil i så fald blive fastsat ved vandforsyningens skøn efter forhandling med ejeren.

Forbrugeren har ansvar for sit eget ledningsnet fra skel til forbrugshaner. Men da alt vandspild skal kunne dokumenteres, vil der i de fleste tilfælde hvor et vandspild konstateres være tale om eftergivelse af vandspild før måler. Vandspild fra skel til måler vil derved være en udgift, som påhviler vandværket, medmindre vandværket entydigt kan fastslå størrelsen af vandspildet.

Såfremt der ikke sker eftergivelse af vandspildet, skal forbrugeren betale hele vandspildet svarende til et års forbrug + 300 m³, resten kan blive eftergivet, jævnfør Lov om ændring af lov om afgift af ledningsført vand, 2001.

Den offentlige del af vandforsyningsnettet udgør normalt langt den største del. Betragtes for eksempel Københavns ledningsnet, udgjorde den totale længde pr. 1. december 2003 1.113 km. Registreringerne i København omfatter kun

den offentlige del af ledningsnettet, som fordeler sig på 156 km hovedledning (14%), 775 km forsyningsledning (70%) og 182 km stikledning (16%). Der er 33.933 stk. stikledninger dvs. i gennemsnit lidt over 5 m pr. stikledning. Selvfølgelig er jordledningen dobbelt så lang som stikledningen udgør den private del under 25% af den totale ledningslængde.

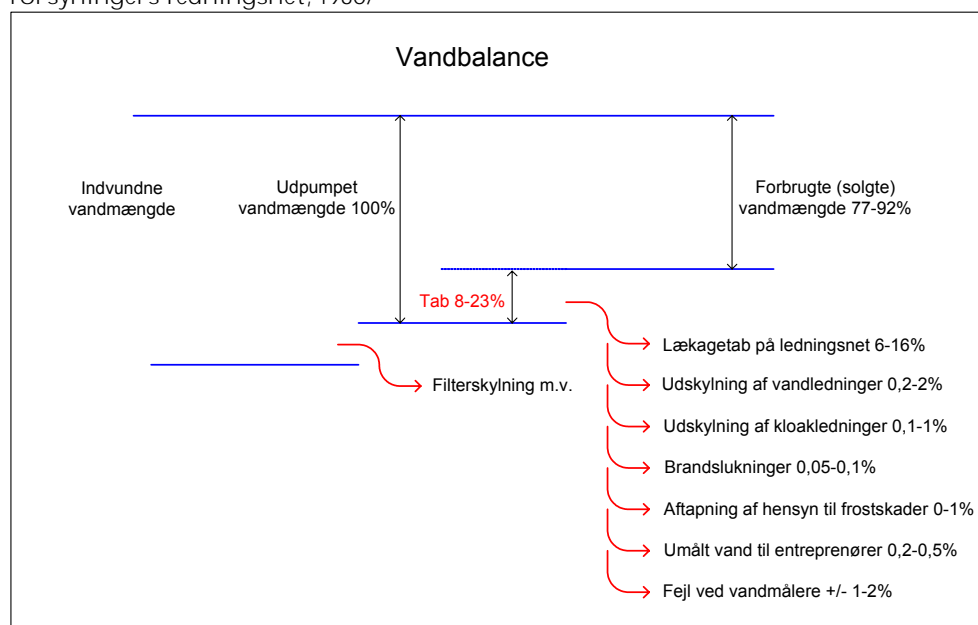
2.3 Vandbalance og definitioner i et vandforsyningsnet

På figur 2.1 blev placeringen af målere i et vandforsyningssystem vist. Ud fra disse målere er det muligt at bestemme følgende størrelser:

- Den indvundne vandmængde
- Den udpumpede vandmængde
- Den forbrugte vandmængde

På figur 2.3 er der opstillet en vandbalance for et vandforsyningssystem, hvor den indvundne, den udpumpede og den forbrugte vandmængde er angivet. Forskellen mellem den indvundne vandmængde og den udpumpede vandmængde er primært forbrug af vand til filterskylning på vandværket. Det er valgt at angive den udpumpede vandmængde som 100%. Undervejs fra vandværket gennem hovedledninger, forsyningsledninger og stikledninger til hver enkelt ejendom sker der et tab, som vil variere fra år til år og fra vandforsyning til vandforsyning. Tabet kan opgøres i lækagetab på ledningsnettet, udskylning af vandforsyningsledninger, skylning af kloakledninger, brandslukning, umålt vand til entreprenører og fejl ved vandmålere. Tabet angivet på figur 2.3 er anslået til mellem 8% og 23%. Tallene stammer fra 1980 og må forventes at være lavere i dag. Senere i rapporten angives det, at landsgennemsnittet for tabet er på 6% i 2002, men at der er stor variation mellem de forskellige vandforsyninger.

Figur 2.3: Vandbalance for et vandforsyningssystem, hvor indvundne, udpumpede og forbrugte vandmængde er vist. Forskellen mellem indvundne og udpumpet vandmængde er forbrug internt på vandværket til blandt andet filterskylning. Forskellen mellem udpumpet og forbrugt vandmængde er tab defineret som lækagetab, udskylning af vandledninger, udskylning af kloakledninger, brandslukning, aftapning af hensyn til frostska-der, umålt vand til entreprenører og fejl ved vandmålere. NB: Tallene på figuren stammer fra 1980. /Lækageundersøgelse - Vandtab og lækager på vandforsyningsnet, 1980/



2.3.1 Definitioner af vandtab

Vandtabet i et forsyningssystem er reelt et umålt forbrug, da hele tabet ikke er direkte tab men reelt forbrug til blandt andet brandslukning. Det er dog valgt at betegne det umålte forbrug under et som tab. Tabet kan angives på flere forskellige måder. Tabet kan defineres som et procentvis tab set i forhold til den udpumpede vandmængde, hvilket er tilfældet på figur 2.3. Ved angivelse af tabet i procent er det muligt at sammenligne data fra år til år for den samme vandforsyning. Det er dog ikke muligt at sammenligne tabet for forskellige vandforsyninger, da ledningsnettets længde ikke er medtaget i sammenligningen. I sådanne tilfælde benyttes det specifikke tab, der er defineret som tab i kubikmeter per kilometer ledninger per tidsenhed (f.eks. år eller døgn). Ved at benytte det specifikke tab kan forskellige vandforsyninger sammenlignes direkte. Tabet er dog afhængigt af andre faktorer end ledningslængden, f.eks. ledningsnettets alder og materialesammensætning. F.eks. vil en ny by med PE-ledninger ikke være direkte sammenlignelig med en gammel by med støbejernsledninger. Desuden kan vandtabet angives som totalt tab i kubikmeter per tidsenhed. Denne størrelse kan igen benyttes til at sammenligne data fra år til år for samme vandforsyning, men ikke til at sammenholde data fra flere vandforsyninger.

2.4 Regler om indberetning og behandling af data fra vandforsyningen

For alle vandforsyninger som indvinder mere end 3.000 m³ om året, som forsyner mindst 10 ejendomme, eller som anvendes til vanding af landbrugsafgrøder eksisterer der, jf. lov nr. 130 af 26. februar 1999 om vandforsyning mv. (<http://www.retsinfo.dk/GETDOCM/ACCN/A19990013029-REGL>) samt bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (<http://www.retsinfo.dk/GETDOCM/ACCN/B20010087105-REGL>), indberetningspligt for så vidt angår den indvundne vandmængde til kommunalbestyrelsen.

Kommunalbestyrelsen videresender data til amtsrådet, der derefter rapporterer til GEUS.

DANVA modtager oplysninger om indvundne vandmængder, udpumpede vandmængder, forbrugte vandmængder og vandtab direkte fra vandforsyningerne. Ordningen er baseret på en frivillig ordning. Dette bevirker, at vandtabet beregnet herved ikke er direkte sammenligneligt med beregninger ud fra den kommunale indberetning. Datagrundlaget for de enkelte år kan være meget forskelligt, da vandforsyningerne kan vælge ikke at indberette data om forbrugt vandmængde og dermed vandtab til DANVA.

DANVA udarbejder hvert år på basis af de indberettede data statistikker, der illustrerer udpumpede vandmængder, forbrugte vandmængder samt vandtabet for hver enkelt vandforsyning, der har indberettet data.

Overfor Told & Skat er der indberetningspligt for den udpumpede vandmængde samt faktureret vandmængde (svarende til forbrugt vandmængde). Ved at sammenligne udpumpet vandmængde med faktureret vandmængde kan det umålte forbrug (vandtabet) bestemmes.

3 Belastning af vandressourcen

I dette kapitel beskrives, hvorledes grundvandsressourcen forbruges dels som ledningsført vand i forsyningsystemerne og dels som ressource til blandt andet markvanding, gartnerier og dambrug m.v. Vandforbrugets og vandprisen udvikling gennem de sidste mange år vises og beskrives.

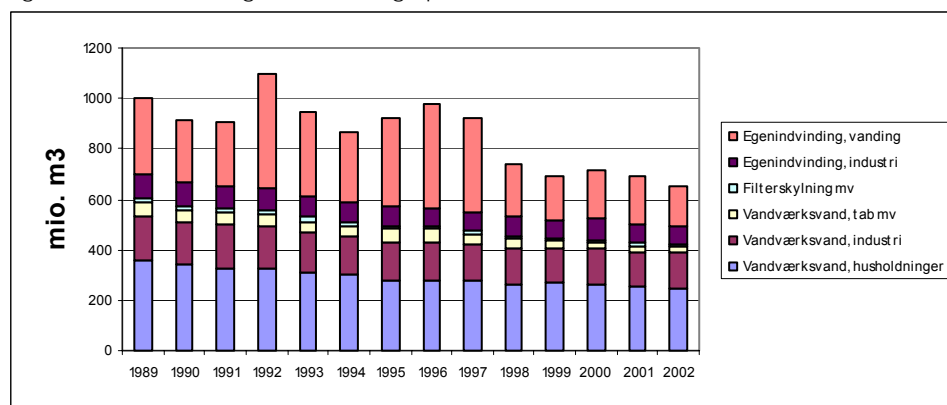
3.1 Faldende vandforbrug

På figur 3.1 ses udviklingen i vandforbruget i perioden 1989 til 2002. Forbruget er vist dels som det totale forbrug og dels som forbrug fordelt på formål. Opgørelsen af vandforbruget stammer fra Danmarks Statistik. Kilderne, der danner baggrund for opgørelsen i Danmarks Statistik, er for det ledningsførte vand Vandstatistikken fra Dansk Vand- og Spildevandsforening (DANVA) og for indvinding fra egen vandforsyning, Grundvandsovervågningsrapporten fra Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS).

Det totale vandforbrug har i perioden 1989 til 2002 været faldende. Den væsentligste årsag til det mindre vandforbrug er, dels at der bruges mindre vand til erhvervsvanding, der hovedsageligt er landbrugets forbrug af vand til markvanding, og dels at vandforbruget i husholdningerne er blevet mindre. Det skal dog bemærkes, at de øvrige forbrugstyper ligeledes er faldet i den betragtede periode.

Det totale vandforbrug i Danmark var på 646 mio. m³ (ekskl. vandforbrug til filterskylning mv. 8 mio. m³) i 2002. Det svarer til ca. 330 liter per indbygger per dag.

Figur 3.1: Vandforbrugets udvikling i perioden 1989 til 2002. /Danmarks Statistik/

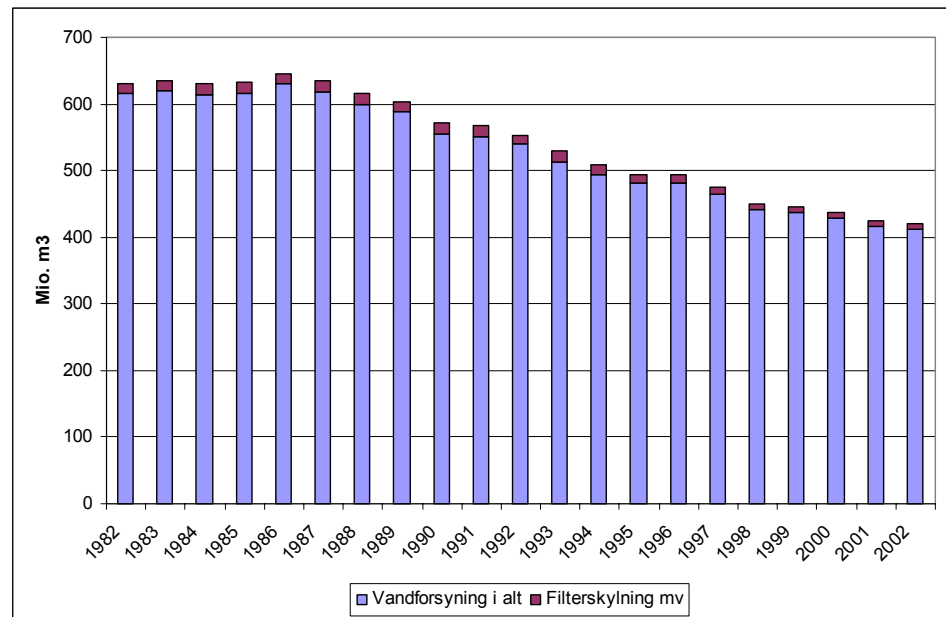


I denne rapport, er der som beskrevet i kapitel 1, fokus på det vandforbrug, der er defineret som ledningsført vand. Det vil sige de 3 grupper vandværksvand: tab mv., industri og husholdninger på figur 3.1. På figur 3.2 er disse bidrag vist som et samlet forbrug.

Vandforbruget i 2002 fordeler sig på husholdninger 39%, industri mv. 33%, tab på ledningsnettet 4% og erhvervsvanding 24%. Forbruget til erhvervsvanding varierer meget fra år til år, men i 2002 var det på det laveste niveau inden

for de seneste ti år. Forbruget til erhvervsvanding er blandt andet afhængig af nedbøren, og i årene efter 1998 har der været meget nedbør i planternes vækstsæson, og dette har mindsket behovet for vanding.

Figur 3.2: Udviklingen i vandforbruget for det ledningsførte vand i perioden 1982 til 2002. /Danmarks Statistik/



Vandforbruget i husholdningen er faldende dels på grund af højere vandpriser og dels på grund af øget miljøbevidsthed hos befolkningen. Dertil kommer teknologisk udvikling som f.eks. toiletter med lille og stort skyl. Det daglige forbrug af vand til husholdningsformål er faldet fra 172 liter til 126 liter per person i perioden 1992 til 2002.

Vandforbruget for hele landet i 2001 og 2002 er vist i tabel 3.1. Desuden er vandforbruget for 2002 vist for de forskellige amter. Det ses, at der udover den almene vandforsyning forbruges en del via egen vandforsyning.

Tabel 3.1: Forbruget af vand for 2001 og 2002 i mio. m³. (København mv. omfatter Københavns Amt samt Københavns og Frederiksberg Kommuner). Forbruget i 2002 er også vist på amtsniveau. /Danmarks statistik/

Mio. m ³		Almen vandforsyning				Filter Skylning mv.	I alt	Egen vandforsyning			Drikkevand I alt
		Hushold- ning	Indu- stri	Tab	I alt			Industri mv.	Van- ding	I alt	
2001	Hele landet	255,7	135,2	26,3	417,2	8,0	425,2	77,1	192,1	269,2	694,3
2002	Hele landet	247,7	140,2	25	413	8,2	421,2	75,2	157,6	232,9	654,0
2002	København mv.	57,0	20,5	3,7	81,2	1,9	83,1	9,6	0,1	9,7	92,8
2002	Frederiksborg Amt	16,8	4,0	2,4	23,2	0,4	23,6	1,3	0,9	2,2	25,9
2002	Roskilde Amt	10,8	4,3	1,1	16,2	0,2	16,4	5,9	0,6	6,5	22,9
2002	Vestsjællands Amt	10,0	14,5	1,3	25,8	0,5	26,3	2,0	0,8	2,8	29,1
2002	Storstrøms Amt Bornholm (ekskl. Chris- tiansø)	11,6	5,6	1,4	18,6	0,3	18,9	2,3	0,9	3,2	22,0
2002	Fyns Amt	2,8	1,0	0,1	3,9	0,1	4,0	0,0	0,0	0,1	4,1
2002	Sønderjyllands Amt	20,5	12,1	2,5	35,1	0,7	35,8	5,7	0,4	6,1	41,9
2002	Ribe Amt	14,9	6,1	1,4	22,4	0,3	22,7	4,7	12,8	17,5	40,2
2002	Vejle Amt	10,4	9,0	1,3	20,7	0,6	21,3	5,6	29,4	34,9	56,3
2002	Ringkøbing Amt	14,0	13,3	1,2	28,5	0,6	29,2	11,4	15,5	26,9	56,0
2002	Århus Amt	15,1	10,8	1,4	27,4	0,8	28,1	5,8	63,5	69,3	97,4
2002	Viborg Amt	29,6	14,7	3,1	47,5	0,6	48,1	4,1	4,7	8,7	56,8
2002	Nordjyllands Amt	11,7	7,2	2,4	21,3	0,3	21,6	4,4	6,3	10,6	32,2
2002		22,3	17,2	1,7	41,3	0,8	42,1	12,5	22,0	34,5	76,5

Der ses store regionale forskelle. Blandt andet var forbruget i Frederiksborg Amt på ca. 26 mio. m³ i 2002, svarende til 187 liter per indbygger per dag, mens der i Ringkøbing Amt blev forbrugt små 97 mio. m³, svarende til 964 liter per indbygger per dag. Den store forskel skyldes især, at der bruges meget vand til markvanding i Vestjylland.

3.2 Vandprisens sammensætning og udvikling

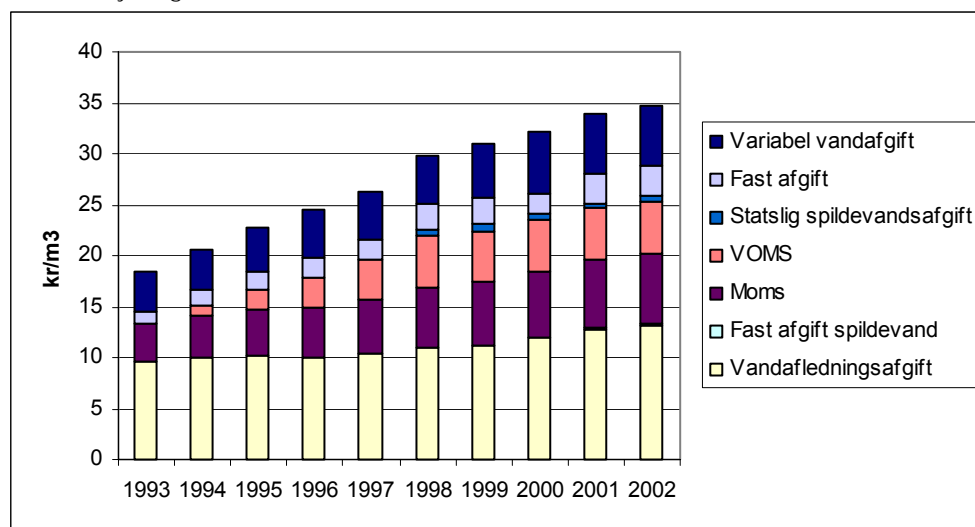
Den gennemsnitlige forbrugeroplevede vandpris i Danmark i 2002 var på 35 kroner per m³. Til sammenligning var prisen i 1993 18,51 kroner per m³. Prisen for vand er dermed steget med 87% siden 1993. Den voldsomme stigning skyldes hovedsageligt højere statslige afgifter. Det faldende vandforbrug er ligeledes en faktor, der bevirker, at vandpriserne stiger.

På figur 4.3 ses udviklingen i vandprisen og dens sammensætning i perioden 1993 til 2002.

Prisen for en kubikmeter vand i 2002 er sammensat af flere bidrag. En variabel vandafgift der fastsættes af den enkelte vandforsyning, en fast statsafgift, en statslig spildevandsafgift, VOMS, moms, fast afgift til spildevand og en vandafledningsafgift.

Det fremgår af figur 3.3, at VOMS'en blev introduceret i 1994, mens den statslige spildevandsafgift først blev introduceret i 1998.

Figur 3.3: Udviklingen i vandprisen og dens sammensætning i perioden 1993 til 2002. /Vandforsyningsstatistikken 1993 til 2002/



3.2.1 Den grønne afgift

VOMS'en er en vandskat - grøn afgift - som regeringen har indført for at øge befolkningens bevidsthed om vandforbruget. Afgiften betyder, at forbrugerne fra 1994 har skullet betale 1 kr. pr. m³ vand (1,25 kr. inkl. moms), stigende med 1 kr. om året til 5 kr. pr. m³ (6,25 kr. inkl. moms) i 1998. Siden 1998 har den ligget på dette niveau.

Staten har store indtægter fra afgift på ledningsført vand. Denne afgift gav i 1998 en indtægt på 1,6 milliarder kr. til statskassen /**Godt vand og vand nok – hele tiden, 2000**/.

Forbrugerne afregner overfor vandværket og vandværket afregner overfor staten. Den grønne afgift, der er indført med "Lov om afgift af ledningsført vand", betyder at der af kommunen/vandværket betales en statsafgift af minimum 90% af den udpumpede vandmængde. Det kan således blive dyrt for kommunen/vandværket, hvis tabet er større end 10%.

Pr. 1.1.1999 skulle alle boligejere have installeret vandmålere, så der betales for det faktiske vandforbrug i den enkelte ejendom. Dette giver endnu et økonomisk incitament til at spare på vandet. Med de nuværende vandpriser koster "normalforbruget" inkl. grønne afgifter omkring 5.000 kr. om året pr. husstand. Ved utætte installationer kan forbruget, og dermed prisen nemt blive fordoblet.

Forbrugerne er dog sikret mod meget store økonomiske konsekvenser af vandspild ved brud på skjulte installationer i henhold til "Lov om ændring af lov om afgift af ledningsført vand", 2001. Denne lov giver told- og skattemyndighederne adgang til i visse tilfælde at eftergive afgift af ledningsført vand, når en forbruger udsættes for vandspild, der er forårsaget af brud på skjulte vandinstallationer. Ved vandspild fra lækager på skjulte installationer hos private forbrugere opkræves kun fuld vandafgift og statsafgift af op til 300 m³ udover normalforbruget. For vandspild herudover kan forbrugeren søge om eftergivelse af vandskatten. Herudover eftergives vandafledningsafgiften, såfremt det kan dokumenteres, at vandet ikke er ledt til kloak.

I de tilfælde, hvor der gives fritagelse, skal forbrugeren faktureres for vandafgift og statsafgift af det samlede målte vandforbrug, og efter Told & Skats godkendelse af fritagelse skal der udskrives separat kreditnota på såvel vandafgift som statsafgift. Den fulde leverede vandmængde indgår dermed i opgørelse over, hvorvidt vandværkets samlede leverede vandmængde udgør over eller under 90% af den udpumpede vandmængde.

Ved vandspild fra lækager på synlige installationer hos private forbrugere samt ved lækager på alle installationer hos erhverv eller institutioner opkræves som hovedregel fuld statsafgift og fuld vandafgift af hele vandspildet. Hvis vandværkets bestyrelse vurderer, at vandspildet er uforskyldt - og det er større end 300 m³, kan bestyrelsen dog beslutte kun at opkræve vand- og statsafgift for en vandmængde svarende til det normale vandforbrug plus 300 m³.

4 Lækagesporing

Dette kapitel indeholder en beskrivelse af de forskellige metoder, der findes til at spore lækager på vandforsyningsnettet. Litteratur om lækagesporing vil blive suppleret med oplysninger og erfaringer fra de virksomheder, der udfører lækagesøgning for kommuner, offentlige og private vandselskaber og hos borgerne. Fokusering på lækager er vigtig, da lækager, som tidligere nævnt, udgør den største del af det umålte forbrug, det såkaldte vandtab i ledningsnettet.

4.1 Hvorfor og hvornår – Lækagesporing

Der eksisterer en del metoder til sporing af lækager i ledningsnet, og der findes mange firmaer, der udfører lækagesporing. Nogle kommuner har deres eget udstyr og deres egne folk, der udfører systematisk lækagesøgning. At lækagesøgning er vigtig understreges af tabel 4.1, der viser vandtabet ved lækager af forskellig størrelse.

Tabel 4.1: Vandtab ved forskellig størrelse af brud.
/Godt vand og vand nok – hele tiden/

Åbning [mm]	Tryk [meter vandsøjle]	Vandtab [liter pr. minut]	Vandtab [m ³ pr. år]
1	20	0,6	300
	50	1,0	500
	80	1,3	700
3	20	5	2.650
	50	8	4.200
	80	10	5.250
5	20	14	7.350
	50	22	11.500
	80	28	14.750
7	20	25	13.000
	50	39	20.000
	80	50	26.000

Det fremgår af tabel 4.1, at selv små huller på for eksempel 3 mm kan medføre vandtab op til 10 liter per minut, svarende til 5.250 m³ per år.

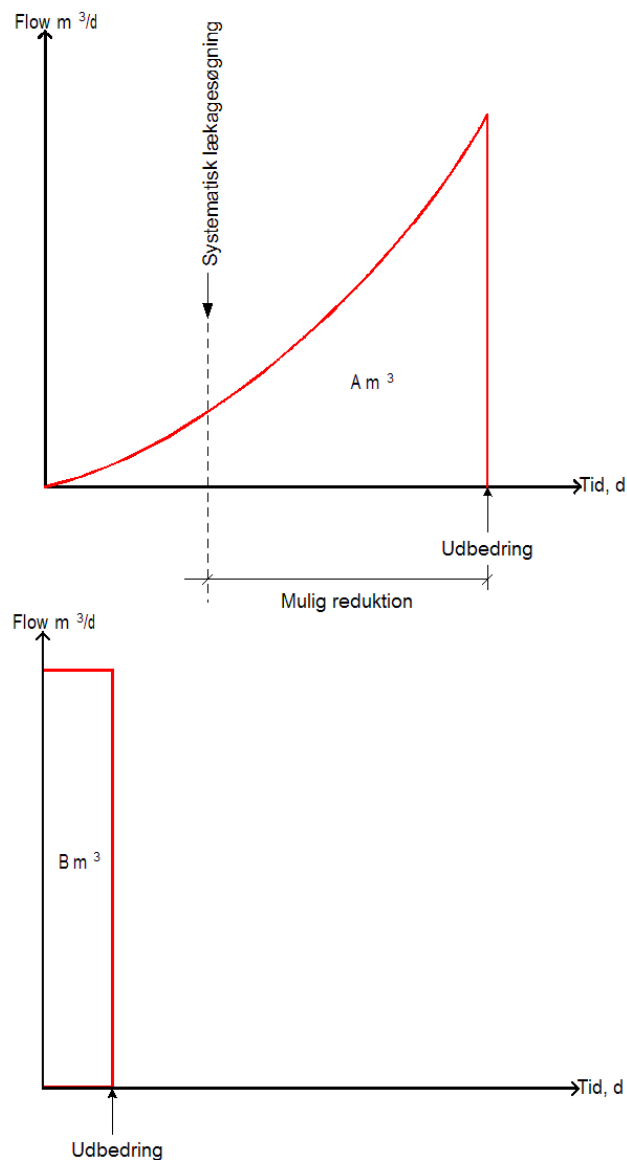
På figur 4.1 er udviklingen i vandtabet for et lille hhv. stort brud illustreret over tiden. Det fremgår, at vandtabet udtrykt i m³ per døgn er begrænset i starten for det lille brud, men med tiden bliver hullet og dermed vandtabet større og større. Ved et pludseligt brud på f.eks. en hovedledning er vandtabet stort, men denne type brud bliver som regel opdaget hurtigt.

Effektiv kontinuerlig lækagesøgning, benævnt systematisk lækagesporing, kan være et middel til minimering af små lækager der udvikler sig til større, jf. figur 4.1 øverst.

Som eksempel på hvad effektiv lækagesporing kan betyde for en kommune, kan Københavns Energi nævnes. Det er en af de (få) kommuner, der gennem mange år har gennemført systematisk lækagesøgning, både med eget mandskab og med assistance fra eksterne lækagesøgningsfirmaer. Siden 2000 har Københavns Energi haft en intern teknikergruppe, der udelukkende beskæftiger sig med kontrol og vedligehold af ledningsnettet. Ledningsnettet, ventiler og brandstandere bliver løbende gennemgået, og der bliver målt tryk og vandføring for at lokalisere eventuelle brud eller lækager. I 2001 udgjorde det

samlede tab 2,4%, hvilket var et fald fra året før med 2%. Københavns Energi mener selv, at en væsentlig årsag til det lave tab i 2001, er, at der benyttes en ny generation af lytteudstyr, og at der er afsat ressourcer til det interne mandskab til udelukkende at gennemgå ledningsnettet. Det skal bemærkes, at når tabsprocenten er så lav, vil den blive påvirket af for eksempel et større brud på en hovedledning eller lignende.

Figur 4.1: Øverst: Teoretisk udvikling i vandforbruget ved en lækage, der med tiden udvikler sig til en større og større lækage. Fordelen ved systematisk lækagesporing er vist. Nederst: Eksempel på en pludselig stor lækage, denne type bliver som regel opdaget hurtigt

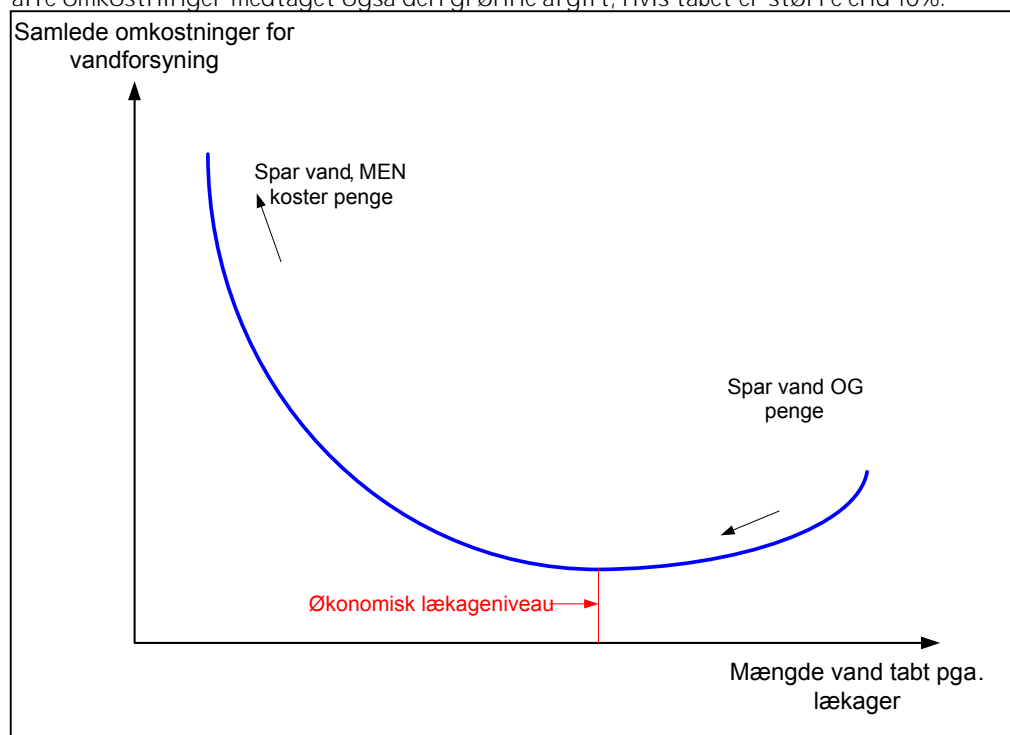


Såfremt vandtabet i en vandforsyning er meget stort, kan det økonomiske betale sig at reducere dette indtil et punkt kaldet "økonomisk lækageniveau", se figur 4.2. Indsatsen for at reducere vandtabet forbi dette punkt, sparer vand men til gengæld stiger omkostningerne for vandforsyningen. Som nævnt tidligere har Københavns Energi formået at reducere vandtabet til under 3% ved at etablere et mandskab, der udelukkende undersøger ledningsnettet for læka-

ge og rykker ud med det samme. Omkostningen ved at have sådan et mand-skab kontra den opnåede vandbesparelse, skal undersøges nøje for at vurdere, hvorvidt det er økonomisk rentabelt. Andre steder med stort tab vil det deri-mod være både økonomisk og ressourcemæssigt optimalt at foretage lækage-sporing.

Det miljømæssige optimale punkt på figur 4.2 er ikke det samme som det økonomiske lækagepunkt. Set ud fra en miljømæssig vurdering burde lækage-tabet i ledningsnettet reduceres til stort set nul. Det er dog vigtigt, at det vur-deres, hvor der opnås mest effekt for de indsatte ressourcer.

Figur 4.2: Sammenhængen mellem mængden af vand tabt på grund af lækager i led-ningsnettet og de totale omkostninger for vandforsyningen. I omkostningerne er alle omkostninger medtaget også den grønne afgift, hvis tabet er større end 10%.



4.2 Fordele ved systematisk lækagesøgning

Undersøgelser af vandforsyningsnettet giver informationer om i hvilke områ-der lækagesporing er mest fordelagtige at udføre. Udgifterne til lækagesporing skal opvejes mod de fordele lækagesporing giver, jævnfør fordelene listet i ta-bel 4.2.

Udgifterne til lækagesporing er lønninger, uddannelse/oplæring i metoder til lækagesporing, udstyr og renoivering af de fundne lækager.

Tabel 4.2: Fordele ved systematisk lækagesporing.

Faktor	Beskrivelse
Vandforbruget falder	Det reducerede vandforbrug pga. renovering af lækager fundet ved lækagesøgning betyder en besparelse på den producerede eller købte vandmængde.
Energiforbruget bliver reduceret	Omkostningerne til drift af pumper bliver mindre.
Kapitalomkostninger bliver udsat	Fremtidige kapacitetsudvidelser på vandforsyningen bliver udsat, og dermed også sparede renteudgifter. Dette gælder kun for systemer, hvor udvidelser er nært forestående.
Reduceret drift og vedligehold	Der ligger en besparelse i, at driften og vedligehold bliver reduceret.
Reducerede udgifter til lønninger	Lønningerne bliver tilsvarende reduceret i takt med, at driften og vedligeholdelse bliver reduceret
Færre afbrydelser i forsyningen	Dette betyder færre klager fra forbrugerne, tid og ressourcer til skylning af ledninger for potentiel forurening efter tryktab.
Bedre forhold til offentligheden	Færre klager fra forbrugerne betyder mindre administrativt arbejde. Faktoren er svær at opgøre i penge, men kan have betydning.
Færre ejendomsskader	Vand fra lækager kan forårsage skader på ejendom

4.3 Metoder

Der findes flere forskellige metoder til sporing af lækager. Den økonomiske udgift for en kommune ved selv at udføre lækagesporing kan være meget stor, da der er begrænsninger ved de enkelte metoder, og det derfor kan være nødvendigt at have forskelligt udstyr til forskellige situationer. Nedenunder er listet fem forskellige metoder, der bliver benyttet til lækagesporing i dag:

- Akustisk (lytning på brandhaner, stophaner mv.)
- Akustisk med korrelation (korrelatoranalyse)
- Termografi (Temperaturmåling med infrarøde sensorer)
- Kemisk (Sporgasanalyse)
- Mekanisk

Et lækagesøgningsfirma angiver, at kemisk lækagesporing finder utætheder ned til 0,1 liter i døgnet, akustisk lækagesporing finder utætheder ned til ca. 15 liter i døgnet og akustisk lækagesporing med korrelation (korrelatoranalyse) finder utætheder ned til 1,5 m³ i døgnet. Et andet firma angiver de viste værdier i tabel 4.3.

Tabel 4.3: Lækagestørrelser, der kan findes ved brug af forskellige metoder til lækagesporing. /Aqua Lækagesporing/

Metode	Liter per minut	Liter per time	Liter per døgn
Kemisk (sporgasanalyse)	0,0006 liter	0,04	1
Akustisk (Elektronisk lytning på metalrør)	0,01	0,6	15
Akustisk med korrelation (på plast max. 150 m ved små lækager)	1	60	1440
Termografi	10	600	14000

De mest almindelige metoder er akustisk lækagesporing samt akustisk med korrelation. De enkelte metoder gennemgås kort i det følgende.

4.3.1 Akustisk

Ved hjælp af mikrofoner er det muligt direkte at høre den støj en utæthed giver, og ud fra støjen er det muligt at lokalisere utætheden. Udsivende vand fra

et hul under tryk medfører vibrationer i frekvensområdet 500 til 800 Hz. Typisk skal vandtrykket være større end 1,5 psi (ca. 0,1 bar) for effektiv lokalisering.

Der findes mekanisk og elektronisk forstærkning af lyden. Den simpleste forstærkning af lyden er mekanisk, der bruges en såkaldt geofon. Baggrundsstøj forstyrrer og reducerer anvendelsen af geofoner. Derudover er der elektronisk forstærkning, der benytter en mikrofon tilsluttet en forstærker. Forstærkeren bearbejder signalet, så lækagen kan lokaliseres. Det er muligt at filtrere baggrundsstøj bort. Mikrofonen har tilbehør i form af en plade, som bruges ved direkte kontakt med befæstede arealer eller en probe til at bore ned i jorden. Ved direkte kontakt med metaloverflader som f.eks. brandhaner eller stopventiler er mikrofonen tilsluttet ved hjælp af magneter for at give fast kontakt med metaloverfladen. En lang aluminiumsprobe kan blive monteret for at nå ikke tilgængelige kontaktpunkter såsom dybe ventiler.

De vigtigste punkter i forbindelse med akustisk lækagesporing er listet:

- Præcis placering af rør skal kendes.
- Kræver uddannelse og erfaring fra den, der håndterer udstyret.
- Løs jord dæmper lyden.
- Baggrundsstøj forstyrrer.
- Begrænset til dybder mindre end ca. 2m.
- Plastrør dæmper lyden meget.

4.3.2 Akustisk med korrelation

To sensorer placeres på hver side af det område, hvor lækagen formodes at være. Et korrelationsprogram kan ved hjælp af et spektrum af akustik og information om røret udregne den præcise placering af lækagen.

Almindeligvis bliver vibrations transducere placeret, så de er i direkte kontakt med systemet to steder, på hver side af den formodede lækage. Brandhaner, ventiler mv. kan bruges til det formål. Signalet fra hver af transducerne bliver opsamlet og sendt til en modtagende enhed, typisk placeret i en varevogn. Længder, diametre og materialetype mellem de to transducere bliver indtastet. Signalerne bliver bearbejdet og støj bliver frafiltreret, idet frekvensområdet for lækagestøj kendes. På modtagerenheden beregnes den mest sandsynlige placering af lækagen ved at matche de to akustiske signaler med tidsforskydningen af signalet.

Korrelatoren siges at give korrekte placeringer i 95% af tilfældene. Korrekt placering vil sige, at lækagen ligger i et udgravet område på ca. 0,6 gange 0,9 meter. Hvis ikke der indtastes rigtige værdier af dimensioner mv. bliver den beregnede placering unøjagtig. Flere lækager inden for en undersøgt strækning kan nogle gange give tvetydige resultater. Plastrør eller reparerede områder kan dæmpe lyden meget og signifikant reducere effektiviteten af de fleste korrelatorer. Udviklingen foregår hurtigt og udstyret bliver til stadighed optimeret.

De vigtigste punkter i forbindelse med akustisk med korrelatoranalyse er listet:

- God sensor-kontakt altafgørende.
- Det skal være muligt at komme til røret i nærheden af lækagen.

- Materialet, diameteren og længden af røret skal være kendt.
- Plastrør dæmper lyden meget.

4.3.3 Termografi (Temperaturmåling med infrarøde sensorer)

Termomåling med infrarøde sensorer er baseret på, at temperaturen på vandet fra lækagen er forskelligt fra den omgivende temperatur i jorden. Temperaturforskellen kan registreres ved jordoverfladen ved infrarød termografi afhængigt af lækagens størrelse, jordforholdene, og hvor dybt rørene ligger. Metoden kræver dyrt udstyr og uddannet personel, og er ikke anvendelig i mange situationer.

De vigtigste punkter i forbindelse med termomåling med infrarøde sensorer er listet:

- Omkostninger er store.
- Kræver uddannelse og erfaring fra den, der håndterer udstyret.
- Anvendelsen begrænses af vejrforholdene.

4.3.4 Kemisk (Sporgasanalyse)

Der findes to metoder til kemisk lækagesporing. Den første, fluorid-metoden, er brugbar i områder, hvor der er en betydelig mængde vand fra andre kilder, som f.eks. markvanding. Den udsivende vandmængde skal kunne skelnes fra andre kilder. Hvis der spores fluorid på overfladen, er testen positiv, og det vides, at lækagen er i nærheden.

I den anden metode benyttes sporgas. Vandledningen tømmes for vand, isoleres, og sættes under tryk med helium eller nitrogen. En gas-detektor ved jordoverfladen bruges til at registrere udsivningen, idet detektoren flyttes langs røret. Lejlighedsvis må der bores huller for at give sporgassen en mulighed for at nå jordoverfladen. Gas-blandinger såsom metan-nitrogen og metan-argon er blevet brugt med en FID-detektor (Flame Ionization Detector) som metode. Dog kan metan komme fra lækkende gasledninger eller andre kilder. Kemiske metoder er generelt dyrere end akustiske metoder, men hvis f.eks. et uheld har medført, at det har været nødvendigt at lukke ventiler, så røret er blevet isoleret, så kan akustiske metoder ikke benyttes, da der ikke er strømmende vand. I dette tilfælde kan en sporgasmetode være anvendelig.

De vigtigste punkter i forbindelse med sporgasanalyse er listet:

- Omkostninger store og metoden er meget tidskrævende.
- Præcis placering af rør skal kendes.
- Kan nødvendiggøre frigivelse af store mængder sporstof.
- Begrænset til lavere dybder pga. registreringen af sporgas.

4.3.5 Mekanisk

Metoden er meget simpel, idet den går ud på at bore huller i jorden for at give vandet en vej fra lækagen til jordoverfladen. Den bruges, når akustiske metoder fejler, og der er visuel indikation af lækagen.

De vigtigste punkter i forbindelse med den mekaniske metode er listet:

- Kræver en del fysisk arbejde.
- Boring skal foretages med forsigtighed for ikke at skade ledninger/armatur.
- Præcis placering af rør skal kendes.

4.4 Vanskeligheder ved lækagesporing

I det følgende gennemgås nogle af de faktorer, der kan medføre problemer i forbindelse med lækagesporing.

4.4.1 Interferens

Ved de akustiske metoder er problemet, at baggrundsstøj reducerer muligheden for at finde en lækage. Filtrering af uønskede frekvenser hjælper til med at reducere baggrundsstøj, men det alene er ikke nok. Lækagesøgningen er vanskelig i støjende eller geologisk komplekse områder. Støjfaktorer er blandt andet trafik, vekslende overfladematerialer, fugtindhold i jorden, dybdevariation, varierende jordegenskaber, lavt tryk i rør og variationer i funderingsmaterialet.

4.4.2 Adgang til brandhaner, ventiler mv.

Det meste af vandforsyningsnettet er ikke tilgængeligt fra overfladen, hvilket bevirker, at der nogen steder kan være langt imellem målepunkter, dvs. brandhaner, ventiler mv., når der benyttes akustiske metoder.

4.4.3 Placering af rør

At finde lækager kræver præcis viden om rørenes placering. I ældre ledningsnet kan det eksisterende kortmateriale være til begrænset nytte. Det kan være nødvendigt at lokalisere rørene med metoder som magnetik, elektromagnetik, elektrisk modstand eller radar.

4.4.4 Plastrør

PE-rør er meget anvendt i Danmark, men lækager er vanskelige at opdage. De elastiske egenskaber dæmper vibrationer, så støj forårsaget af lækager ikke forplantes så langt væk som for metalrør. Der findes dog forhandlere af korrelatorer med detektorer til lav frekvens.

4.4.5 Forede rør

Renovering af vandledninger kan skabe et andet problem, f.eks. en foring af et metalrør med et plastrør. Støjen fra en lækage er her ikke veldefineret, og der kan ske det, at en lækage på foringen kan medføre, at det udsivende vand transporteres i mellemrummet mellem foringen og metalrøret. Vandet kan således slippe ud langt fra lækagens placering. I øjeblikket findes der ikke teknologier, der kan håndtere denne situation

4.4.6 Flere lækager

Korrelatorer er normalt programmeret til at finde lækager enkeltvis. Flere lækager på den samme strækning kan blive behandlet på forskellig vis. Hvis lækagerne er tæt på hinanden, vil lækagerne blive behandlet som én stor. Hvis de er langt nok fra hinanden, kan lyttepunkterne vælges, så lækagerne lokaliseres enkeltvis. Men hvis lyttepunkterne ikke kan vælges, så dækker de kun over én lækage.

4.5 Erfaringer fra lækagesporingsfirmaer

Der er taget kontakt til følgende lækagesporingsfirmaer:

- Dansk Isotop
- Aqua Lækagesporing
- Ankers lækagesøgning ApS
- Danmarks Termografiske Selskab ApS
- Kobberøe
- Leif Koch A/S
- Roskilde Kabel- & Rørteknik

I praksis foregår lækagesøgningen ved en kombination af avanceret udstyr og målrettede metoder tilpasset til bestemte lækagetyper.

Erfaringen er, at det ikke er teknikken, der er begrænsende for lokalisering af en lækage. Dog kan nogle metoder være tidskrævende og dermed også uøkonomiske til lækagesporing. Tillige er det ved anvendelse af de mest almindelige metoder, akustisk lækagesporing samt korrelatoranalyse, nødvendigt at kende detaljer vedrørende rørets placering, diameter mv.

Følgende generelle erfaringer kan samles fra ovennævnte firmaer:

- Lækager opstår i gamle støbejernsrør, der er udsat for tæring og korrosion.
- Andre årsager til brud er aluminiumsanboringsbøjler fra 70'erne.
- Brudene på de hårde materialer (støbejern) skyldes tæring, og brud på bløde materialer PE og PVC skyldes for PVC's vedkommende, at de er limet sammen, og lækagerne sker typisk i samlingerne. PVC blev brugt for en del år siden, nu benyttes PE-rør, som har en bedre lækagestatistik.
- En stor del af brudene kan også skyldes dårligt anlægsarbejde og forkert behandling af materialerne.
- Det er ikke muligt at kvantificere vandtabet fordelt på offentlig kontra privat del af stik-/jordledningen. Vandmålerens placering er vigtig i denne sammenhæng. Hvis måleren sidder ved huset, hvilket den mange steder gør, er der selvfølgelig ikke noget tab på den private del. Mht. til antallet af brud var erfaringen fra et af firmaerne, at 75% sker på private jordledninger, og det er primært brud på gamle støbejernsledninger. Mht. til mængder forholder det sig helt anderledes, da dimensionerne på stik-/jordledninger er små i forhold til forsyningsledninger og hovedledninger. Ankers lækagesøgning har dog andre tal, der gennemgås i næste underafsnit.

4.5.1 Erfaringer fra Ankers Lækagesøgning ApS

I dette underafsnit gennemgås kort firmaet Ankers Lækagesøgnings erfaringer med lækagesporing og typer af skader. Alle nævnte vandforsyninger er anonymiseret, da materialet ellers ikke ville have været tilgængeligt.

4.5.1.1 Erfaring 1

En vandforsyning havde et stort tab i ledningsnettet og fik undersøgt et delområde af forsyningsnettet. Som sporingsmetode blev korrelatoranalysen benyttet. Resultatet var, at der i alt blev lokaliseret 54 lækager, hvoraf 1 var på forsyningsledningen og 53 var fordelt på stik- og jordledninger og stophaner. 16 ud af de 53 lækager var på privat grund (30% private).

I et andet område, hos samme vandforsyning, blev der fundet 12 lækager ved hjælp af korrelatoranalysen. Der blev observeret en utæt skydeventil, 5 utætheder på/ved stophaner i offentligt areal og 6 lækager på jordledningen inde på privat grund (50% private).

4.5.1.2 Erfaring 2

Hos en vandforsyning blev korrelatoranalysen benyttet til aflytning af alle tilgængelige spindler til stophaner og skydeventiler. På de steder, hvor der var lækagestøj, blev der benyttet udstyr som korrelator, jordmikrofoner og diverse andet udstyr til at lokalisere, hvor lækagerne reelt var. Der blev observeret 17 lækager, hvoraf den ene var en udvendig vandhane, der ikke var lukket. Desuden var der 1 lækage på en forsyningsledning, 2 utætheder ved skydeventiler, 6 utætheder på/ved stophaner, 2 lækager på stikledninger og 5 lækager på private jordledninger (29% private).

4.5.1.3 Erfaring 3

Hos en vandforsyning blev der lokaliseret i alt 19 lækager. 3 utætheder på privat jordledning hos forbrugere, 6 utætheder på stikledninger, 2 utætte pakkåser på ventiler, og 8 utætheder på/ved stophaner. Konsekvensen af udbedring af skaderne var, at natforbruget faldt fra 5 m³/h til 1 m³/h, dvs. at lækagetabet er reduceret med 4 m³/h (15% private).

4.5.1.4 Erfaring 4

En vandforsyning fik lokaliseret 18 lækager. 12 lækager på privat jordledning, 5 utætheder på/ved stophaner og 1 lækage på en forsyningsledning (67% private).

4.5.1.5 Erfaring 5

En vandforsyning fik lokaliseret i alt 8 utætheder, hvoraf de 2 var forholdsvis store lækager på forsyningsledninger. De to store lækager blev lokaliseret ved hjælp af sporgasmetoden, idet begge områder først blev gennemgået med lytning på målerne i målerbrøndene, uden at det medførte registrering af lækager. De 6 mindre lækager er alle konstateret som synlige og ved lyd i målerbrøndene. Natforbruget er, efter udbedring af skaderne, faldet fra 9 til 6 m³/h.

I et andet delområde til den samme vandforsyning blev der lokaliseret 10 utætheder, hvoraf de to var forholdsvis store lækager på stikledninger før målerbrønd. Desuden var der en utæthed på/ved en anbring, to utætheder på jernrør ved stophaner, utætheder ved målerbrønd og en ventil havde en utæt pakkåse.

4.5.1.6 Erfaring 6

Hos en vandforsyning blev der fundet 12 lækager, hvoraf 7 af lækagerne var på stikledninger. 1 til 2 af disse lækager var inde på privat område. Desuden var der 4 på/ved stophaner samt en utæthed på/ved en skydeventil.

4.5.1.7 Erfaring 7

I et delområde hos en vandforsyning blev der fundet tre lækager, hvoraf én var stor. Denne lækage var en knækket stikledning over en kloak. Ud fra støjen blev lækagen vurderet til at være ca. 3 m³/h. Der var en mindre utæthed på en forsyningsledning samt en utæt jordledning inde hos en forbruger. Der blev benyttet korrelatoranalyse til lokalisering af lækagerne. Metoden er bedst til større lækager da den analyserer på støjen fra lækagen til at finde placeringen. Det skønnes, at der stadig kan være 20-30 mindre lækager. Ca. 90% af de lokaliserede lækager har kun givet støj på den stophane, hvor lækagen var eller på stik-/jordledningen efter.

4.5.1.8 Opsamling på erfaringer

Herudover er der foretaget lækagesporing en række andre steder. Der er i alt, inkl. de 7 ovennævnte erfaringer, informationer fra 209 lækager. Oplysningerne er opsummeret i tabel 4.4.

Tabel 4.4: Oplysninger fra lækagesporingsfirma.

		Antal	Procent
Ejerforhold	Offentlig	115	55,0
	Privat	61	29,2
	Ikke angivet	33	15,8
	Sum	209	100,0
Type ledning	Stik-/jord	172	82,3
	Forsyning	18	8,6
	Ikke angivet	19	9,1
	Sum	209	100,0
Placering	Fortov	75	35,9
	Indenfor skel	62	29,7
	Vej	34	16,3
	Sti	1	0,5
	Ikke angivet	37	17,7
	Sum	209	100,0
Materiale	Jern	45	21,5
	Støbejern	55	26,3
	PE	3	1,4
	PEL	1	0,5
	PVC	5	2,4
	Ikke angivet	100	47,8
	Sum	209	100,0
På/ved armatur	Ja (armatur)	89	42,6
	Nej	89	42,6
	Ikke angivet	31	14,8
	Sum	209	100,0

På baggrund af tabel 4.4 fremgår det, at 55% af lækagerne forekommer på offentligt areal, medens 29% på privat grund. Fordelingen af de resterende 16% kendes ikke.

Hvad angår placeringen af lækager, så ligger det største antal lækager i fortovet (35,9 %) efterfulgt af indenfor skel (29,7%) og vej (16,3 %). For ca. 18% af lækagerne er placeringen ikke angivet.

Den overvejende del af lækagerne er sket på jern eller støbejernsrør. Dette hænger sammen med udbredelsen af materialet som stik-/jordledningsmateriale samt at materialet er et dårligere materiale, f.eks. er det udsat for korrosion.

4.6 Afsluttende bemærkninger til lækagesporing

I dette kapitel er det vist ud fra erfaringer fra forskellige lækagesporingsfirmaer, at lækagesporing ved brug af forskellige metoder, kan anvendes med succes.

En del af lækagesøgningsfirmaerne var ikke meget for at udlevere data om deres kunder (kommunerne). Det var dog muligt at få nogle data, på betingelse af at de omfattede kommuner blev anonymiseret.

Det er vigtigt i overvejelserne omkring lækagesporing at vægte effekt i forhold til benyttede ressourcer (økonomi og mandskab). Der forefindes et økonomiske lækageniveau, hvor besparelse af vand og den økonomiske indsats er optimal. Punktet vil være forskelligt fra kommune til kommune. Det miljømæssigt optimale punkt vil ikke være lig det økonomiske lækageniveau. Miljømæssigt skal tabet være så lille som muligt.

5 Datamateriale om lækager

Der er foretaget litteratursøgning på DTV, ALIS og publikationsdatabasen DADS. Der er der taget kontakt til store som mindre kommuner geografisk fordelt i Danmark. Der er derudover modtaget data fra deres lækagedatabaser som bl.a. benyttes til renoveringsplanlægning.

Der er også indhentet oplysninger fra Foreningen af Vandværker i Danmark (FVD) der er en sammenslutning af forbrugerejede vandforsyninger i form af andelsselskaber eller interessentskaber. Af landets ca. 2800 private vandværker er lidt mere end 2100 vandværker medlem af Vandværksforeningen.

Den indsamlede information viser, at tabet pga. lækager er vanskeligt at estimere præcist i antal m³, og blandt andet derfor har DANVA valgt at se bort fra ledningstab som kriterium for, hvornår det er på tide at renovere. De anbefaler i stedet at se på lækagefrekvensen. Denne kan bruges som estimat på hvor stort tabet er for de forskellige materialer mv. Der er sjældent kendskab til hvor længe en given lækage har eksisteret samt hvor stor en vandmængde, der er løbet ud, men erfaringsmæssigt er lækager langt den største post i vandværkets opgørelse af umålt forbrug i m³.

5.1 Lækagetab

Lækagetabet udgør erfaringsmæssigt 70-75 % af det samlede umålte forbrug. Det angives ofte i procent af udpumpet vandmængde, men da vandforbruget generelt er faldet kraftigt igennem 1990'erne slører det lidt det absolutte lækagetab i m³. En gammel tommelfingerregel siger, at ledningsnettet er særdeles godt vedligeholdt, hvis det årlige lækagetab er under 6-8 %, mens lækagetab på over 20 % er uacceptabelt/Vandforsyning, 1998/. Tabet i % varierer bl.a. afhængigt af ledningsnettets længde, vandforbrug mv. og tabet i % kan derfor ikke bruges som en sammenlignelig størrelse vandforsyningerne imellem.

En vurdering af om ledningsnettet er i god stand kan foretages ud fra:

- Lækagetabet i m³/d/km ledning (specifikt tab)
- Nattimeforbruget

I Tyskland anses ledningsnettet for godt vedligeholdt, hvis lækagetabet m³/d/km er under et niveau som afhænger af den jordtype som ledningsnettet ligger i (3-15 m³/d/km). Frankrig og USA angiver 3 m³/d/km for nye ledninger og 5-7 m³/d/km for ældre velholdte anlæg.

I England anvendes en empirisk formel for hvad der anses for tilladeligt lækagetab, hvor der udover ledningsnettets længde tages hensyn til det årlige lækageantal på forsynings- og stikledninger.

$$\text{Lækagetab} = \frac{10 * L + C}{20} \left(1 + \frac{5 * M_L + C_L}{5 * L} \right) \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{døgn}} \right]$$

L er længden i km
C er antal stikledninger
 M_L er antal lækager på distributionsledninger registreret pr. år.
 C_L er antal lækager på stikledninger pr. år

Natforbruget giver tit den bedste information. Overvågning af det minimale natteforbrug kan give meget information om udviklingen i lækagetabet.

Ved opdeling af forsyningsnettet i mindre områder med vandmålere giver dette en særdeles god kontrol af lækagetabet. Forbruget bør i natterne være meget beskedent. Det er vigtigt, at målingerne foretages løbende, så det er muligt at se en evt. udvikling.

Systematiske undersøgelser af ledningsnettet kan foretages ved at lave en midlertidig eller permanent sektionering af nettet og indbygge målerbrønde på strategiske steder. Denne sektionering af ledningsnettet betyder, at det er muligt at overvåge mindre områder, og dermed indkredse problemområderne. For almindelige ringforbundne systemer kan det være meget svært at konkretisere, hvor tabene foregår.

5.2 Lækagekategorier

Der skelnes mellem lækager ved at inddele dem i kategorier. En kategori kan være hvilke typer af brud, der ligger til grund for lækagerne. Lækagerne kan også kategoriseres efter placering i ledningsnettet på enten hovedledninger, forsyningsledninger, stikledninger eller armatur.

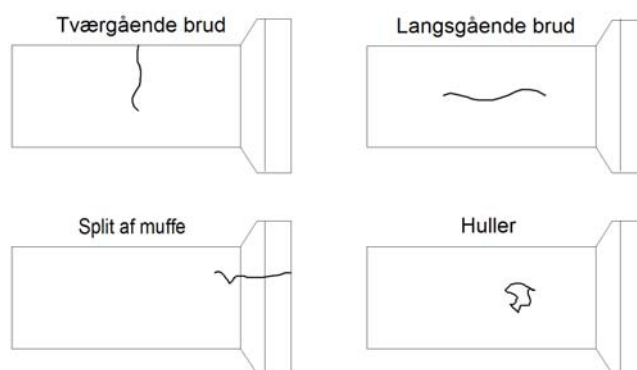
5.2.1 Typer

Der kan kategoriseres efter 4 forskellige typer af brud /DVF-vejledning nr. 10, 1995/:

- Tæringsskader
- Sætningsbrud
- Frostbetingede brud
- Træthedsbrud

Der kan udvikles tæringsskader, der skyldes aggressiv jordbund og vand, og det udvikler sig til huller i ledningerne. Sætningsbrud kan opstå som følge af dårlig nedlægning og håndtering eller pga. trafiklast, og bruddene er "knækbrud". Frostbetingede brud er også "knækbrud" medens træthedsbrud, fremkommer som følge af trykstød, og giver langsgående brud. På figur 5.1 ses de mest almindelige rørbrud.

Figur 5.1: Almindelige brudtyper



5.2.2 Placering

Lækagerne kan med fordel inddeles under ledningstype (placering). Dette er hensigtsmæssigt, hvis det ønskes f.eks. at vide hvor stort et antal lækager, der findes på den private side af matrikelskellet.

Bruddene kan inddeles på følgende ledningstyper:

- Hovedledninger
- Forsyningsledninger
- Offentlige stikledninger
- Private jordledninger
- Armatur

Lækager på armatur kan bl.a. være på private jordledninger og installationer før måleren. Det kan også være stophaner mv.

DVF foretog i 1980 en undersøgelse af fordelingen af i alt 1623 lækager. Resultatet er gengivet i tabel 5.1.

Tabel 5.1: 15 kommuners samlede antal lækager fordelt på ledningstype og armatur (1 års undersøgelse)

Hoved- og forsyningsledninger	Stikledninger til skel	Armatur	Total
742 (46%)	661(41%)	220(14%)	1623

Af tabel 5.1 ses det, at 46 % af lækagerne sker på hoved- og forsyningsledninger, 41 % på stikledninger til skel og 14 % på armatur. Armatur forstås i denne sammenhæng som: ventil, brandhane, anboringshane/bøjle og "andet".

Manglen ved DVF's undersøgelse er manglende kvantificering af vandtabet. Dette kan imødekommes ved at se på hvor stort vandtab en lækage giver på de forskellige typer af ledninger.

Brud i ledningsnettet har naturligvis størst konsekvens, hvis det f.eks. sker på en hovedledning, da denne har større dimension og dermed fører mere vand. Forskellige kilder sætter værdier på typiske lækager, jf. tabel 5.2 til 5.5.

Tabel 5.2: Typiske værdier for størrelsen af lækager, værdierne er omregnet fra gpm=Gallons Per Minute /Leak Detection Programme - Summary Report, 2002/

PLACERING	TYPISK VÆRDI [LITER/H]	M ³ /LÆKAGE/ÅR
Ventil, brandhane, mm.	28 liter/time	249
Stikledning	57 liter/time	497
Samling "joint leak"	1136 liter/time	9947
Hoved- og forsyningsledninger	4088 liter/time	35809

Tabel 5.3: Typiske værdier for størrelsen af lækager, gpm=Gallons Per Minute /<http://www.ci.san-luis-obispo.ca.us/utilities/distribution.asp/>

PLACERING	MIN [GPM]	MAX [GPM]
Hovedledninger	1	>1000
Stikledninger	0,5	>15
Måler	<1	10
Private lækager (privat jordledning, haner, ventiler, interne rør, toiletter)	<1	15
Ventiler	<1	500

Tabel 5.4: Lækager på hoved- og forsyningsledninger samt stikledninger og armaturer, Japan /Renere teknologi i Hvidovre Vandforsyning, 1993/

		Lækager		Tab	
		Antal	% af total	m ³ /d	% af total
Hoved- og forsyningsledninger samt armaturer	Rør	53	5,1	4416	29,1
	Ventiler	88	8,5	255	1,7
	Brandhaner	12	1,2	54	0,4
	Andet	19	1,8	711	4,7
Stikledninger og armaturer	Rør	419	40,3	6867	45,3
	Ferrules "rørringe"	40	3,9	1359	9
	Ventiler	186	17,9	315	2,1
	Målere	85	8,2	81	0,5
	Vandinstallationer	97	9,3	273	1,8
	Materialefejl	35	3,4	764	5
	Andet	4	0,4	55	0,4
I alt		1038	100	15150	100

Tabel 5.5: Forbrug (ca.) i m³/time for forskellige lækager /Hvidovre kommune/

	Hovedledning	Stophane	Langt stik	Privat ledning	Brandstander
Antal	6	4	12	26	1
Gennemsnit [m ³ /time]	3,5	0,3	2,2	1,3	0,9

5.3 Årsager

Nogle vandforsyninger gør en stor del ud af at registrere forskellige forhold omkring en lækage for at kunne bruge disse oplysninger til at få et bedre ledningsnet. Registreringerne er til stor gavn for at kunne finde ud af, hvilke forhold der gentagne gange er årsager til lækager. Ofte vil en lækage opstå ved en kombination af flere forskellige årsager, f.eks. korrosion og trafikbelastning. Årsagerne til en lækage på ledningsnettet kan være en eller flere af nedenstående punkter.

- Fysisk aktivitet (entreprenørarbejde)
- Trafikbelastning
- Jordbundsforhold
- Samlingsmetoder
- Kvalitet af udført arbejde
- Fysiske/kemiske forhold (korrosion)
- Trykforhold
- Trykstød
- Temperatur/udtørring af jorden (meteorologiske forhold)
- Rørmaterialet

I tabel 5.6 er angivet antallet af lækager for hoved- og forsyningsledninger fordelt på årsag og materiale for 15 kommuner i 1980. Det skal bemærkes at undersøgelsen er næsten 25 år gammel, og at en lignende undersøgelse i dag, bl.a. pga. skift i materialeanvendelse, sandsynligvis vil give andre resultater.

Tabel 5.6: Lækager på hoved- og forsyningsledninger i 15 kommuner /DVF, 1980/

Ledningsmateriale→ Årsag ↓	Alm. Støbe- jern	Duktil støbejern	Bonna	Forspændt beton	Eternit	PVC	PEL/PEH	Stål	Andet	Uoplyst	I alt	%
Korrosion	51		1		5			34			91	12,3
Materialefejl	3		1		2	49	1	1			57	7,7
Fejl ved lægning og samling	7				3	25					35	4,7
Funderingsforhold	233	1			23	18		1			276	37,2
Trafikbelastning	43		1		1	4					49	6,6
Ydre årsager	26	1			12	79	5				123	16,6
Tværgående ledninger	10				1	1					12	1,6
Vejrforhold	43				1						44	5,9
andet	3					5					8	1,1
uoplyst	40				1	3		3			47	6,3
i alt	459	2	3		49	184	6	39	0	0	742	100

Lækagerne fordeler sig på materialerne støbejern (62 %) og PVC (25 %). Årsagerne til lækager er: Funderingsforhold (37 %), ydre årsager (17 %) og korrosion (12 %).

Lækager på stikledninger, jf. tabel 5.7, fordeler sig hovedsageligt på materialerne støbejern og stål, og årsagerne er primært korrosion (42 %), funderingsforhold (24 %) og ydre årsager (13 %). Det vil sige samme tre årsager som for hoved- og forsyningsledninger.

Lækager på armatur skyldes især brud på anboringshane/bøjle (61 %), og årsagen til dette er primært korrosion (53 %). Ud af alle lækager på armatur udgør korrosion 39 % og ydre årsager 17 %.

Tabel 5.7: Lækager på stikledninger og armatur /DVF, 1980/

Årsag	Stikledninger										Armatur						
	Alm. Støbejern	Duktstøbejern	Eternit	PVC	PEL/PEH	Stål	Andet	Uoplyst	I alt	%	Ventil	Brandhane	Anboringshane/bøjle	Andet	Uoplyst	I alt	%
Korrosion	30					251	2		283	42,8	13		71	1	1	86	39
Materialefejl	2			2	4				8	1,2	7	2	10	2	1	22	10
Fejl ved lægning og samling	4			3	11			1	19	2,9	2		8	1		11	5
Funderingsforhold	144		3	7	2	3		1	160	24,2			5	1		6	3
Trafikbelastning	31			3	1				35	5,3	2	1	5	1		9	4
Ydre årsager	30		2	10	37	7			86	13	1	14	18	3	1	37	17
Tværgående ledninger	13								13	2			1			1	0
Vejrforhold	17					1			18	2,8	10	2	3	1		16	7
Andet											6		4	1		11	5
Uoplyst	33		1	4		1			39	5,9	10	1	10			21	10
I alt	304		6	29	55	263	2	2	661	100	51	20	135	11	3	220	100

I det følgende behandles årsagerne enkeltvis. Der inddrages litteratur fra både danske og udenlandske kilder.

5.3.1 Fysisk aktivitet (entreprenørarbejde)

En årsag til brud er at der bliver gravet i nærheden af hvor der ligger vandledninger. Dette er med til at ændre spændingerne i jorden.

5.3.2 Trafikbelastning

I trafikerede områder er der erfaringsmæssigt en del brud pga. trafikken. Trafikken kan være årsagen der bevirker et brud på en ledning som f.eks. også er udsat for sætninger. Under vejene ligger både kloak- og vandforsyningsledninger, og det kan ikke undgås at ledningerne vil krydse hinanden, og specielt der hvor en vandledning går over en kloakledning er et kritisk punkt.

5.3.3 Jordbundsforhold

Ændringer i jorden omkring vandledninger kan give anledning til lækager. Det har tidligere været almindelig praksis at fylde f.eks. en kloakudgravning med grus, når den passerede under en vandledning, netop for at forhindre sætninger og dermed brud. På kort sigt er løsningen god, men ikke særlig egnet på længere sigt. Består den omliggende jord af ler, vil denne have en langsommere vandgennemstrømning end gruslaget. Dette betyder, at lerlaget med det større vandindhold vil fryse og udvides, medens gruslaget vil være nogenlunde uberørt. Derved opstår forskydningspændinger i grænsefladen mellem de to

lag, og resultatet er ofte ledningsbrud. Alternativt kan den opgravede jord genanvendes således, at ledningsgraven på længere sigt får de samme funktionsegenskaber som den omliggende jord. /Vandforsyningsteknik nr. 38, 1989/

I Tyskland er der taget hensyn til jordbundsforholdene ved fastsættelse af acceptabelt lækagetab. F.eks. tolereres et højere lækagetab i en stenet jord i forhold til en sandet.

5.3.4 Samlingsmetoder

Der kan forekomme revner i støbejernsrør. De blystøbte samlinger kan absorbere fugt, og derfor kan samlingen ekspandere og få muffen til at sprænges. Det kan også ske det at samlingerne med tiden skørner, således at vibrationer fra en overliggende vej kan forårsage brud.

Et andet problem er nedbrydning af gummipakninger. Dette er et problem konstateret i England, Holland, New Zealand, Australien og Norge. Pakningerne nedbrydes af actinomyceter, som er naturligt forekommende mikroorganismer i jord og grundvand. Erfaringen er, at mikrobiologisk nedbrydning kun forekommer i pakninger af naturgummi og syntetisk polyisopren. Pakninger af syntetisk gummi er resistente. Omkring 75 % af de undersøgte pakninger fra norske kommuner viser tegn på mikrobiologiske angreb.

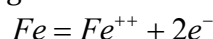
5.3.5 Kvalitet af udført arbejde

Der er flere led som kan føre til en kvalitetsforringelse af det færdige ledningsnet. Bl.a. kan udførelsen af funderingen have betydning, idet vandledninger ikke dimensioneres som bærende bjælker. Ikke-ensartet fastpakket underliggende fundering kan give problemer med sætninger. Hvis funderingslaget ikke er permeabelt, og rørmaterialet kommer til at ligge under vand kan det medføre ekstern korrosion. Desuden kan funderingsmaterialet blive transporteret bort af det nedsivende vand og underminere grundlaget for funderingen.

Der findes en dansk norm for etablering af ledningsanlæg i jord, DS 475, hvori der også gives detaljerede anvisninger for opgravning og tilfyldning. Normen hjælper til at kvaliteten af det udførte arbejde bliver tilfredsstillende. For de enkelte ledningsmaterialer er der forhold, der er specielle for materialet, og som bør iagttages ved anvendelse og lægning af det aktuelle rørmateriale.

5.3.6 Fysiske/kemiske forhold (Korrosion)

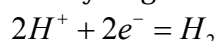
Korrosion er en elektrokemisk proces mellem rørmaterialet og omgivelserne som betyder, at røret mister metal (primært jern). Der kan ske korrosion af metalrør både i internt og eksternt miljø, dvs. på begge sider. Korrosion af metal medfører overførsel af elektroner fra røret til f.eks. opløst ilt eller hydrogen i vandet. Et eksempel på metal oxidation ved anoden er:



For at oxidationen kan forekomme, er der nødt til at være en reduktion, almindeligvis reduktion af ilt:



eller hydrogen:



Under visse forhold dannes der en film af uopløselige produkter på anoden, dvs. rørmaterialet.

Intern korrosion af metalrør medfører flere problemer, bl.a. tab af bærende kapacitet, reduceret kapacitet af vandføring og forurening af vandet. Korrosionen vil begynde i inhomogene områder som f.eks. sprækker. De primære faktorer der har betydning for intern korrosion er: pH, opløst ilt, temperatur, høj hastighed eller turbulens, lav hastighed, alkalinitet, calcium hårdhed, klor-, klorid- og sulfat-, svovlbrinte-, ammoniak- og magnesiumindhold samt totalt opløst stof.

Udover korrosion af metalrør er der også nedbrydning af betonrør, bl.a. kan lav pH opløse cementen. Plastrør har en god modstandsevne overfor kemiske angreb.

5.3.7 Trykforhold

Når trykket stiger så stiger lækagetabet også. Dette er ikke så mærkeligt, da der ved højere tryk strømmer mere vand ud af utæthederne. Vandforsyningerne har ifølge normalregulativerne ikke pligt til at holde et mindste tryk i ledningerne, men der bør være tilstrækkeligt tryk til almindeligt forbrug i normal bebyggelse. Industriforbrug, særligt høj bebyggelse, sprinkleranlæg mm. kræver særlige hensyn. Trykket kan ikke uden videre sænkes, hvis denne sænkning betyder en forringelse af forsyningsforholdene.

København oplevede et fald i lækagefrekvensen på hoved- og forsyningsledninger fra 1,6 lækager/10 km til 1,2 lækager/10km fra 1991 til 1992. Årsagen til dette menes at være, at der i 1992 blev introduceret et nyt trykregulerings-system, som specielt reducerer nattrykket i byledningsnettet.

Et andet eksempel fra København på trykkets betydning var, da der skete en fejl i reguleringsmekanikken, der betød, at trykket steg 5-6 mvs. Der blev umiddelbart registreret 8 lækager på ledningsnettet. /Vandforsyningsteknik nr. 43, 1994/

Vandtrykkets direkte indflydelse på tabet ved lækager er vist i tabel 5.1. Samtidigt har et mindre vandtryk vist sig at give et lavere vandforbrug hos forbrugerne.

5.3.8 Trykstød

Ved en ændring af strømhastigheden i et rørsystem opstår der en trykbølge. Denne kan forårsage kraftige tryksvingninger, hvis hastigheden akut ændres kraftigt. Disse ændringer kaldes trykstød eller vandslag. Trykstød kan være årsag til sprængning af rør og samlinger i et ledningsnet.

Trykstød kan opstå som følge af pumpestop pga. strømsvigt eller ved hurtig lukning af ventiler mv.

En trykbølge der opstår i den ene ende af systemet vil vandre til den anden ende, hvor den reflekteres og vender tilbage til udgangspunktet, hvor den kan forvolde skade. Trykbølgen vil svinge frem og tilbage i røret. Hvis den anden ende er fuldstændig lukket vil bølgen næsten ikke blive dæmpet, og den vil derfor komme tilbage med al den energi, der er oplagret i væskesøjlen. Trykbølgen vil dog til sidst aftage pga. friktion mod rørets sider.

5.3.9 Temperatur/udtørring af jorden (meteorologiske forhold)

Erfaringsmæssigt sker der i DK flere lækager i vintermånederne. Undersøgelser fra USA indikerer tilsvarende, at 50-70 % af brudene sker i de 4 koldeste måneder/Smith et. Al., 2000/. Konklusionerne fra en undersøgelse i Norge er følgende /MST, 1993/:

- Spændingen i støbejernsrør viser sæsonmæssige variationer. Det er hovedsageligt aksialspændingerne, der varierer.
- Målingerne viste spændinger i størrelsesordenen 12-16 % af tilladt niveau for duktile støbejernsrør. Ugunstige anlægsforhold og andre rørkvaliteter kan give langt højere spændinger.
- Frostkræfterne har indvirkning på jordtrykket i rørniveauet.
- Aflastningseffekten på rørene synes at øge med øget frostdybde.
- Frosten dæmper virkningen af trafikkrystelser.

En høj temperatur medfører udvidelse, medens lav temperatur medfører sammentrækning af rørmaterialet. Minusgrader medfører ydre tryk pga. udvidelse af vand i jordens porøsitet. Ofte kan det være temperaturen, der udløser en lækage på et rør som er medtaget af korrosion.

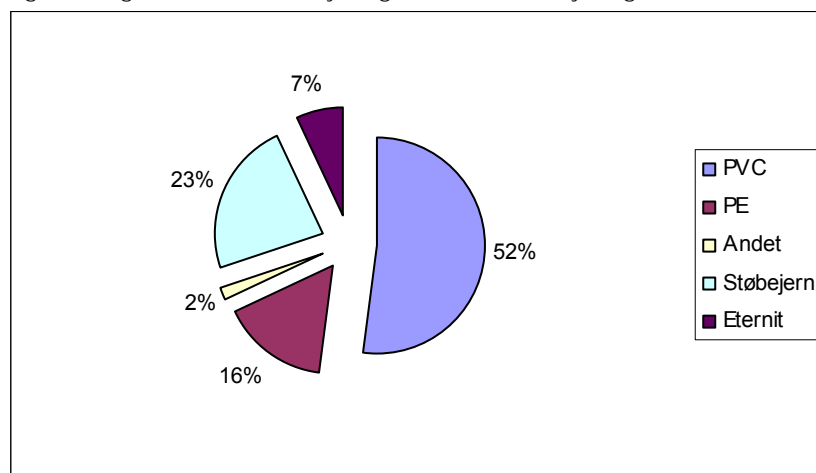
5.3.10 Rørmaterialet

Indledningsvis beskrives den eksisterende materialeanvendelse i danske vandforsyningssystemer. Ledningsnettet i de danske vandforsyninger er i dag præget af 4 typer:

- Støbejernsrør
- PVC-rør
- PE-rør
- Asbestcement-rør (eternit-rør)

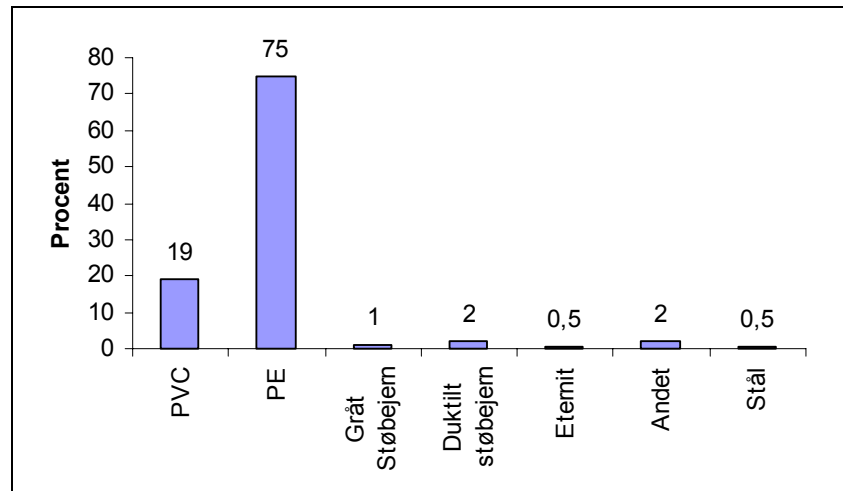
Der findes andre materialer f.eks. stålør og jernbeton, men det er de fire nævnte materialer, der dominerer vandforsyningerne. Der lægges ikke nye asbestcementrør, men materialet er udbredt. På figur 5.2 ses fordelingen af materialer. Resultaterne er fra vandforsyningsstatistikken 2002.

Figur 5.2: Fordeling af materialer for en samlet ledningslængde på 17216 km. Databaggrunden er 78 vandforsyninger fra Vandforsyningsstatistikken 2002.



Figur 5.3 viser hvilke materialer der forventes benyttet i fremtiden i danske vandforsyninger. Undersøgelsen viser klart at PE er det foretrukne materiale.

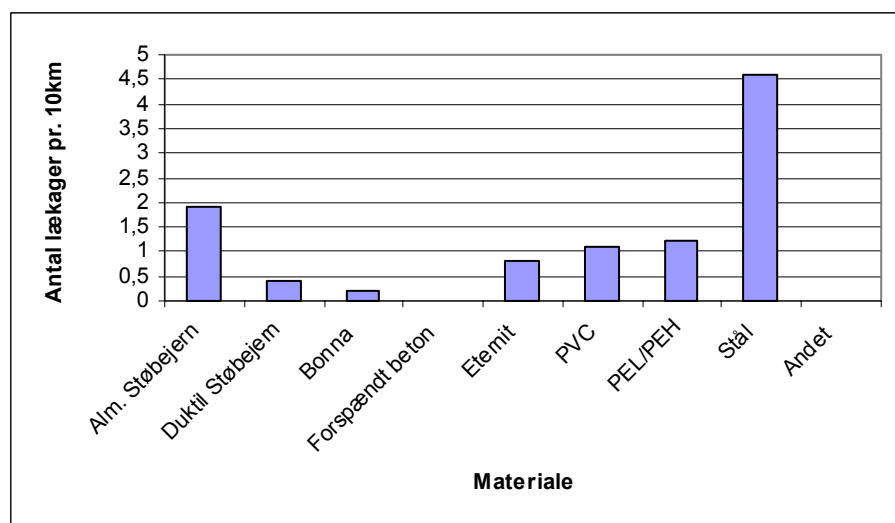
Figur 5.3: Spørgeskemaundersøgelse omkring hvilke materialer der anvendes i fremtiden i danske vandforsyninger /Vandforsyningsteknik nr. 44, 1995/, 39 vandforsyninger.



Støbejernsrør blev indtil ca. 1960 fremstillet af "gråt" støbejern (Hårdt, stift og skørt med en skrøbelig struktur). Grå støbejernsrør blev lagt i perioden fra de første vandværker i 1850'erne og frem til omkring 1960. Mange er fortsat i brug. I en periode fra 1930'erne til 1970'erne blev der anvendt en del stålør og eternitrør. Især på stikledninger blev der brugt meget stål. De senest anvendte materialer er duktilt støbejern og plast. Anvendelsen af PVC-rør startede i slutningen 1950'erne, de første typer PE-rør fra 1960'erne. Der er både fordele og ulemper ved de forskellige materialer. F.eks. er PVC korrosionsfri, men til gengæld er lednings- og lækagesøgning vanskelig for PVC-rør.

En undersøgelse fra 1980 viser antallet af lækager pr. 10 km for 13 kommuner i år 1980 på hoved- og forsyningsledninger (Figur 5.4).

Figur 5.4: Lækager pr. 10 km for 13 kommuner i år 1980 på hoved- og forsyningsledninger/Lækageundersøgelse: Vandtab og lækager på vandforsyningers ledningsnet/



Figur 5.4 viser, at stål og alm. støbejern har en høj lækagefrekvens. Almindeligt støbejern ligger højt med 1,9 lækager pr. 10 km, men da det ikke forhand-

les længere, må det forventes, at dette tal vil falde efterhånden som ledninger af alm. støbejern bliver udskiftet.

Ældning af ledningsmaterialer er der ikke taget hensyn til i ovenstående lækagestatistik. Sammenlignes f.eks. lækagefrekvensen i figur 5.4 for støbejern (1,9) og PVC (1,1), må det tages i betragtning at ledninger af støbejern har en væsentligt højere gennemsnitsalder end ledningsnettet af PVC og PE. Set i forhold til PE og PVC's unge alder, ligger antallet af lækager meget højt. Det ses af figur 5.3 at 19% af de materialer, der forventes at blive brugt fremover er af PVC og 75% PE, og set i lyset af dette er det måske ikke sikkert, at antallet af lækager pga. ledningsmaterialer bliver mindre.

For stikledninger ser situationen ud som på figur 5.5. Lækagefrekvensen udtrykt som hhv. antallet af lækager pr. 10 km hovedledning og antallet af lækager pr. 1000 stikledninger ligger på samme niveau /Renere teknologi i Hvidovre Vandforsyning, 1993/ Datagrundlaget er dog ikke tilfredsstillende set fra et statistisk synspunkt, idet antallet af stikledninger indenfor nogle kategorier ikke er højt nok, og analysen omfatter desuden kun 5 kommuner.

Figur 5.5:Lækagefrekvens på stikledninger



Figur 5.5 viser at stål er det dårligste materiale, men PVC er ikke meget bedre. Der er ikke registreret lækager på duktilt støbejern, men der er kun et antal på 108 med i analysen.

5.4 Erfaringer fra vandforsyninger

I det følgende beskrives udvalgte vandforsyningers erfaringer med lækagesporing i forbindelse med reduktion af umålt forbrug (vandtab) i ledningsnettet. Der er taget kontakt til over 30 vandforsyninger, hvoraf flere har detaljerede lækagedatabaser og informationer vedr. vandtab (umålt forbrug). I kapitel 1 er alle kontaktede vandforsyninger listet. Følgende vandforsyninger/kommuner beskrives nærmere i dette kapitel:

- Københavns Energi
- Århus Kommunale Værker - VAND
- Odense Vandselskab

5.4.1 Erfaringer fra Københavns vandforsyning (Københavns Energi)

København har et omfattende register over lækager i perioden fra 1928 til 2003. Det store datamateriale bygger på næsten 4.700 lækagerapporter.

5.4.1.1 Data om Københavns ledningsnet

Hovedtallene for Københavns ledningsnet er angivet i tabel 5.8. Det fremgår, at den samlede længde af ledningsnettet med stikledninger er ca. 1100 kilometer. Den gennemsnitlige alder for ledningsnettet er ca. 60 år, og må derfor anses for at være et relativt gammelt net, hvor det må forventes, at der vil opstå en del lækager.

Størstedelen af ledningsnettet er enten støbejern eller PE. Tilsammen udgør de næsten 90% af det totale ledningsnet. Betragtes stikledningerne separat er størstedelen af disse støbejern.

Tabel 5.8: Hovedtal for ledningsnettet i København per 01-12-2003. /København Energi/

Type af ledning	Pr. 01-12-2003
Hovedledninger	156 km
Forsyningsledninger	775 km
Stikledninger, 33.933 stk.	182 km,
I alt	1113 km
Brandstandere	4039 stk.
Vandmålere	34.380 stk.
Ledningsnettets alder	
Før 1900	3,8 %
1900-1945	25,8 %
Efter 1945	70,5 %
Gennemsnitsalder (vandforsyningsstatistik 2002)	61 år

Tabel 5.9: Anvendte materialer i København

Materiale	Procent af hele ledningsnettets længde
Støbejern	78,84
Bonna	4,81
PE	10,92
Duktil	4,46
Eternit	0,53
Sentab	0,06
Strømpe	0,28
Stål	0,06
PVC	0,01
Andet	0,02
	Procent af antal stikledninger
Støbejern	87,6
PEH	1,7
PEL	5,3
PEM	5,3
Andet	0,0

København har et omfattende register over lækager i perioden 1928 til 2003. Datamaterialet bygger på ca. 4.700 lækagerapporter. I tabel 5.10 er de primære årsager til lækager angivet.

Tabel 5.10: Primære årsager til lækager. /Udtræk fra lækage database, Københavns Energi 2003/

	Antal	Procent
Andet	295	7,3
Armatuur	213	5,3
Funderingsforhold	725	18,0
Materialefejl	94	2,3
Trafikforhold	195	4,8
Tæring/korrosion	785	19,5
Vejrforhold	130	3,2
Uoplyst	1495	37,1
Fejl ved lægning og samling	79	2,0
Ydre årsager	21	0,5
I alt	4032	100,0

Tabel 5.10 indeholder oplysninger fra lidt over 4.000 lækager. De to største årsager til lækager er funderingsforhold (18%), tæring/korrosion (19,5%). I gruppen uoplyst(37,1%) ligger alle lækager, der er meldt og løst, men hvor årsagen ikke er noteret eller ikke fastslået.

Der er ligeledes muligt at få fordelt lækageantallet på type af ledning - hovedledning, forsyningsledning og stikledning. Oplysningerne fremgår af tabel 5.11.

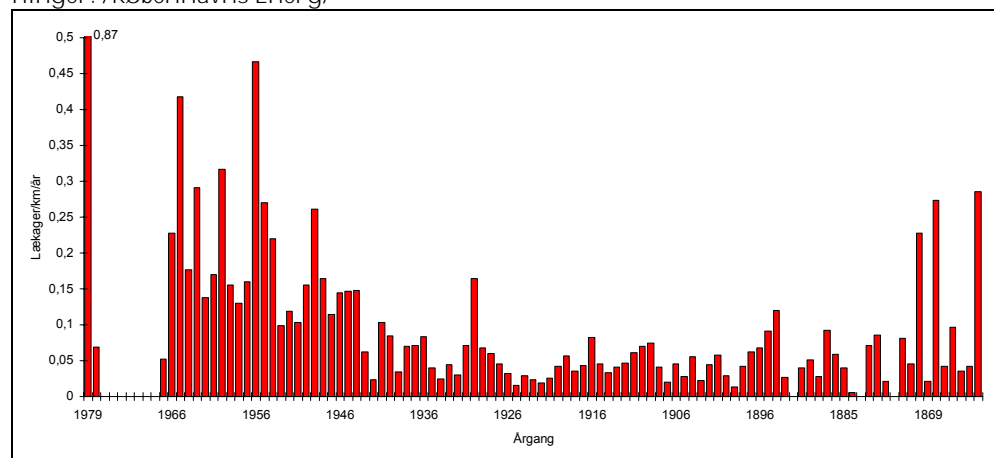
Tabel 5.11: Lækageantal i København fordelt på ledningstype i perioden 1990 til 2002. Stikledninger går kun til skel. /Københavns Energi/

Type	1990-2002	Procent
Hoved	20	1
Forsyning	1546	46
Stik	1801	53
Total	3367	100

Det er et meget lille antal af lækager, der sker på hovedledningerne svarende til ca. 1% set i perioden 1990 til 2002. Antal lækager på forsyningsledninger og stikledninger er næsten ens med en lille overvægt på stikledninger. Det er vigtigt at bemærke, at stikledninger kun er medtaget til skel.

Københavns Energi har undersøgt sammenhængen mellem lægningsåret for grå støbejernsledninger og lækagefrekvensen i antal per kilometer ledning per år. Undersøgelsen viser overraskende, at selvom ledningsnettet har en høj gennemsnitsalder, er det langt fra de ældste ledninger, der har den højeste lækagefrekvens. Resultatet af undersøgelsen fremgår af figur 5.6. Forklaringen til den høje værdi i 1979 skyldes at der fra 1973 og fremefter næsten ikke er brugt grå støbejernsledninger. Derfor vil lækager på meget få km give meget et højt antal lækager per km per år.

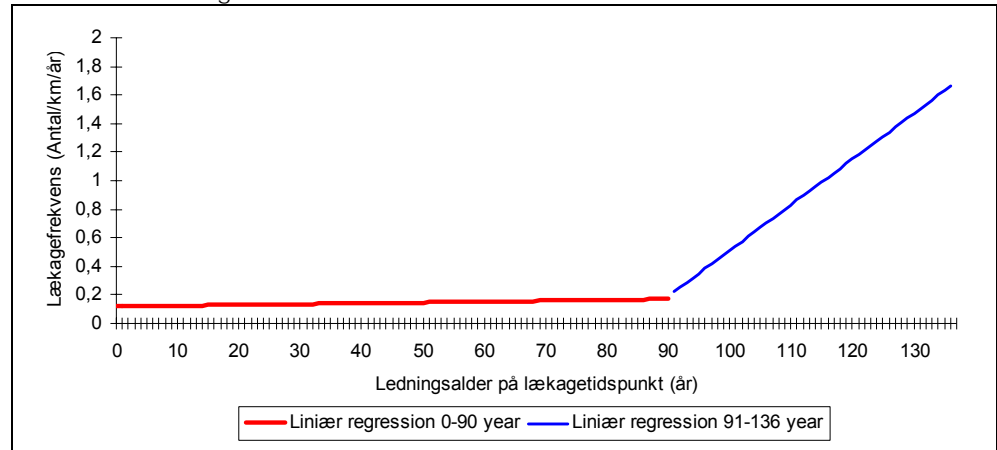
Figur 5.6: Lækagefrekvens som funktion lægningsår af ledning for grå støbejernsledninger. /Københavns Energ/



København har udarbejdet en lignende kurve for grå støbejernsledninger som viser lækagefrekvensen som funktion af ledningsalder på lækagetidspunkt. Denne er vist på figur 5.7. Kurven er "generel" dvs. den omfatter således data for grå støbejernsledninger under ét (forskellige dimensioner, forskellige omgivelsesparametre mv.) datagrundlaget er det samme som for figur 5.6

Kurven går mere end 100 år tilbage, og viser tydeligt, at der sker en voldsom stigning i lækagefrekvensen, når ledningsalderen er højere end 90 år. Da størstedelen af Københavns ledningsnet er støbejern og den gennemsnitlige alder er 60 år, er ledningsnettet ud fra ovennævnte betragtninger ikke i en kritisk periode.

Figur 5.7: Generel "ældningskurve" for grå støbejernsledninger i København. /Københavns Energi/

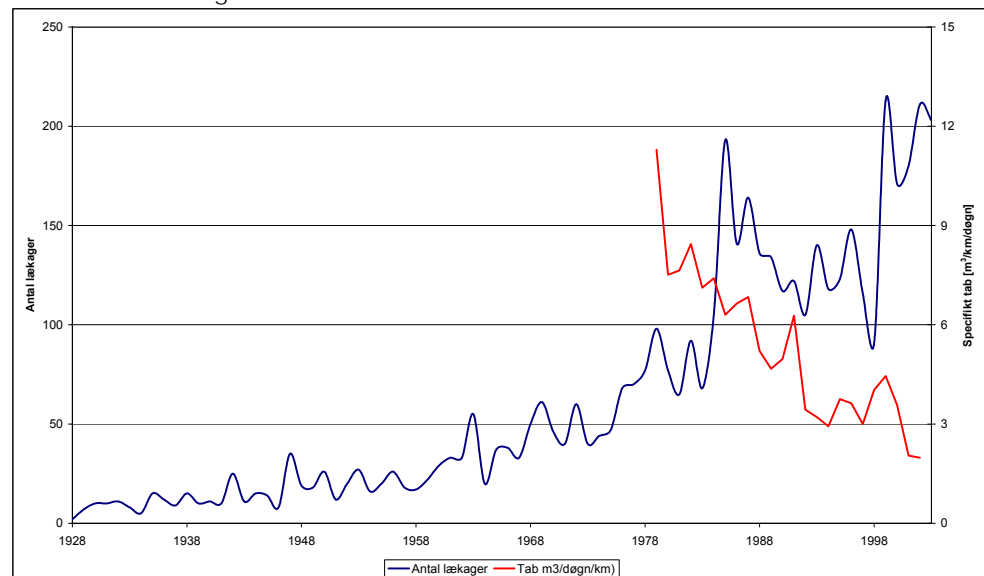


5.4.1.2 Sammenhængen mellem antal lækager og det specifikke vandtab

Sammenholdes antallet af lækager med det specifikke vandtab fremkommer et billede som vist på figur 5.8.

Lækageantallet er steget meget fra 1928 til 2002, hvorimod det specifikke vandtab er fladet ud siden 1980. Forklaringen på det stigende antal lækager kan være, at del af ledningsnettet er ved at nå en alder, hvor det kan forventes, at antallet af lækager vokser. En stor del af ledningsnettet er ved at nå de 90 år, hvor der forventes en markant stigning i lækagefrekvensen for grå støbejernsledninger, jf. figur 5.7.

Figur 5.8: Udviklingen i specifikt vandtab og antallet af lækager i København. /Københavns Energi/



For at begrænse lækagetabet har Københavns Energi i 2001 etableret et mandskab, der udelukkende har det formål at lokalisere lækager og reparere disse. Det er målet, at hele ledningsnettet gennemgås ved systematisk lækagesporing hvert fjerde år, og dermed at holde lækagetabet nede. I både 2001 og 2002 har vandtabet i København ligget på ca. 3%.

5.4.2 Erfaringer fra Århus Kommunale Værker -VAND

Århus Kommunale Værker har et omfattende register over lækager i perioden fra 1989 til 2003. Det store datamateriale bygger på næsten 4.000 lækagerapporter.

5.4.2.1 Data om Århus Kommunale Værker – VANDs ledningsnet

Århus har opbygget en systematik, der bevirker, at stort set alle data vedrørende lækager opsamles og lagres i databaser.

Ledningsnettets samlede længde er ca. 1.500 kilometer ekskl. stikledninger, og er ifølge Vandforsyningsstatistikken 2002 det længste ledningsnet i Danmark. I Tabel 5.12 fremgår det, hvorledes den samlede længde fordeler sig på råvands-, hoved- og forsyningsledning mv.

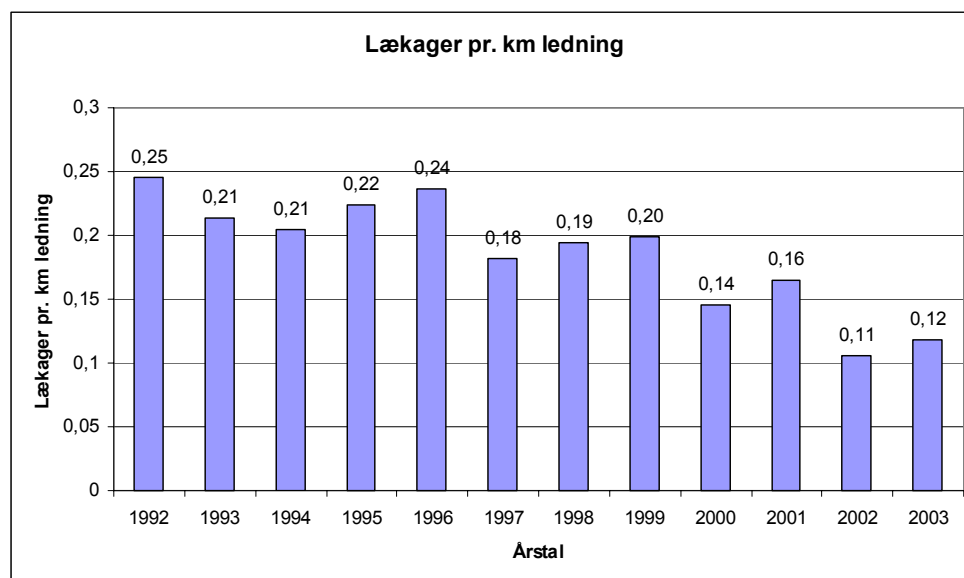
Tabel 5.12: Data for ledningsnettet i 2002, Århus Kommunale Værker - VAND

Type	Længde
Råvandsledning	38 km
Hovedledning	81 km
Forsyningsledning	1.359 km
I alt	1.478 km
Stikledninger	44.126 stk.
Brandstandere	3.598 stk.
Ventiler og stikledningsventiler	47.884 stk., heraf 32.949 stikledningsventiler
Vandmålere	55.686 stk.
Gennemsnitsalder (Vandforsyningsstatistik 2002)	27 år

Gennemsnitsalderen i ledningsnettet er på 27 år, og må derfor betegnes som et relativt nyt ledningssystem.

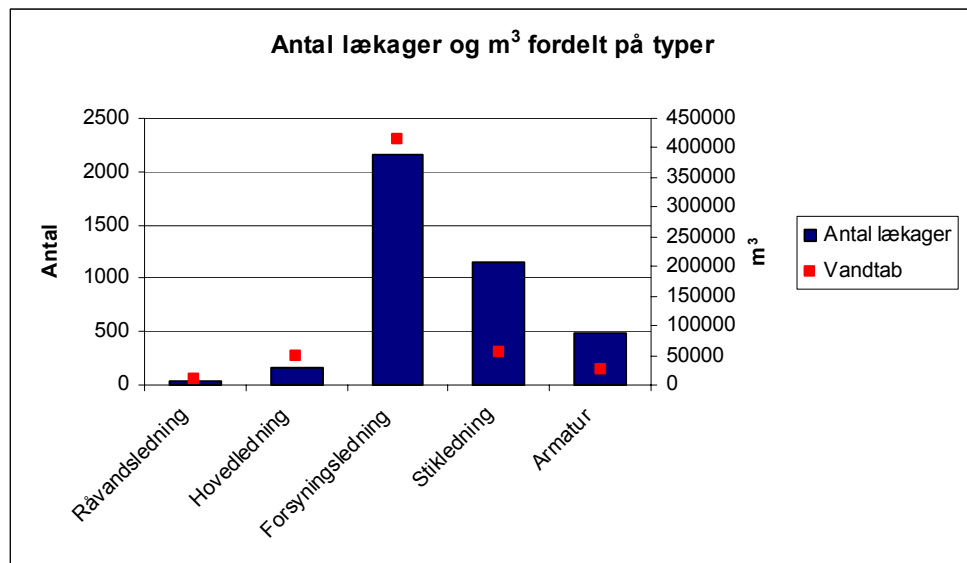
På figur 5.9 er antallet af lækager per kilometer ledning angivet i perioden 1992 til 2003. Tallene viser en faldende tendens gennem perioden, hvor tallene siden 2000 har været under eller lige over målsætningen for Århus Kommunale Værker VAND på 0,15 lækager per kilometer ledning per år.

Figur 5.9: Lækager per kilometer ledning ekskl. stikledninger i perioden 1992 til 2003. /Århus Kommunale Værker/



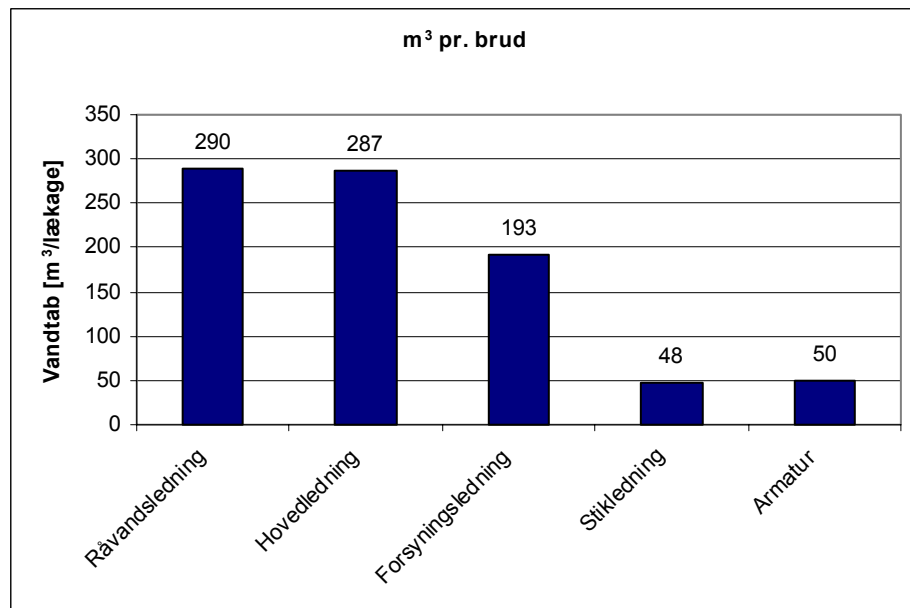
På Figur 5.10 er vist vurderet tab ved små 4.000 lækager i perioden 1989 til 2003 fordelt på råvandsledning, hovedledning, forsyningsledning, stikledning og armatur. Det fremgår, at størstedelen af lækagerne sker på forsyningsledningerne og stikledningerne. En mindre del sker på armatur og hovedledninger.

Figur 5.10: Antallet af lækager og tilhørende vurderet vandtab (i forbindelse med vurderingen af vandtabet indgår der skøn) fordelt på rå-, hoved-, forsynings- og stikledninger samt armatur for Århus Kommunale Værker. Data dækker perioden 1989 til 2003. /Århus Kommunale Værker/



For at optimere en systematisk lækagesporing, kan det undersøges, hvor det største vandtab forekommer i forbindelse med lækager. Dette er vist på figur 5.11.

Figur 5.11 Vandtab per lækage fordelt på råvands-, hoved-, forsynings- og stikledninger samt armatur for perioden 1989 til 2003. /Århus Kommunale Værker/

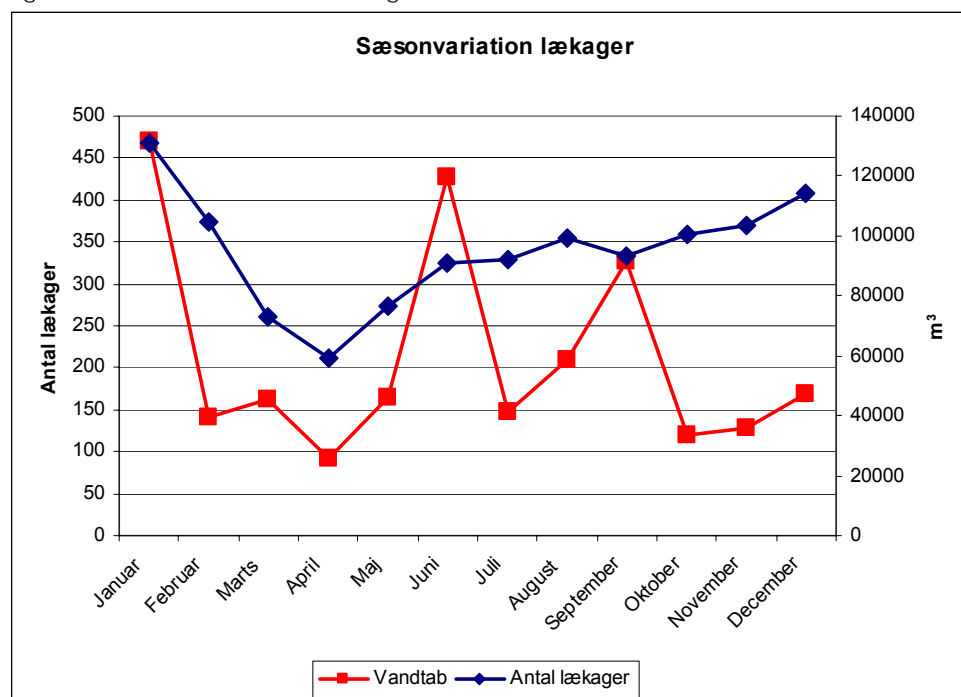


Opgørelsen viser, at et brud på en forsyningsledning giver ca. 4 gange større tab end på en stikledning, medens tabet per lækage for råvands- og hovedledninger er nogenlunde i samme størrelsesorden og de største tab generelt. Dette hænger sammen med mængden af vand, der transporteres i ledningerne og dimension af ledning. I forbindelse med planlægning af lækagesporing kan ovenstående oplysninger benyttes til at prioritere indsatsen.

Det er også muligt at benytte illustrere hvordan lækager og lækagetab er fordelt på måneder. Figur 5.12 viser at antallet af lækager er mindst i april og størst i januar. Sæsonvariationen hænger sandsynligvis sammen med frysegra-

der i vintermånederne. I januar hvor der er det største antal lækager findes også det største tab. Det meget høje tab i juni skyldes et meget stort vandtab registreret i 1991 på ca. 100.000 m³.

Figur 5.12: Sæsonvariation af lækager 1989-2003 /Århus Kommunale Værker/



I tabel 5.13 er fordelingen af ledningsmaterialer for 2002 angivet. PVC, PE og støbejernsledninger er det mest almindelige i Århus Kommunale Værker - VAND. PVC ledninger dækker alene 50% af ledningsnettet.

Tabel 5.13: Fordeling af ledningsmateriale og lækager ved Århus Kommunale Værker - VAND for 2002 og 2003. /Århus Kommunale Værker - VAND/

Materialetype	2002		2003	
	Fordeling [%]	Lækager [antal]	Fordeling [%]	Lækager [antal]
Støbejern	17	70	16	86
Beton	0	0	0	0
Eternit	11	9	10	11
PVC	50	53	50	48
PE	21	13	23	7
Stål	1	5	1	4
Stål galvaniseret	0	7	0	12
I alt	100	157	100	168

Det fremgår af tabel 5.13, at der observeres flest lækager på støbejernsledninger og PVC ledninger. I forhold til mængden af PE ledninger, registreres der et forholdsvis lavt antal af lækager. Det bemærkes at lækageantallet for støbejern udgør ca. 50%, og at støbejern kun udgør ca. 16% af ledningsnettet.

5.4.3 Erfaringer fra Odense Kommune (Odense Vandselskab)

Odense Vandselskab har et omfattende register over lækager i perioden fra 1986 til 2003.

5.4.3.1 Data om Odenses ledningsnet

Vandforsyningen varetages af Odense Vandselskab og 15 private forsynings-selskaber. Herudover er der større og mindre enkeltanlæg. I tabel 5.14 vises data for Odense Vandselskabs ledningsnet.

Tabel 5.14: Data for ledningsnettet i Odense /Odense Vandselskab/

Type	Længde
Råvandsledning	25,6 km
Hovedledning	185,4 km
Forsyningsledning	784,3 km
I alt	995,4 km
Stikledninger	Ca. 35.000 stik a' ca. 10 m ~ 350 km. Hertil kommer så den private del af stik- ledningen
Brandstandere	2527 stk.
Vandmålere	44.628 stk.
Gennemsnitsalder (Vandforsynings- statistik 2002)	27 år

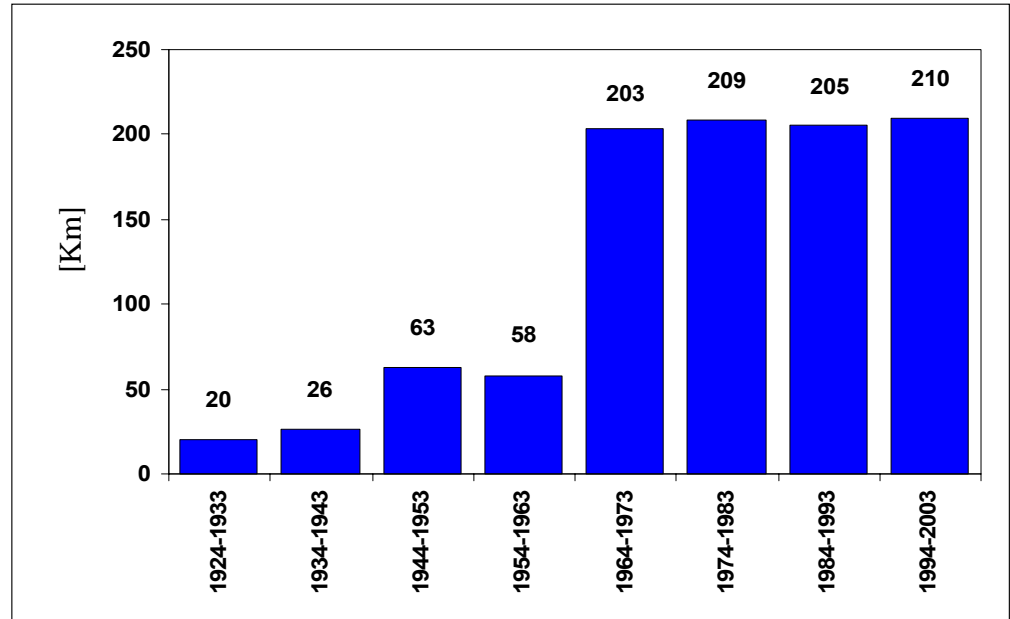
I tabel 5.15 er fordelingen af ledningsmateriale for Odense Vandselskab vist. Det fremgår, at størstedelen af ledningsnettet består af PVC og PE rør (tilsammen udgør disse 73% af det samlede ledningsnet). Støbejern og Duktil følger derefter med henholdsvis 7% og 10%.

Tabel 5.15: Fordeling af materiale i Odense per 31.december 2003. /Odense Vandselskab/

Materialetype	Fordeling [%]
Støbejern	7
Duktil	10
Eternit	6
PVC	48
PE	25
Andet	4

Ledningsnettets alder fremgår af figur 5.13 og størstedelen af nettet er anlagt efter 1960 og må derfor betegnes om et relativt nyt net.

Figur 5.13: Udførelsesår i 10 års intervallet for ledningsnettet i Odense. /Odense Vandselskab/



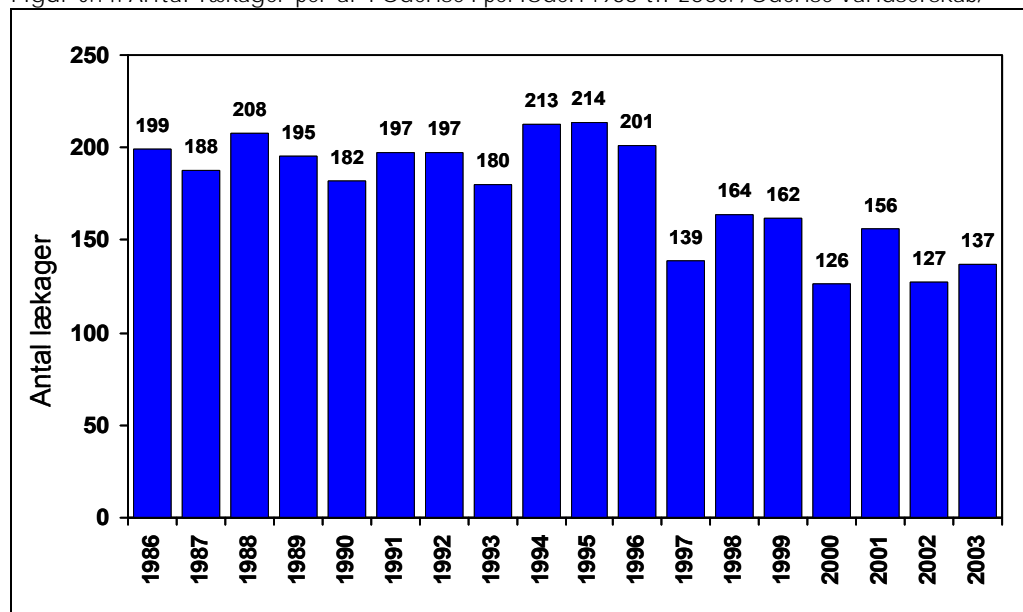
Odense har som København og Århus en omfattende registrering af lækager i ledningsnettet på såvel ledninger som fittings mv. På de følgende figurer gennemgås de vigtigste data.

På figur 5.14 fremgår antallet af brud per år i perioden 1986 til 2003. Betragtes hele perioden ses en faldende tendens. Perioden er opdelt i to dele – den første del (perioden 1986 til 1996) ligger med et gennemsnit på ca. 198, den anden del (perioden 1997 til 2003) ligger med et gennemsnit på ca. 145 brud per år.

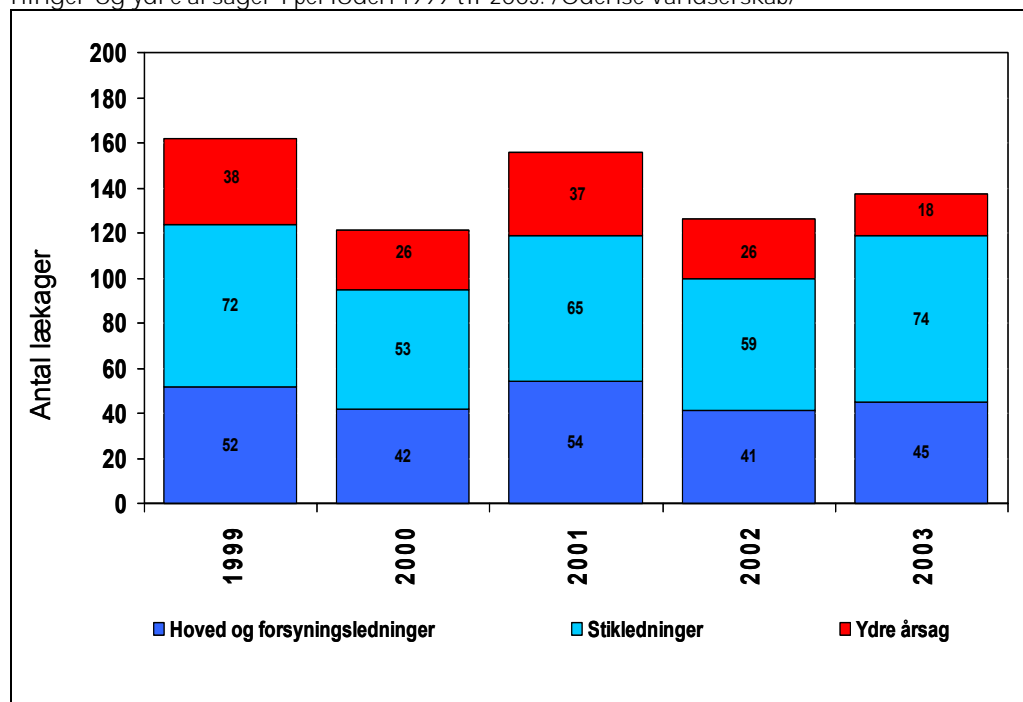
For årene 1999 til 2003 er antallet af brud per år udspecificeret på hoved- og forsyningsledninger, stikledninger og ydre årsager på figur 5.15. Variationen i den betragtede periode er ikke stor, og egentlige tendenser er det ikke muligt at se. Dette stemmer fint overens med figur 5.14, hvor perioden 1997 til 2003 er stabil.

På figur 5.16 er antallet af brud per år fordelt på støbejern, eternit, PVC og andet. Antallet af brud er størst på støbejern, selvom det kun er 7% af ledningerne, der er af støbejern, jævnfør tabel 5.15. Antallet af brud er lavest på PVC ledninger, som jævnfør tabel 5.15 udgør 48% af ledningsnettet. Ved at fjerne de resterende 7% støbejernsledninger i ledningsnettet kan det samlede tab reduceres. Sådanne overvejelser kan indlægges i renoeringsplaner mv.

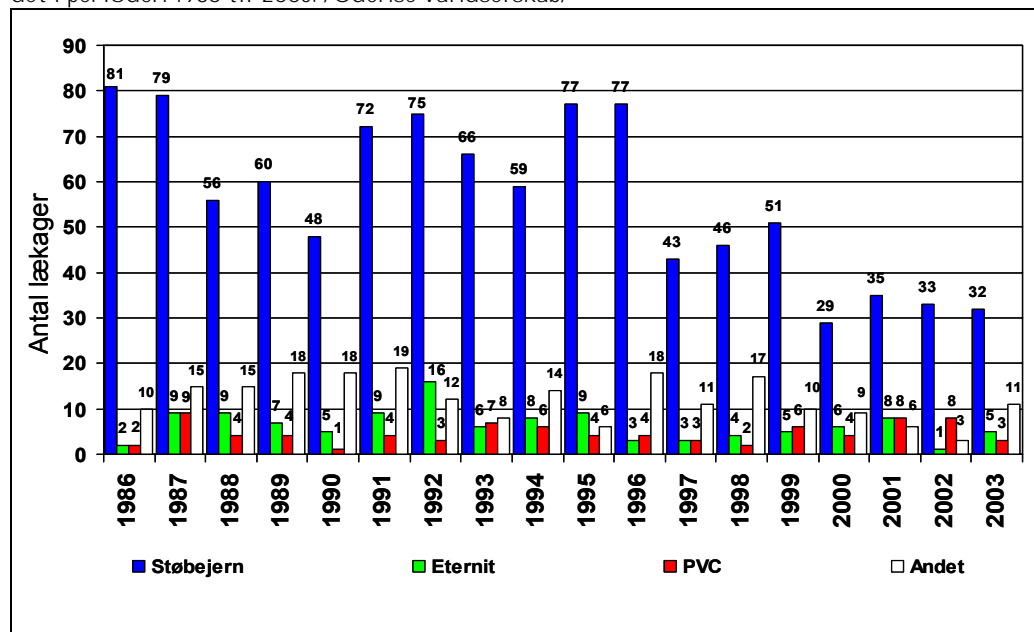
Figur 5.14: Antal lækager per år i Odense i perioden 1986 til 2003. /Odense Vandsekskab/



Figur 5.15: Antal lækager per år fordelt på hoved- og forsyningsledninger, stikledninger og ydre årsager i perioden 1999 til 2003. /Odense Vandsekskab/

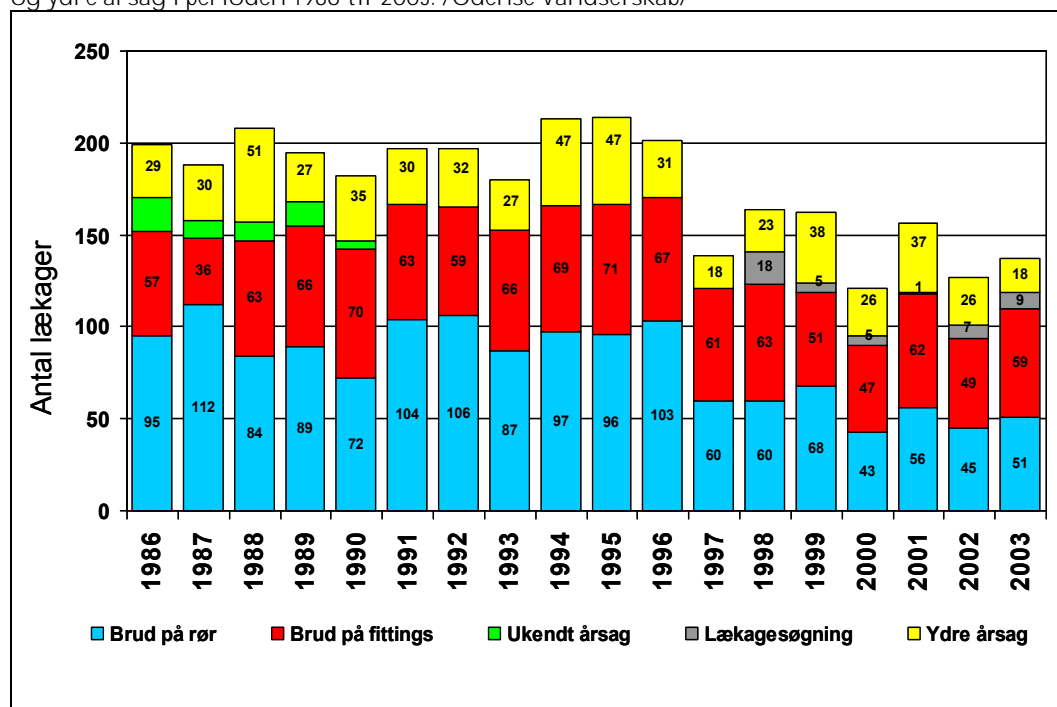


Figur 5.16: Antal lækager per år fordelt på materialerne støbejern, eternit, PVC og andet i perioden 1986 til 2003. /Odense Vandsekskab/



Betragtes antallet af lækager (brud) fordelt på rør, fittings m.v. sker størstedelen af lækagerne på rør og fittings jævnfør figur 5.17.

Figur 5.17: Antal lækager per år fordelt på rør, fittings, ukendt årsag, lækagesøgning og ydre årsag i perioden 1986 til 2003. /Odense Vandsekskab/



6 Kvantificering af vandtab

I de foregående kapitler har fokus været rettet mod definition af vandtab med tilhørende usikkerheder, mod lækagesporing og deraf følgende reduktion af vandtabet (det umålte forbrug) samt mod udvalgte kommuners erfaring med lækagesporing.

I dette kapitel fokuseres på kvantificering af vandtabet. Vandtabet kan udtrykkes dels som en tabsprocent set i forhold til udpumpet vandmængde fra vandværkerne og dels som et specifikt tab, hvor tabet er relateret til ledningsnettets længde. Begge begreber – tabsprocent og specifikt tab – benyttes i dette kapitel til at udtrykke og bestemme vandtabet på såvel landsplan, amtsniveau som for udvalgte vandforsyninger.

Data, benyttet til analyse og kvantificering af vandtabet i Danmark, stammer dels fra Danmarks Statistik og dels fra Vandforsyningsstatistikker udarbejdet af DANVA. Det er valgt at medtage udviklingen i vandtabet i perioden 1993 til 2002 og 1982 til 2002 for data stammende fra henholdsvis DANVA og Danmarks Statistik.

Data fra DANVA stammer fra indberetninger fra almene vandforsyninger. Danmarks Statistik tager udgangspunkt i tallene fra DANVA, men inkluderer vandforbruget i husholdninger uden tilknytning til almen vandforsyning samt industriens og landbrugets indvinding fra egen forsyning. Dermed er det muligt at beregne det totale tab på lands- og amtsbasis, fordelt jf. tabel 3.1. Vandforbruget fra husholdninger uden tilknytning til almen vandforsyning er beregnet ved hjælp af oplysninger fra Bygnings- og boligregistret (BBR). Industriens og landbrugets indvinding fra egen forsyning er opgjort af GEUS.

6.1 Vandtab på landsplan

For at kvantificere vandtabet på landsplan tages der dels udgangspunkt i data fra DANVA og dels i data fra Danmarks Statistik.

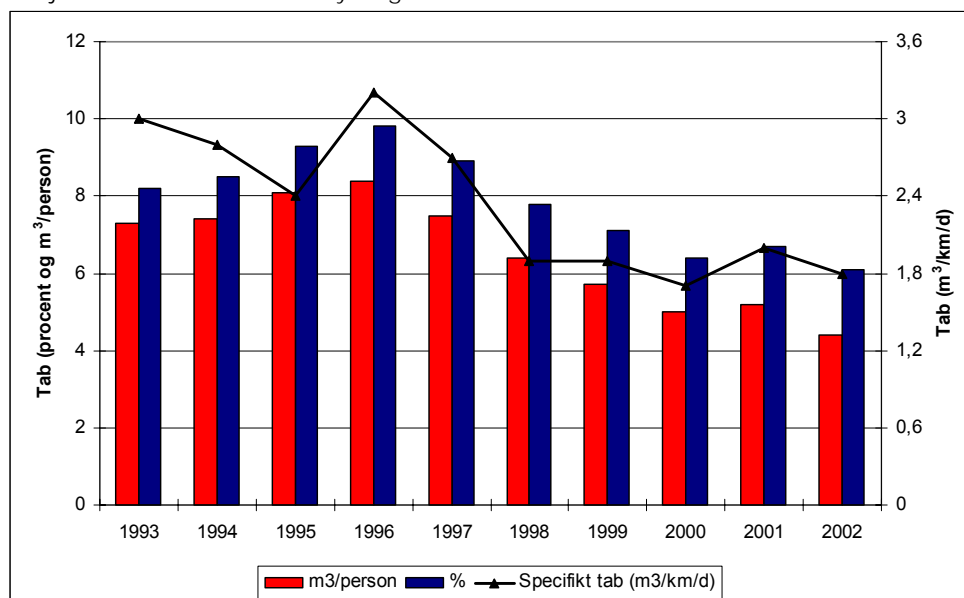
På figur 6.1 ses udviklingen i vandtabet udtrykt som tabsprocent, tab per person og specifikt tab for perioden 1993 til 2002. Data på figur 6.1 stammer fra Vandforsyningsstatistikkerne udarbejdet af DANVA. Der skal bemærkes, at datagrundlaget ikke er identisk år for år, da indsamlingen af data er baseret på en frivillig ordning (beskrevet tidligere). For at sammenligne årene imellem er det mest korrekt at tage udgangspunkt i det specifikke tab, der er relateret til ledningsnettets længde og dermed ikke afhængig af antallet af vandforsyninger, der indberetter.

I Vandforsyningsstatistikken er det kun almene vandforsyninger (såvel private som offentlige), der medtages. En almen vandforsyning kan defineres som et anlæg, der i et forsyningsområde leverer vand til mindst 10 ejendomme (husholdninger plus erhvervsformål).

Figur 6.1 er udarbejdet på baggrund af rapporterede tal fra i gennemsnit 132 vandforsyninger i perioden 1993 til 2002. Set over hele perioden har 1.320

vandforsyninger indberettet tal til DANVA. Betragtes den gennemsnitlige udpumpede vandmængde fra vandforsyningerne er denne ca. 240 mio. m³. Set i forhold til den totale udpumpede vandmængde for hele Danmark (ca. 460 mio. m³ /Danmarks Statistik/), svarer dette til ca. 50 %. Tallene kan derfor antages at være repræsentative på landsplan.

Figur 6.1: Opgørelse af vandtab udtrykt som tab i procent, tab per person og som specifikt tab for perioden 1993 til 2002. Data stammer fra Vandforsyningsstatistikkerne udarbejdet af DANVA. /Vandforsyningsstatistikker 1993 til 2002/



Betragtes først tabet udtrykt som m³ per person, viser forløbet en svag stigning fra 1993 til 1996. Fra 1997 til 2002 falder vandtabet per person fra ca. 8 m³ til lidt over 4 m³. Altså en reduktion på ca. 50%. Betragtes tabet udtrykt som tabsprocent, er tendensen den samme. Fra 1997 til 2002 reduceres tabet fra 10% til lidt over 6%.

Det specifikke tab viser en lidt anden udvikling, da det falder i perioden 1993 til 1995, hvorefter det stiger i 1996 og falder igen til 2002. Det specifikke tab er ændret fra 3 m³/km/d (1993) til 1,8 m³/km/d (2002).

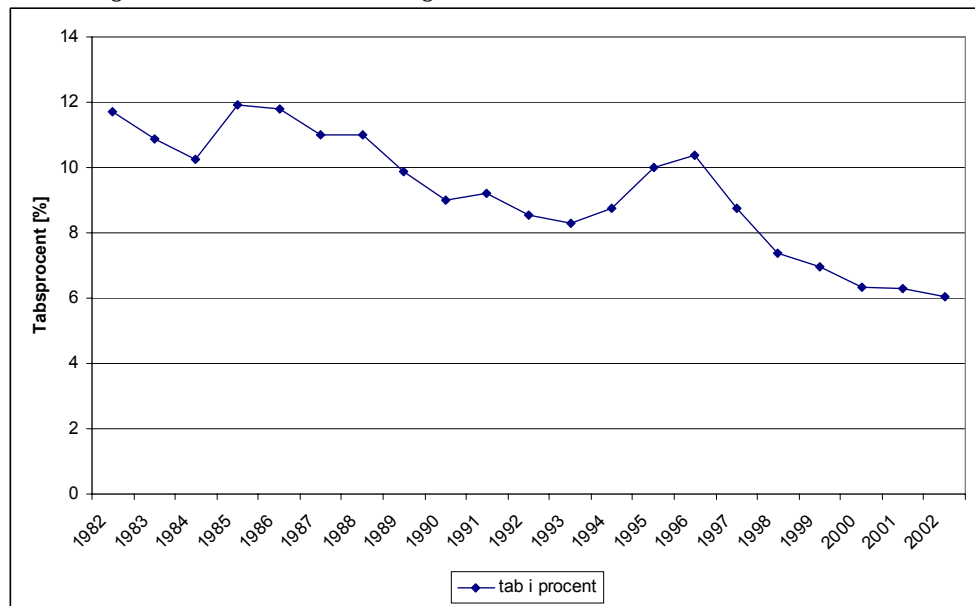
Det specifikke tab viser den mest korrekte udvikling i vandtabet, da det er relateret til ledningslængden.

I perioden er som tidligere nævnt i 1994 indført en afgift på vand og i 1999 indført krav om vandmåler i alle ejendomme. Dette har ganske givet medvirket til, at vandtabet har været faldende i perioden 1993 til 2002. I stort set hele perioden, har vandtabet udtrykt i procent været under 10% på landsplan.

Danmarks Statistik udarbejder en opgørelse over det totale vandforbrug i Danmark opdelt i forbrug i husholdninger, institutioner, erhverv, tab m.v. Hermed opnås en lidt anden indgangsvinkel til data omhandlende kvantificering af vandtabet og giver et estimat for hele landet.

På figur 6.2 ses udviklingen i vandtabet udtrykt i procent (den udpumpede vandmængde minus den forbrugte vandmængde) for perioden 1982 til 2002.

Figur 6.2: Estimat over det samlede vandtab i Danmark udtrykt som tab i procent af den udpumpede vandmængde for perioden 1982 til 2002. Tabet beregnes som den udpumpede vandmængde minus det målte forbrug. /Danmarks Statistik/



I modsætning til figur 6.1, der viste vandtabet i perioden 1993 til 2002, medtager Danmarks Statistik tal tilbage fra 1982. I 1980'erne varierede vandtabet mellem 10 og 12% i årene frem til 1989, hvorefter tabet blev reduceret til under 10%. Frem gennem første del af 1990'erne har vandtabet varieret mellem 8 og 10%, med et maksimum på lidt over 10% i 1996. Efter 1996 har vandtabet været klart faldende til en stabilisering omkring 6% i årene efter 2000.

Tallene fra Danmarks Statistik viser således også et faldende tab under grænsen på 10% på landsplan. Da tabet er opdelt, jævnfør tidligere i rapporten, på flere kategorier (brandslukning, skylning af vandforsyningsledninger m.v.), som ikke umiddelbart kan reduceres, kan der sættes spørgsmålstegn ved, hvor meget yderligere tabet kan reduceres. Kategorier som udskylning af vandledninger, brandslukning, umålt forbrug af blandt andet entreprenører m.v. er poster, der ikke umiddelbart kan reduceres og er medtaget i de 10%. Såfremt det forudsættes, at disse poster ikke har ændret sig igennem årene (fejl på vandmålere medtages ikke i beregningen), og at vandtabet stagnerer på nuværende niveau på ca. 6 %, kan det reelle lækagetab beregnes til følgende:

Vandtab på landsplan	6,0%
- Udskylning til vandledninger	0,2-2,0%
- Udskylning til kloakledninger	0,1-1,0%
- Brandslukninger	0,05-0,1%
- Aftapning af hensyn til frostskaeder	0,0-1,0%
- Umålt vand til entreprenører	0,2-0,5%
<hr/> Reelt lækagetab	<hr/> 1,4-5,5%

Dvs. det reelle lækagetab på landsplan ligger mellem 1,4% og 5,5%.

Det samlede vandtab i hele perioden 1982 til 2002 kan beregnes til ca. 1 mia. m³, svarende til et gennemsnit på ca. 45 mio. m³ per år eller 9 m³ per indbygger per år, men med en klart faldende tendens i sidste del af perioden.

6.1.1 Faktorer, der påvirker lækagetabets størrelse

Størrelsen af lækagetabet og dermed vandtabet i ledningsnettet er styret af mange faktorer herunder blandt andet det samlede vandforbrug, reoveringsgraden af ledningsnettet og ledningernes alder og tilstand mv.

På figur 6.3, 7.4 og 7.5 er der vist data for henholdsvis 1998, 2000 og 2002, der viser ændringen i det specifikke vandtab for stigende ledningsalder. Desuden er antallet af vandforsyninger, der har indberettet data, vist.

Det er valgt at afbilde sammenhængen mellem vandtabet og ledningsnettets alder for tre udvalgte år, således at tilfældigheder kan elimineres eller i hvert fald opdages.

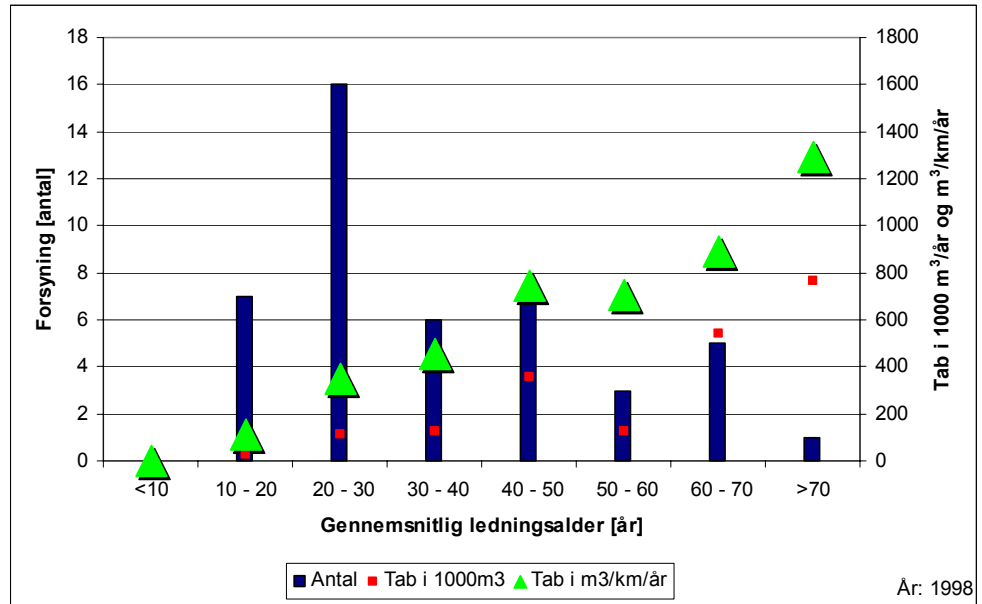
Betragtes først fordelingen af vandforsyninger på de forskellige aldersgrupper, fremkommer stort set det samme mønster alle tre år. Der er flest vandforsyninger i gruppen 20 – 30 år og færrest i grupperne <10 år og >70 år.

Alle tre figurer viser, at det specifikke tab stiger med stigende ledningsalder. Dette var forventet, da jo ældre ledningsnettet er, jo dårligere tilstand må nettet formodes at have, såfremt der ikke er sket en omfattende reovering. I 1998 stiger det specifikke vandtab fra lidt over 100 m³/km/år (10 – 20 år) til ca. 1.300 m³/km/år (>70år). I 2000 ses en stigning fra lidt over 200 m³/km/år (10 – 20 år) til små 1.200 m³/km/år (>70år). Tallene i 2002 viser dog en noget mindre stigning fra 200 m³/km/år (10 - 20år) til lidt over 800 m³/km/år (>70 år).

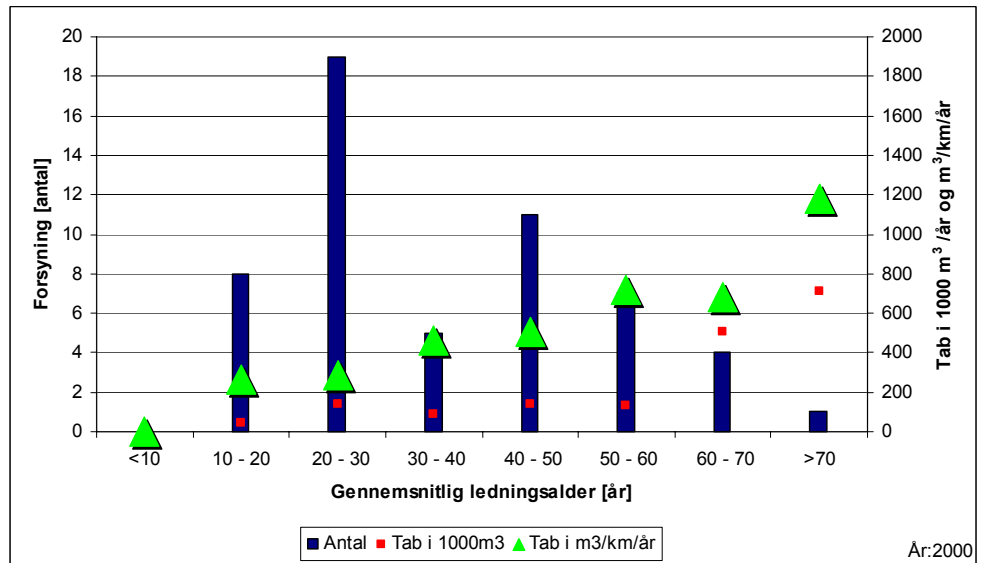
Der er altså for alle tre år en tydelig sammenhæng mellem det specifikke vandtab og den gennemsnitlige ledningsalder.

Betragtes tabet udtrykt som tab i 1000 m³/år ses lignende tendenser som for det specifikke vandtab. Tallene kommenteres derfor ikke yderligere.

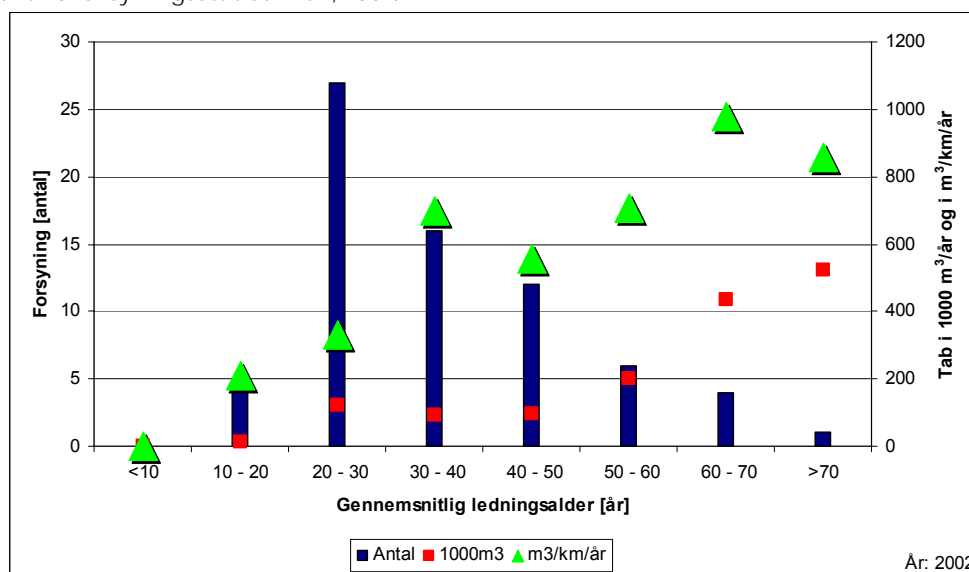
Figur 6.3: Sammenhængen mellem gennemsnitlig ledningsalder udtrykt i år og tab udtrykt som tab i 1000 m³/år og som specifikt tab i m³/km/år for 1998. Desuden er antal let af vandforsyninger repræsenteret i hver ledningsaldergruppe vist. /Vandforsyningsstatistikken, 1998/



Figur 6.4: Sammenhængen mellem gennemsnitlig ledningsalder udtrykt i år og tab udtrykt som tab i 1000 m³/år og som specifikt tab i m³/km/år for 2000. Desuden er antal let af vandforsyninger repræsenteret i hver ledningsaldergruppe vist. /Vandforsyningsstatistikken, 2000/



Figur 6.5: Sammenhængen mellem gennemsnitlig ledningsalder udtrykt i år og tab udtrykt som tab i 1000 m³/år og som specifikt tab i m³/km/år for 2002. Desuden er antallet af vandforsyninger repræsenteret i hver ledningsaldergruppe vist. /Vandforsyningsstatistikken, 2002/



6.1.2 Private kontra offentlige vandforsyninger

Efter kvantificering af vandtabet på landsplan er det interessant at undersøge, hvorvidt der er forskel på offentlige og private almene vandforsyninger.

I Danmark er der langt flere private almene vandforsyninger end kommunale, 94% er private og 6% er kommunale. Til gengæld indvinder de kommunale anlæg ca. 60% af den samlede vandmængde og de private indvinder ca. 40%.

I tabel 6.1 er vist data for udpumpning og tab for de offentlige og private vandforsyninger der indgår i vandforsyningsstatistikken for 2001.

Tabel 6.1: Tab på offentlige og private vandforsyninger. /Vandforsyningsstatistikken, 2001/

Ejerforhold	Vandforsyninger [antal]	Udpumpet Vandmængde [1000 m ³]	Målt forbrug [1000 m ³]	Vandtab [1000 m ³]	Vandtab [%]
Kommunale	102	219410	204869	14541	6,63
Private	69	36256	33623	2633	7,26
Amt	1	161	155	6	3,73
I alt	172	511493	477139	34354	6,72

Det ses, at de kommunale vandforsyninger har et tab på 6,63 %, mens de privatejede har et tab på 7,26 %. Der er altså ikke den stor forskel mellem offentlige og private vandforsyninger i 2001, for de vandforsyninger der indgår i statistikken.

6.1.3 Afsluttende bemærkninger – vandtab på landsplan

Efter en analyse af vandtabet og dermed lækagetabet på landsplan er de vigtigste observationer følgende:

- Vandtabet har igennem de sidste mange år (siden 1982) været faldende.
- Vandtabet er ved at stabilisere sig på 6%.
- Der er ikke forskel mellem offentlige og private vandforsyninger.
- Der er en klar sammenhæng mellem ledningsalder og det specifikke vandtab. Vandtabet stiger med stigende ledningsalder.

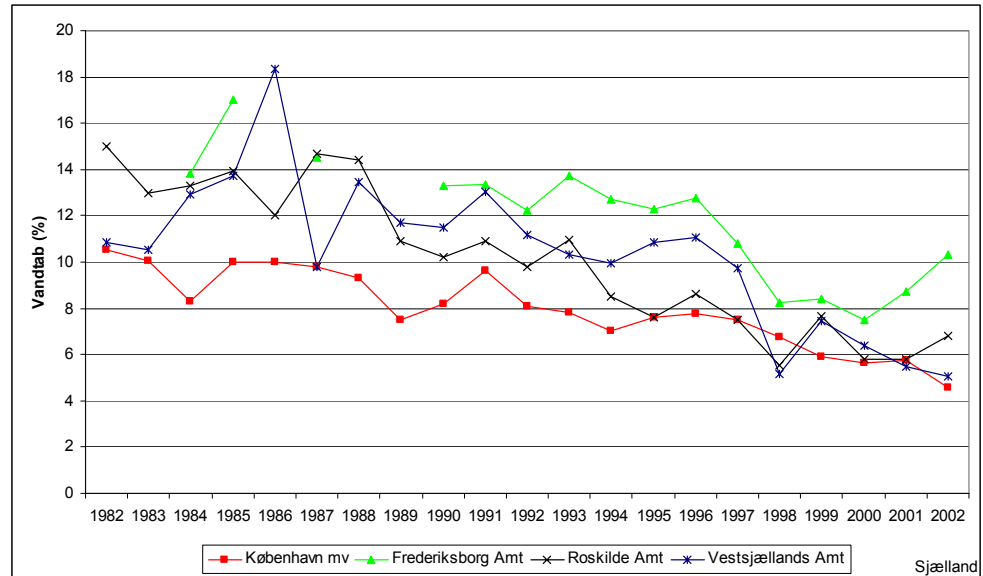
I næste afsnit undersøges om forholdene på amtsniveau forholder sig anderledes. Det er tidligere i rapporten fremlagt, at der ifølge GEUS nye opgørelse af grundvandsressourcen forekommer en overudnyttelse af denne i geografisk tætbefolkede områder som København, Odense, Århus m.v. Det undersøges derfor om den geografiske fordeling af tabet har betydning for overudnyttelsen af grundvandsressourcen, og om overudnyttelsen kan reduceres ved at tabet mindskes.

6.2 Vandtab på amtsniveau

Danmarks Statistik udarbejder data for vandforsyningerne på amtsniveau ligesom på landsplan. På figur 6.6, 7.7 og 7.8 er data for amterne vist for perioden 1982 til 2002. Figur 6.6 viser data for amter på Sjælland, figur 6.7 viser data for Bornholm, Fyn og Storstrøms Amt, mens figur 6.8 viser data for amter i Jylland. Foruden amterne er København og Frederiksberg medtaget på figur 6.6. På det foreliggende datagrundlag er det ikke muligt at vise det specifikke vandtab relateret til ledningslængde. Det er derfor valgt at plote vandtabet i procent for hvert enkelt amt.

Det er igen ikke alle kommuner under hvert amt, der har rapporteret data. Derfor skal data tages med et vist forbehold.

Figur 6.6: Vandtab i procent for amter på Sjælland i perioden 1982 til 2002. Under København mv. er data for København og Frederiksberg medtaget. /Danmarks Statistik/



På Sjælland har København det mindste vandtab i procent set over hele perioden. Der er siden 1982 sket et fald fra lidt over 10% til ca. 4%. Der er tidligere i rapporten omtalt, at København arbejder intens på at reducere vandtabet og fastholde det lave niveau.

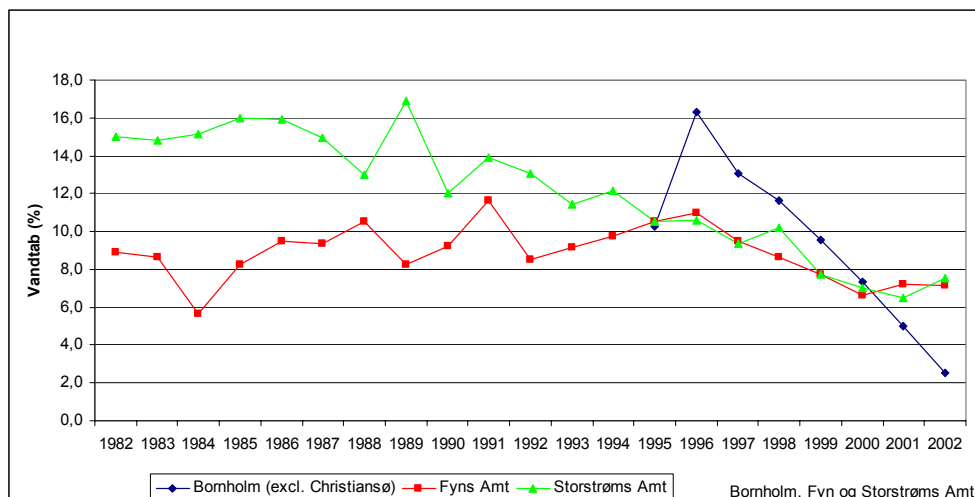
Frederiksborg Amt er det amt på Sjælland, der har det største tab gennem perioden 1982 til 2002. I 2002 er amtet over 10% grænsen. Såvel Roskilde som Vestsjællands amt holder sig under 10% i de seneste år og har gennem hele perioden gennemgået en betydelig reduktion af vandtabet.

Set i forhold til GEUS rapport om udnyttelsen af grundvandsressourcen omkring København må det konstateres at der ikke er meget at vinde ved yderligere reduktion af lækagetab. I dag er vandtabet i København nede på 4%, hvilket må antages at være et realistisk minimum for vandtabet. Forholdet omtales yderligere i afsnittet om vandtab for udvalgte kommuner.

På figur 6.7 ses tilsvarende vandtab for Bornholm, Fyn og Storstrøms Amt. Det fremgår af figuren, at der mangler data i perioden 1982 til 1994 for Bornholms Amt. Der er i den periode ikke indberettet data til DANVA. Fra 1996 til 2002 er der til gengæld registreret et stort fald i vandtabet for Bornholms Amt. I 1996 var tabet beregnet til 16%, hvilket set i forhold til 1995 var meget højt. I 2002 er tabet beregnet til lidt over 2%, hvilket er det laveste for alle amter i 2002.

Da tabet forekommer urealistisk lavt taget i betragtning, at der i vandtabet er indeholdt vandforbrug til brandslukning, skylning af vandledninger, skylning af kloakledninger mv., er data tjekket hos Bornholm Amt. Det viste sig, at data fra Danmarks Statistik ikke var rigtige, og at tabet i 2001 og 2002 var på omkring 10%. En efterfølgende kontakt til Danmarks Statistik viste, at der for Bornholms Amt var sket en misvisende justering. Danmarks Statistik erkendte, at der var stor usikkerhed på de benyttede tal, fordi der ikke er indberetningspligt for vandforsyningerne. Derfor "går forsyningerne ind og ud af stikprøven" over årene. Specielt Bornholms Amt var forbundet med stor usikkerhed, da der manglede data, og derfor var en fordeling fra tidligere år benyttet.

Figur 6.7: Vandtab i procent for Bornholm, Fyn og Storstrøms Amt i perioden 1982 til 2002. /Danmarks Statistik/

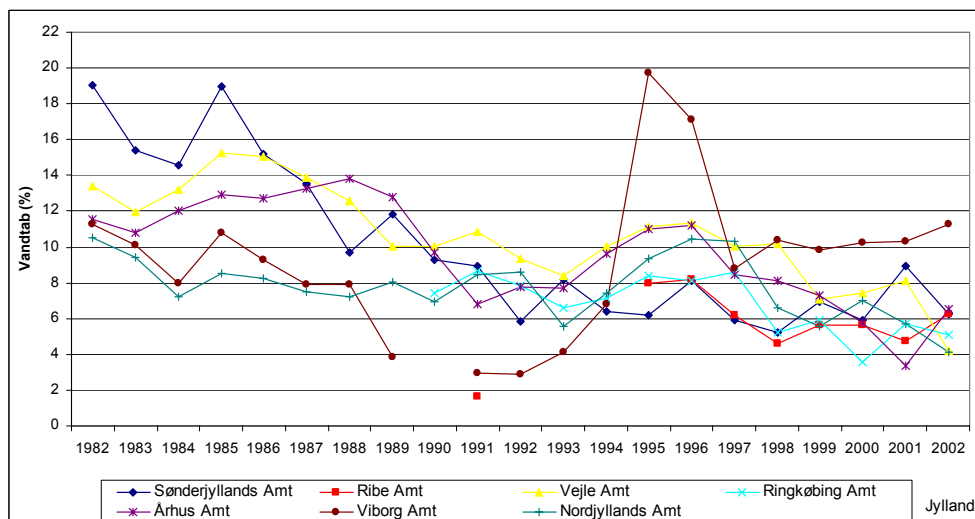


Danmarks Statistik bemærkede, at usikkerheden ved data generelt er meget stor, og det er svært at foretage sammenligninger år fra år, da tallene er baseret på en frivillig indrapportering fra vandforsyningerne til DANVA der udarbejder statistikkerne. Det vil sige at har en vandforsyning et meget stort tab et år, kan indrapporteringen undlades. Desuden er der ingen kontrol af den udpumpede vandmængde fra vandværkerne, som er den eneste størrelse, hvor der er indberetningspligt.

Fyns Amt har i perioden 1982 til 2002 ligget stabilt svingende mellem 6% og 12%, men har siden 1996 vist en faldende tendens og er siden 2000 stagneret omkring 7%.

Storstrøms Amt viser en klart faldende tendens. I 1982 var tabet 15% og er igennem perioden faldet til lidt over 6%. Der er i perioden registreret enkelte hop i data, men det generelle indtryk er en faldende tendens.

Figur 6.8: Vandtab i procent for amter i Jylland i perioden 1982 til 2002. /Danmarks Statistik/



Amterne i Jylland viser meget stor spredning. For Sønderjylland, Vejle og Århus Amt har der gennem hele perioden været en faldende tendens. Sønderjyllands Amt har siden 1994 været stagnerende ved 7% (svingende mellem 6% og 8%).

Nordjyllands Amt har i stort set hele perioden ligger under 10% og viser en svag faldende tendens. Siden 2000 er vandtabet reduceret yderligere til ca. 4% i 2002.

Viborg Amt er det amt med størst variation. Der er i starten af 1990'erne registreret værdier ned til 3%, mens der i midten af 1990'erne er registreret værdier op til 20%. Vandtabet har siden 1997 været stabilt på ca. 10%.

Den generelle observation er, at stort set alle amter i Jylland siden 2000 har ligget under 10% grænsen.

6.2.1 Afsluttende bemærkninger – vandtab på amtsniveau

Vandtabet opdelt på amter viser for størstedelen af amterne de samme tendenser som observeret på landsplan. Hvorvidt det er muligt at reducere vandtabet i udvalgte amter yderligere, er svært at konkludere på det foreliggende datagrundlag. Det undersøges derfor i næste afsnit, om der er større forskel mellem udvalgte kommuner indenfor amterne. Der vil her være mulighed for at inddrage observationer fra GEUS rapport om overudnyttelse af grundvandsressourcen i nærheden af større byer.

Som nævnt i indledningen er data fra Danmarks Statistik forbundet med stor usikkerhed, da rapporteringen af data omhandlende forbrugt vand og vandtab fra vandforsyningerne er baseret på en frivillig ordning. Det vil sige, at vandforsyninger med et stort tab et år kan undlade at rapportere data for dette år. Desuden er der ingen egentlig kontrol af den udpumpede vandmængde fra vandforsyningerne, hvilket ligeledes medfører en usikkerhed i tallene.

6.3 Vandtab på kommuneniveau

Efter først at have kvantificeret vandtabet på landsplan og på amtsniveau, er det interessant at vurdere variationen i vandtabet på kommuneniveau. Set i forhold til GEUS rapport, hvor der primært i nærheden af større byer er en overudnyttelse af grundvandsressourcen, er det interessant at vurdere vandtabet i nærheden af byer som København, Odense og Århus. Disse byer behandles til sidst i afsnittet hver for sig.

Først beskrives en top-20 liste for 2002 med de vandforsyninger, der har henholdsvis det største og det mindste vandtab. Dernæst gives en generel vurdering af udvalgte kommuner, hvor udviklingen i vandtabet udtrykt dels som procent og dels som specifikt tab er vist i perioden 1996 til 2002.

6.3.1 Top 20 liste

Der er stor forskel på vandforsyningerne, nogle har et stort tab, andre et lille. I tabel 6.2 er der listet de 20 vandforsyninger med henholdsvis størst og mindst vandtab udtrykt i procent for 2002. Der skal bemærkes, at der kun er medtaget vandforsyninger, der har indberettet tal til DANVA. F.eks. har Thisted et meget stort tab i årene før 2002, men har ikke indberettet tal for 2002. Desuden har udvalgte vandforsyninger i Bornholms Amt indberettet et stort tab i 2001, men har ikke indberettet tal for 2002. Listen skal fortolkes varsomt og benyttes kun til at vurdere variationen for de indberettede vandforsyninger.

De listede 20 vandforsyninger med størst vandtab er alle over 10% grænsen. Listen med de 20 vandforsyninger med lavest vandtab er alle under et vandtab på 3%, hvilket er meget lavt. Da der i definitionen af vandtab er indeholdt vand til skylning af vandledninger, skylning af kloakledninger, brandslukning m.v., er tabet næsten urealistisk lavt.

Der er foretaget stikprøvekontrol af vandforsyninger med lavest vandtab ved direkte kontakt til vandværkerne. Herunder har Ringkøbing Vandforsyning og Hjørring Vandforsyning bekræftet deres indberettede vandtab på henholdsvis 0,3% og 0,5%. Ringkøbing Vandforsyning begrundede det lille vandtab med, at ledningsalderen er meget lille og at lækager hurtigt blev observeret. I Hjørring Vandforsyning var en af begrundelserne, at renoveringsgraden per år var høj (1%) de sidste 4 år, anboringsbøjler af aluminium er, pga. de generelt dårlige erfaringer med materialet, konsekvent udskiftet. Det forebyggende arbejde og den løbende vedligeholdelse minimerer udgifterne til lækagesporing.

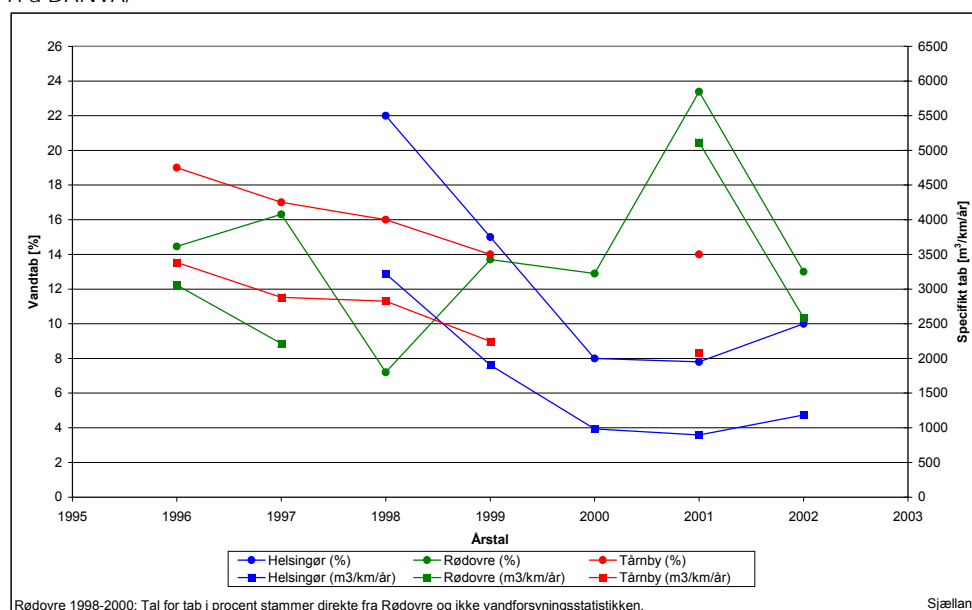
Tabel 6.2: Top 20 lister for vandforsyninger med størst og mindst vandtab udtrykt i procent. /Vandforsyningsstatistikken, 2002/

Nr.	Vandforsyning	Tab [%]	Nr.	Vandforsyning	Tab [%]
1-2	Sønder Vig	27	1	Ringkøbing	0,3
1-2	Solbjerg	27	2	Hjørring	0,5
3	Farum	19	3-5	Solrød	0,7
4-5	Stubbekøbing	18	3-5	Sydals øst	0,7
5-5	Vejen	18	3-5	Kloster	0,7
6-7	Agtrup-Bjert	17	6	Skagen	0,8
6-7	Holmsland	17	7	TRE-FOR	1
8	Stege	16	8	Stautrup	1,2
9	Egå	15	9	Hirtshals	1,3
10-11	Gørlev	14	10-11	Galten	1,6
10-11	Torsted	14	10-11	Hasselager-Kolt	1,6
12-13	Rødovre	13	12	Glostrup	1,8
12-13	Sunds	13	13-14	Samsø	2
14-20	Frederiksværk	12	13-14	Sabro	2
14-20	Hørsholm	12	15-16	Thyborøn-Harboøre	2,2
14-20	Jægerspris	12	15-16	Viborg	2,2
14-20	Karlebo	12	17	Ringø	2,3
14-20	Vordingborg	12	18-19	Dragør	2,4
14-20	Bøvlingbjerg	12	18-19	Brødstrup	2,4
14-20	Skive	12	20	Nykøbing Sj.	2,8

6.3.2 Vandtab på Sjælland

På figur 6.9 til 7.12 er vandtab udtrykt dels som tab i procent og dels som specifikt tab vist for udvalgte vandforsyninger på Sjælland.

Figur 6.9: Vandtab udtrykt dels i procent og dels i specifikt tab for udvalgte vandforsyninger (Helsingør, Rødovre og Tårnby) på Sjælland. /Vandforsyningsstatistikker fra DANVA/



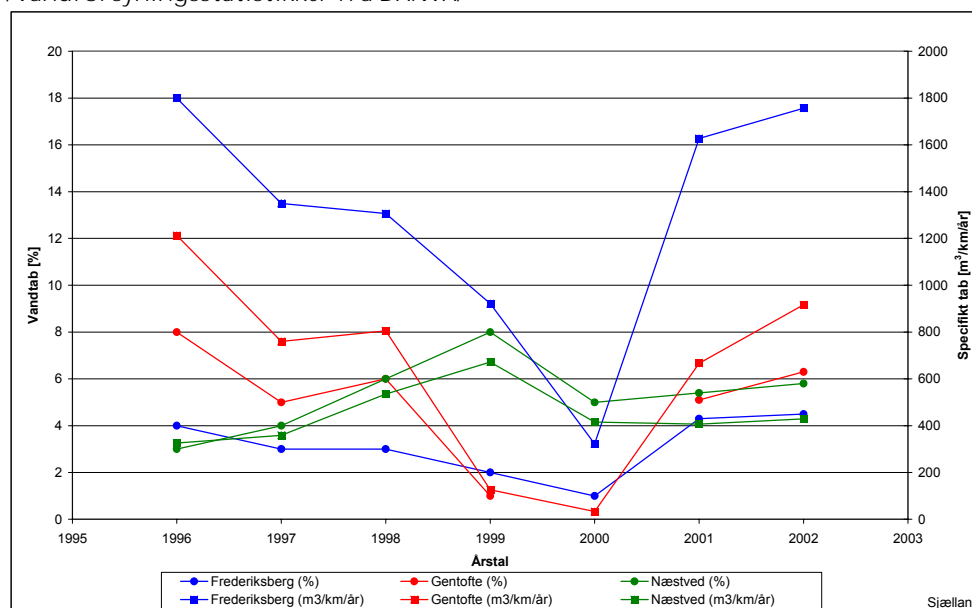
Udviklingen i vandtab i procent for Rødovre Vandforsyning (figur 6.9) har været meget svingende. Generelt er niveauet over 10% og dermed betydeligt større end landsgennemsnittet. I 2001 var vandtabet beregnet til 24%. Der er som angivet på figur 6.9 indhentet data fra Rødovre Vandforsyning direkte, da der i Vandforsyningsstatistikken var store huller i data. Data indhentet fra Rødovre Vandforsyning viser en lille uoverensstemmelse med de data, der oprindeligt var indberettet til DANVA. Årsagen til denne forskel kan ikke forklares.

Det skal bemærkes, at værdien for specifikt tab for Rødovre i 1997 anses for at være en fejl, således at det specifikke tab stiger, når vandtabet stiger og falder, når vandtabet falder.

Data for Helsingør (figur 6.9) viser at tabet i 2000 og 2001 er faldet til under 10% grænsen til omkring 8%. I 2002 er det beregnede tab steget til ca. 10%.

Data fra Tårnby (figur 6.9) viser en faldende tendens fra et vandtab på 19% i 1996 til et tab på ca. 14% i 2001. Der er forholdsvis få svingninger set i forhold til Rødovre.

Figur 6.10: Vandtab udtrykt dels i procent og dels i specifikt tab for udvalgte vandforsyninger (Frederiksberg, Gentofte og Næstved) på Sjælland. /Vandforsyningsstatistikker fra DANVA/



Frederiksberg (figur 6.10) viser et meget varierende vandtab i perioden 1996 til 2002. I 1996 blev vandtabet bestemt til ca. 1800 m³/km²/år, hvorefter tabet falder jævnt til under 400 m³/km²/år i 2000. I årene 2000 til 2002 stiger tabet hurtigt til lige under 1800 m³/km²/år. Betragtes ændringen i procent tab er denne betydeligt mindre. Selvom Frederiksberg har det største vandtab udtrykt i m³/km²/år på figur 6.10, har Frederiksberg til gengæld det mindste tab i procent set i forhold til Gentofte og Næstved.

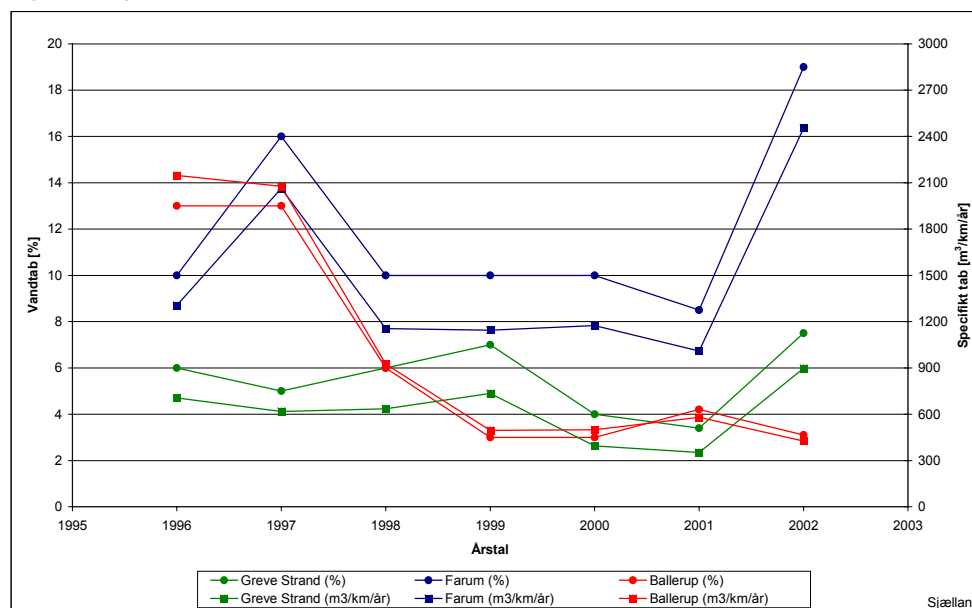
Gentofte (figur 6.10) viser samme tendens som Frederiksberg. Der ses et fald i perioden 1996 til 2000, hvorefter tabet atter stiger i 2002, hvor stort set samme niveau som i 1996 nås.

Udviklingen i vandtabet i Næstved (figur 6.10) viser stort set den modsatte tendens, hvor der i 1996 var et lille tab på ca. 3%. Tabet stiger frem til 1999 til 8%, hvorefter dette atter falder til lidt under 6% i 2002. I hele den betragtede periode er tabet under 10% grænsen.

På figur 6.11 ses en klar faldende tendens for vandtabet i procent for Ballerup. Der er sket en stor reduktion i vandtabet i perioden 1996 til 1999, hvorefter niveauet er stagneret på ca. 3-4%.

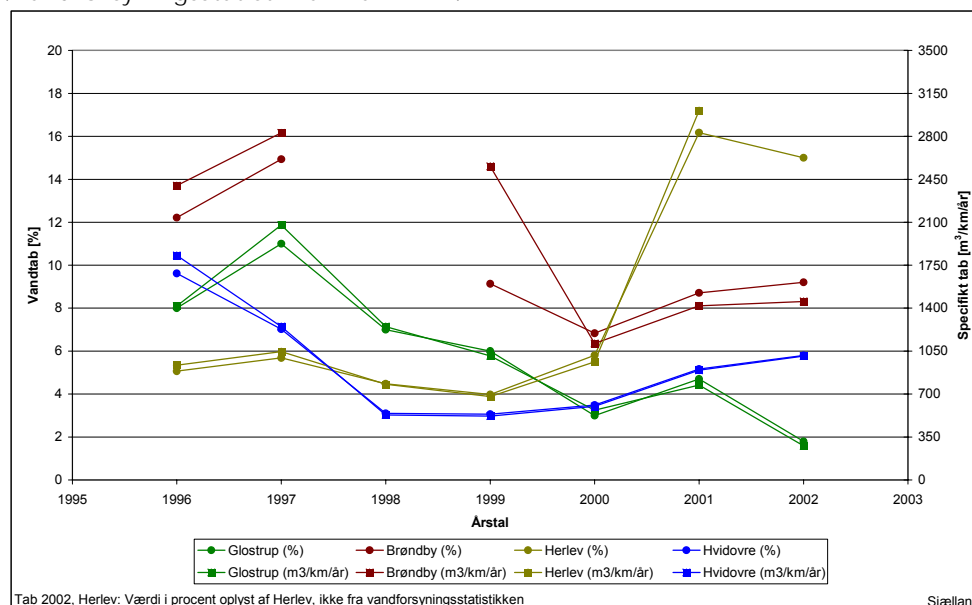
Greve Strand (figur 6.11) har i hele den betragtede periode opretholdt et forholdsvis lavt vandtab varierende mellem 3% og 7%.

Figur 6.11: Vandtab udtrykt dels i procent og dels i specifikt tab for udvalgte vandforsyninger (Greve Strand, Farum og Ballerup) på Sjælland. /Vandforsyningsstatistikker fra DANVA/



Data for vandtab for Farum varierer en del, og i 2002 er der anført et stort tab på 19%. I forhold til data fra 1996 til 2001, hvor niveauet har været stagnerende omkring 10%, er dette en voldsom stigning. Kontakt til Farum har medført, at det store tab i 2002 kan forklares ved et stort brud på en hovedledning.

Figur 6.12: Vandtab udtrykt dels i procent og dels i specifikt tab for udvalgte vandforsyninger (Glostrup, Brøndby, Herlev og Hvidovre) på Sjælland. /Vandforsyningsstatistikker fra DANVA/



På figur 6.12 fremgår det tydeligt, at vandtabet i Glostrup har været jævnt fallende siden 1997, og når en værdi under 2% i 2002.

Data omhandlende vandtab i procent for Herlev har i hele perioden ligget under 6% på nær i 2001 og 2002, hvor der er anført værdi på henholdsvis 16% og 15%. Ved kontakt til Herlev har det vist sig, at de høje værdier i 2001 og 2002 sandsynligvis er de mest repræsentative for Herlev. Årsagen er, at den måler, hvorfra Herlev køber fra København, har målt for lidt. Denne er blevet justeret i 2001. Det vil sige, at vandtabet i årene før 2001 reelt er for små. Hvor meget er det ikke muligt at vurdere.

Ovenstående observation omkring data i Herlev viser igen, at kvaliteten af data ikke er i top. Der er mange usikkerheder forbundet med data og derfor skal der tolkes varsomt på disse. En del kommuner ligger inde med data, der kunne forklare forløbet for mange af de viste kurver. Problemet er dog at finde frem til de rigtige personer og de rigtige informationer.

Hvidovre har igennem hele perioden fastholdt et tab under 10%, men viser dog en lidt stigende tendens siden 1998.

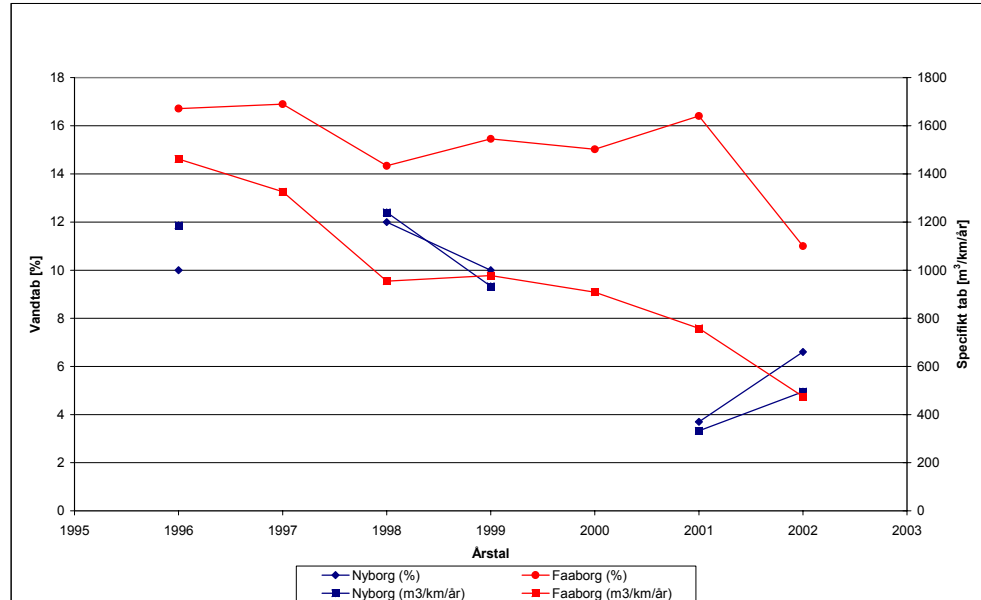
Data for Brøndby varierer en del, men har siden 1999 fastholdt et vandtab på under 10%.

Sammenlignes de viste vandforsyninger på figur 6.9 til 7.12, med udgangspunkt i det specifikke tab, der er relateret til ledningslængden, ses at Ballerup, Greve Strand og Næstved er de vandforsyninger med lavest niveau for det specifikke tab, mens Farum og Helsingør er dem med det største specifikke tab.

6.3.3 Vandtab på Fyn

På figur 6.13 er data om vandtab udtrykt dels som tab i procent og dels som specifikt tab vist for udvalgte vandforsyninger på Fyn.

Figur 6.13: Vandtab udtrykt dels i procent og dels i specifikt tab for udvalgte vandforsyninger (Nyborg og Faaborg) på Fyn. /Vandforsyningsstatistikker fra DANVA/



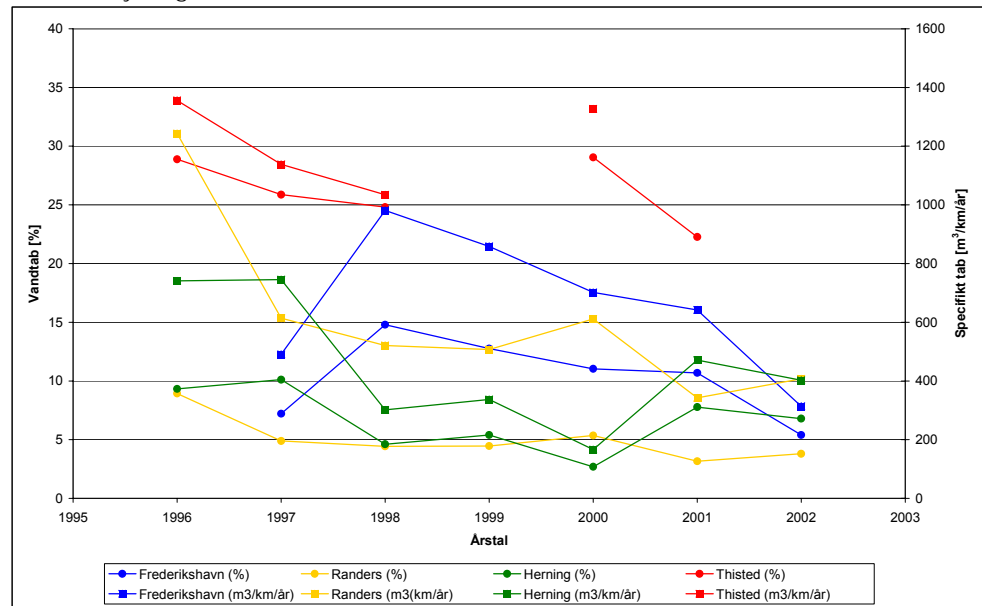
Der ses en tydelig faldende tendens for Faaborg, der i perioden har reduceret vandtabet fra små 17% til ca. 11%. Tendensen ses tydeligere for det specifikke tab der er faldet fra ca. 1500 m³/km/år til 500 m³/km/år.

Det er ikke muligt at konkludere det store ud fra data fra Nyborg, da der er for mange huller i data.

6.3.4 Vandtab i Jylland

På figur 6.14 og 7.15 er data om vandtab udtrykt dels som tab i procent og dels som specifikt tab vist for udvalgte vandforsyninger i Jylland.

Figur 6.14: Vandtab udtrykt dels i procent og dels i specifikt tab for udvalgte vandforsyninger (Frederikshavn, Randers, Herning og Thisted) i Jylland. Vandforsyningsstatistikker fra DANVA/



Tallene for Thisted (figur 6.14) er de højeste for alle de betragtede vandforsyninger og ligger over 20% i hele den viste periode. Der er i perioden 1996 til 2001 registreret værdier over 30%, hvilket må anses for at være uacceptabelt. Et stort problem i Thisted er undergrunden. Lækagerne viser sig ikke på jordoverfladen. Øverst er der kun ca. 70 cm muld, nedenunder findes kridtlaget. Sætninger i undergrunden gør at rørene skæres helt over hvilket medfører meget store brud.

Data for Frederikshavn (figur 6.14) viser siden 1998 en faldende tendens, hvor tabet i 2002 er angivet til 5%. I perioden 1998 til 2001 er tabet reduceret fra 15% til lidt over 5%.

Vandtabet for Randers (figur 6.14) ligger i hele perioden meget stabilt omkring 5% og viser en lille faldende tendens. Faldet er tydeligere for det specifikke tab.

Herning (figur 6.14) viser en faldende tendens dog med en lille stigning i årene 2001 og 2002. Niveauet for vandtabet i 2002 er på 6-7%.

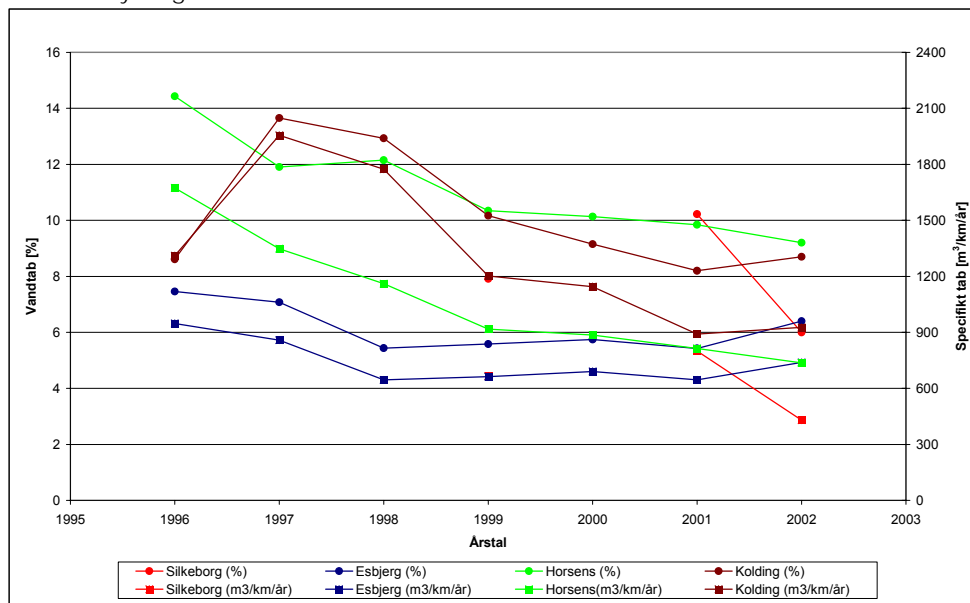
Data for Silkeborg (figur 6.15) er meget få, og derfor er det ikke muligt at konkludere på det foreliggende datagrundlag.

Esbjerg Vandforsyning (figur 6.15) har et vandtab for hele perioden på under 8% og har siden 1998 ligget under 6% på nær 2002.

Vandtabet i Horsens (figur 6.15) viser en faldende tendens fra lidt over 14% i 1996 til ca. 9% i 2002.

Kolding (figur 6.15) viser en lignende tendens som Horsens, hvor der er sket et fald siden 1997 fra 13% til ca. 9% i 2002.

Figur 6.15: Vandtab udtrykt dels i procent og dels i specifikt tab for udvalgte vandforsyninger (Silkeborg, Esbjerg, Horsens og Kolding) i Jylland. /Vandforsyningsstatistikker fra DANVA/



Sammenlignes tabet vandforsyningerne imellem, med det specifikke tab som indgangsvinkel, ses at Esbjerg, Randers og Frederikshavn har de laveste specifikke tab, mens Kolding og Horsens har de største specifikke tab.

6.3.5 Vandtab i København

I GEUS nye rapport "Ferskvandets kredsløb", NOVA 2003 Temarapport er der udarbejdet en ressourceopgørelse for 50 underområder i Danmark, herunder et område (1112 km²) benævnt København. I opgørelsen fremgår det, at grundvandsressourcen i København overudnyttes mere end 3 gange. Den udnyttelige grundvandsressource er bestemt til 11,7 mio. m³/år og data for 2000 viser, at der sker en vandindvinding på ca. 56,3 mio. m³/år.

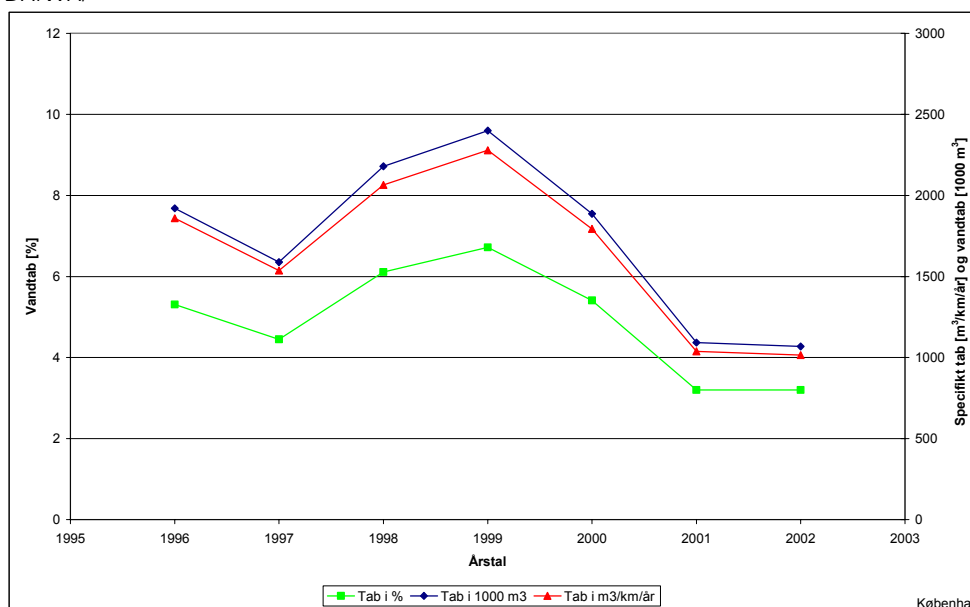
Hvis der tages udgangspunkt i ressourceopgørelsen fra GEUS, jf. afsnit 1.1, der som nævnt regner detaljeret på hele ferskvandskredsløbet, er der grund til at sætte fokus på minimering af tabet fra vandforsyningsnettet i København.

På figur 6.16 er data omhandlende vandtabet i Københavns ledningsnet for perioden 1996 til 2002 vist. Tabet er angivet i procent og i 1000 m³ samt som det specifikke tab.

I hele den betragtede periode har vandtabet ligget under 10% grænsen og har siden 1999 været faldende til under 4%. I årene 2001 og 2002 har niveauet været stagnerende på lidt over 3%, hvilket ifølge Københavns Energi ligeledes forventes at være tabet i 2003. Med de oplyste tabsprocenter svarer dette til et tab på 0,8 mio. m³ per år. I dette tab er vandforbrug til brandslukning, skylning af vandforsyningsledninger, skylning af kloakledninger mv. indeholdt. Tabet må derfor anses for at være et acceptabelt tab og det ligger pænt under landsgennemsnittet.

Udviklingen i det specifikke tab viser samme forløb som beskrevet ovenfor og antager en værdi i 2002 på ca. 1.000 m³/km.

Figur 6.16: Udviklingen i vandtab i København i perioden 1996 til 2002. Vandtabet er vist i % og i 1000 m³ samt som specifikt tab i m³/km/år. /Vandforsyningsstatistikker fra DANVA/



6.3.5.1 Afsluttende bemærkninger om København

Ovenstående beskrivelse af forholdene i København samt beskrivelsen af lækageerfaringerne i København i kapitel 6 kan opsummeres i følgende punkter:

- Der sker mere end 3 gange overudnyttelse af grundvandsressourcen.
- Vandtabet i København er stagneret på ca. 3%.
- Antallet af lækager er stigende, og data viser en voldsom stigning ved en alder på mere end 90 år for støbejernsledninger.
- København har et team, der udelukkende arbejder med lækagesporing og minimering af vandtab i ledningsnettet.

Afsluttende kan det konkluderes, at det næppe er muligt at reducere vandtabet yderligere i København. Et vandtab på 3% må anses for at være et minimumstab, når forbrug til brandslukning, skylning af vandforsyninger m.v. er indeholdt i tabet, og der altid vil optræde ledningsbrud i et så stort system

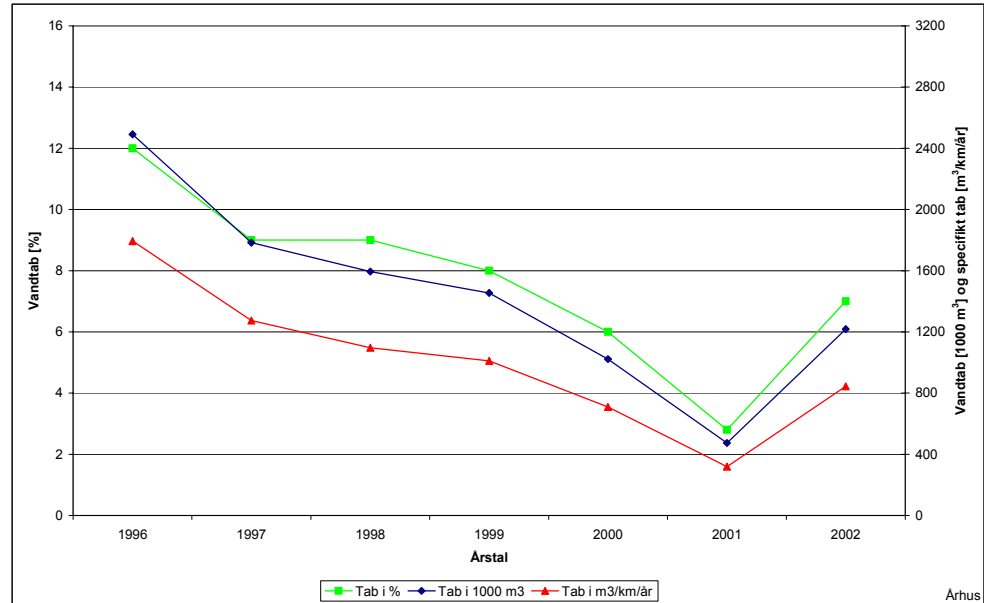
6.3.6 Vandtab ved Århus Kommunale Værker - VAND

I GEUS rapport er der ligeledes udarbejdet en ressourceopgørelse for et område benævnt Århus med et areal på 733 km² (Området er forskellig fra Århus Kommunes ca. 469 km²). I opgørelsen fremgår det, at grundvandsressourcen i dette område overudnyttes mere end 1,5 gange. Den udnyttelige grundvandsressource er bestemt til 13,9 mio. m³/år og data for 2000 viser, at der sker en vandindvinding på ca. 30,6 mio. m³/år. I modsætning til denne nye beregning fra GEUS, mener ÅKV-VAND ikke at grundvandsressourcen overudnyttes. Dette begrundes med udmelding fra Århus Amt som er resourceansvarlig myndighed, og de angiver, at der er en pæn balance mellem grundvandsdannelse og indvinding.

Hvis der tages udgangspunkt i ressourceopgørelsen fra GEUS, jf. afsnit 1.1, der som nævnt regner detaljeret på hele ferskvandskredsløbet, er der grund til at sætte fokus på minimering af tabet fra vandforsyningsnettet i Århus.

På figur 6.17 er data omhandlende vandtabet fra ÅKV's ledningsnet for perioden 1996 til 2002 vist. Tabet er angivet i procent og i 1000 m³ samt som det specifikke tab.

Figur 6.17: Udviklingen i vandtab i Århus i perioden 1996 til 2002. Vandtabet er vist i % og i 1000 m³ samt som specifikt tab i m³/km²/år. /Vandforsyningsstatistikker fra DANVA/



Vandforsyningsstatistikkerne fra DANVA viser at vandtabet er faldet gennem perioden 1996 til 2001, hvor der er angivet en værdi på 3%. I 2002 er vandtabet dog steget til 7%. Ifølge ÅKV - VAND er værdierne for 2001 og 2002 henholdsvis 6% og 6,9%. Forskellen skyldes at ÅKV-VAND har omlagt deres kundeafregningssystem, og det har den konsekvens, at de har beregnet tabet som et 3-års glidende gennemsnit for at få et rimeligt billede. Vandtabet i Århus har siden 1997 ligget under 10% grænsen (siden 1999 ifølge ÅKV-VAND's egne tal). I 2003 er vandtabet beregnet til 7,8% (3-års glidende gennemsnit).

Tabet udtrykt i 1000 m³ og som specifikt tab vist på figur 6.17 er også forskellig fra ÅKV's egne tal. Således angiver ÅKV et vandtab i 2001 på 719 m³/km²/år og ca. 1,1 mio. m³ og i 2002 846 m³/km²/år og 1,2 mio. m³. Tabet er altså reelt steget, men ikke så meget som figur 6.17 viser. En medvirkende årsag til at det specifikke tab er steget skyldes, at der er foretaget ændringer i ledningsdatabasen, således at den registrerede ledningslængde er faldet fra 2001 til 2002.

ÅKV-VAND har opstillet en målsætning for vandtabet, der er opsummeret i nedenstående punkter:

- Det totale specifikke vandtab skal være under 1.200 m³/km²/år. (ændret til 550 m³/km²/år fra 1. jan. 2003)
- Lækageantallet i vandforsyningen må ikke overstige 0,15 brud/km /år. Se figur 5.9.

Målsætningen for det specifikke tab er opfyldt i de seneste år, og målsætningen for lækageantallet er opfyldt i 2002.

6.3.6.1 Afsluttende bemærkninger om ÅKV - VAND

Ovenstående beskrivelse af forholdene i Århus samt beskrivelsen af lækageerfaringerne ved ÅKV-VAND i kapitel 6 kan opsummeres i følgende punkter:

- Der sker mere end 1,5 gang overudnyttelse af grundvandsressourcen iflg. beregning fra GEUS.
- Ifølge ÅKV-VAND's egne tal har vandtabet været nede på 6%, men er i 2002 og 2003 steget til hhv. 6,9% og 7,8%, og ligger dermed over landsgennemsnittet.
- Århus' målsætning for ledningsnettet er opfyldt for såvel antal lækager per kilometer ledning som for det specifikke vandtab.
- Ledningsnettets gennemsnitlige alder er 27 år (2002) og er dermed meget nyt.
- Århus har en omfattende database om lækager, der benyttes til optimering af den systematiske lækagesporing.

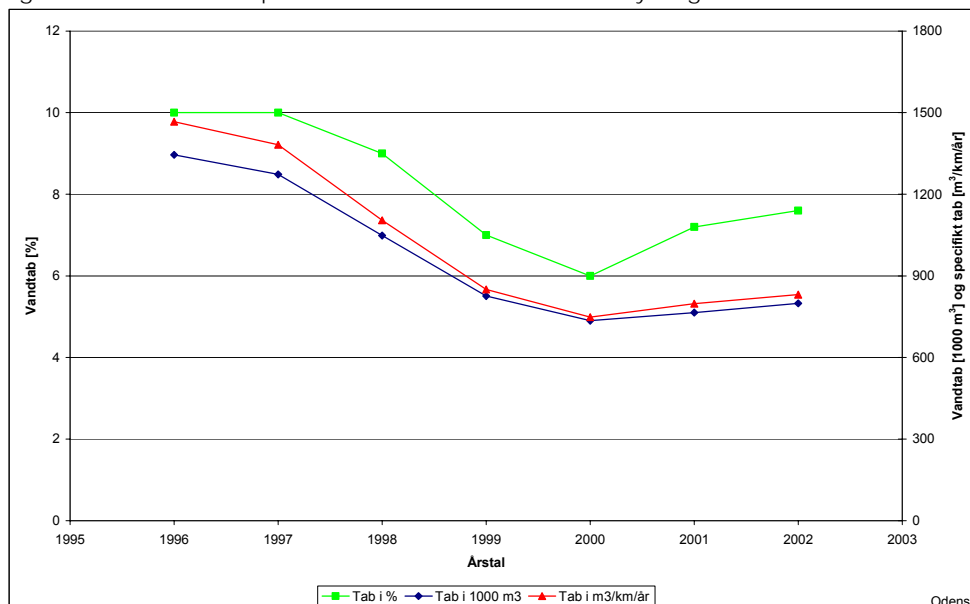
Afsluttende kan det konkluderes, at selvom vandtabet er lidt over landsgennemsnittet på 6%, ville en reduktion af tabet til under landsgennemsnittet ikke betyde det store set i forhold til overudnyttelsen af grundvandsressourcen.

6.3.7 Vandtab i Odense

I GEUS rapport er der også udarbejdet en ressourceopgørelse, for et område (1038 km²) benævnt Odense. I opgørelsen fremgår det, at grundvandsressourcen i Odense overudnyttes mere end 2,5 gange. Den udnyttelige grundvandsressource er bestemt til 7,3 mio. m³/år, og data for 2000 viser, at der sker en vandindvinding på ca. 20,7 mio. m³/år.

På figur 6.18 er data omhandlende vandtabet i Odense vandforsyningsnet for perioden 1996 til 2002 vist. Tabet er angivet i procent og i 1000 m³ samt som det specifikke tab.

Figur 6.18: Udviklingen i vandtab i Odense i perioden 1996 til 2002. Vandtabet er vist i % og i 1000 m³ samt som specifikt tab i m³/km². /Vandforsyningsstatistikker fra DANVA/



I perioden 1996 til 2000 kan der observeres et fald i vandtabet gående fra 10% til 6%. I årene 2000 og 2001 er tabet steget til små 8%. Det samlede tab i 2002 var på ca. 0,8 mio. m³ og det specifikke tab på ca. 800 m³/km².

6.3.7.1 Afsluttende bemærkninger om Odense

Ovenstående beskrivelse af forholdene i Odense samt beskrivelsen af lækageerfaringerne i Odense i kapitel 6 kan opsummeres i følgende punkter:

- Der sker mere end 2,5 gang overudnyttelse af grundvandsressourcen.
- Vandtabet i Odense har været nede på 6%, men er i 2002 og 2003 steget til over 7% og ligger dermed lidt over landsgennemsnittet.
- Størstedelen af ledningsnettet består af PVC og PE ledninger, som er driftssikre i form af et lille antal lækager per kilometer ledning.
- 7% af ledningsnettet er støbejern og bidrager med størstedelen af lækagerne.
- Odense har en omfattende database om lækager, der benyttes til optimering af den systematiske lækagesporing.

Afsluttende kan det som for Århus konkluderes, at selvom vandtabet er lidt over landsgennemsnittet, ville en reduktion af tabet til under landsgennemsnittet ikke betyde det store set i forhold til overudnyttelsen af grundvandsressourcen.

Såfremt støbejernsledningerne blev udskiftet til PVC eller PE ledninger, ville lækageantallet reduceres voldsomt og dermed ville vandtabet falde betydeligt.

6.3.8 Afsluttende bemærkninger – vandtab i kommunerne

Vandtabet på kommuneniveau viser en betydelig spredning i værdierne. Enkelte vandforsyninger har igennem en årrække registreret et vandtab over 20%, hvilket må anses for at være uacceptabelt og bør reduceres i fremtiden. Størstedelen af vandforsyningerne ligger dog under 10% grænsen, hvilket landsgennemsnittet ligeledes indikerer.

Ud fra de betragtede vandforsyninger fordelt på Sjælland, på Fyn og i Jylland er der ikke en geografisk forskel i de afbildede vandtab. Der er vandforsyninger med store såvel som små tab i alle tre geografiske områder af Danmark.

I nærheden af de større byer som København, Århus og Odense er vandtabet relativt lille og en væsentligt yderligere besparelse er ikke umiddelbart mulig uden store økonomiske omkostninger.

I de større byer forefindes der et omfattende datamateriale, der beskriver alle typer af lækager fordelt på forskellige materialer og på ledningsalder m.v. Datamaterialet bør benyttes til en prioritering i lækagesporing og bearbejdet på den rigtige måde, kan data gøre gavn i andre vandforsyninger, der skal igangsætte en systematisk lækagesporing.

Specielt vandforsyninger med et stort vandtab bør drage fordel af datamaterialet indsamlet af de store vandforsyninger.

6.4 Delkonklusion – kvantificering af vandtab

Vandtabet på landsplan, amtsniveau og kommuneniveau er kvantificeret. Udviklingen i vandtabet er afbildet tilbage fra 1982 og frem til 2002 og for enkelte vandforsyninger til 2003.

På landsplan er vandtabet i gennemsnit på ca. 6% og dermed acceptabelt, når det medtages, at der er indeholdt vand til brandslukning, skylning af vandforsyningsledninger og afløbsledninger mv. i tabet.

På amtsniveau er der få variationer og niveauet svarer til det registrerede på landsplan.

På kommuneniveau blev der observeret store forskelle med tab over 30% og tab ned til 0,3%. Det er ikke realistisk at sætte krav om et tab på 0,3%, ligesom det er uacceptabelt at tillade tab på over 30%. Der er ingen kontrol med data, og der eksisterer ikke en indberetningspligt af data om forbrugt vandmængde og vandtab. Den udpumpede vandmængde skal indberettes. Dette er ikke optimalt, da usikkerheden på de oplyste data er stor samtidig med, at datagrundlaget år efter år forandres. En indberetningspligt bør indføres og en kontrol med data vil ligeledes forbedre datagrundlaget.

En del af de indberettede data er ved kontakt til kommunen fundet fejlbehæftet og ikke rettet. Virkeligheden forholder sig således, at opdages f.eks. at en vandmåler har målt for lidt, bliver fejlen rettet og værdierne ændret i fremtiden (f.eks. data fra Herlev). Data fra tidligere år bør derfor tolkes varsomt.

En del vandforsyninger specielt de store som København, Odense og Århus har et omfattende datamateriale om lækager i ledningsnettet. Dette materiale bør bearbejdes systematisk og benyttes som vejledning til vandforsyninger med et stort vandtab.

De mulige besparelser på vandindvindingen omkring de store byer ved reduktion af vandtab hjælper ikke meget på overudnyttelsen af ressourcen. Der vil højst kunne opnås en reduktion i indvindingen på 2-3%. Andre mulige metoder til reduktion af grundvandsudnyttelsen bør derfor vurderes og sammenlignes med reduktion af vandtab i ledningsnettet.

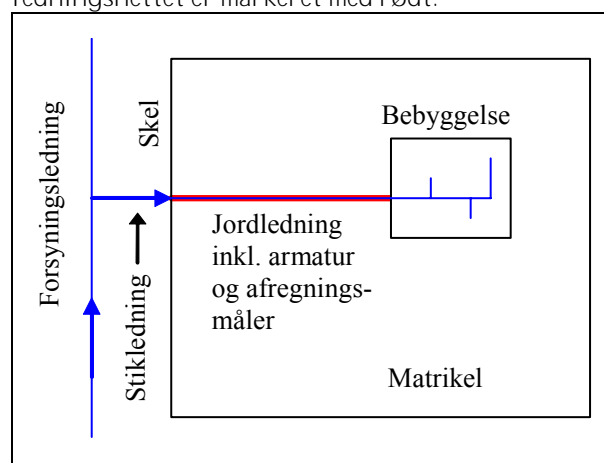
7 Tab i offentlig kontra privat del af ledningsnet

I dette kapitel søges foretaget en opdeling af tab på henholdsvis offentlig og privat del af ledningsnettet. Det skal bemærkes, at datagrundlaget for at foretage denne opdeling er meget spinkelt, da vandforsyningerne ikke registrerer forholdene på de private jordledninger.

7.1 Definition af tab på privat side af skellet

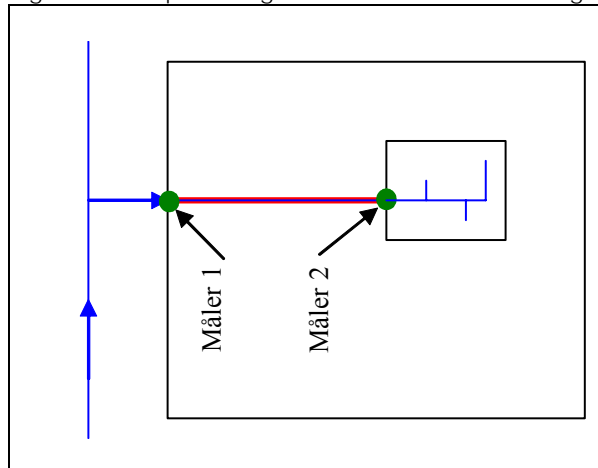
Indledningsvis gives en definition af tab på den private del af ledningsnettet. Som omtalt i afsnit 2.2 er definition af tab på privat del af ledningsnettet følgende – tabet ligger inden for matrikelskellet. Det er altså tale om tab på jordledningen fra skel til bebyggelse, jf. figur 7.1. Tab i bebyggelsen, dvs. i forbrugers installationsledninger, f.eks. dryppende vandhaner, wc-cisterner mv. er også tab på den private del, men dette indgår ikke som tab i denne forbindelse fordi det er på forbrugers regning.

Figur 7.1: Definition af tab på den private del af ledningsnettet. Den private del af ledningsnettet er markeret med rødt.



For at kunne bestemme den nøjagtige fordeling af tabet kræves, at en måler er placeret ved overgangen fra den offentlige del af stikledningen til den private del ved samtlige stikledninger i ledningsnettet (måler 1), jf. figur 7.2 samt at der findes en afregningsmåler ved jordledningens indføring i bebyggelsen (måler 2), jf. figur 7.2. Forskellen mellem de to målere angiver tabet på den private del af ledningen. Denne måleropstilling bruges kun i praksis som en midlertidig foranstaltning, f.eks. når vandværket skal dokumentere overfor forbrugeren, at der er et tab på dennes del af ledningen.

Figur 7.2: Evt. placering af måler er markeret med grøn.



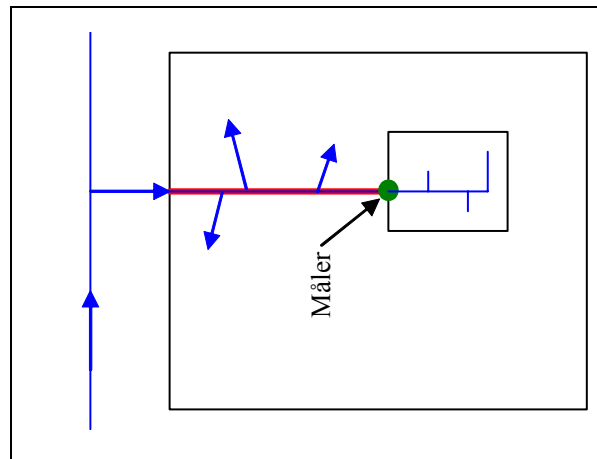
Alternativt kunne måler 1, jf. figur 7.2, bruges alene til at afregne efter. Det vil have den fordel, at tabet på den offentlige del vil kunne estimeres ret præcist, og at forbrugeren skal betale for både forbrug og tab i sine installationsledninger og den private del af ledningen. Under alle omstændigheder kræver en opdeling af tabet, at der måles, der hvor grænsen går mellem offentlig og privat del, hvilket sjældent er tilfældet i dag.

I dag er forholdene således, at der er en afregningsmåler placeret umiddelbart efter jordledningens indførelse i bygningen eller ved en målerbrønd i forbindelse med jordledningen. Almindeligvis er afregningsmåleren placeret ved indføringen i bebyggelsen, hvorved tabet i hele ledningen medregnes til det offentlige. For at vandforsyningen skal kunne bevise overfor forbrugeren, at der er tab på dennes del af ledningen, er de nødt til at kunne dokumentere det i form af målinger ved skel. Den modsatte situation kan også opstå, hvor afregningsmåleren er placeret ved skel, og forbrugeren betaler for et spild på sin del af ledningen. Med lov om ændring af lov om afgift af ledningsført vand har forbrugeren mulighed for eftergivelse af vandtab på skjulte installationer, der overstiger normalforbruget $+300 \text{ m}^3$. En del af de kontaktede kommuner har nævnt, at der har været meget få sager siden indførelsen af loven i maj 2003.

7.2 Jordledningernes tilstand

Flere kommuner har vurderet, at jordledningerne er i ringere stand end det øvrige ledningsnet, idet ledningsnettet kun renoveres frem til matrikelgrænsen, hvor vandforsyningens ansvar ophører. Tillige vurderes det, at der er et ikke ubetydeligt vandtab fra disse ledninger. Dette vandtab måles ikke af vandmåleren, hvis denne sidder ved bebyggelsen, og tabet indgår derfor i vandforsyningens regnskab selvom tabet ligger på den private side af matrikelgrænsen, jf. figur 7.3

Figur 7.3: Tab på den private side af matrikel skel I et



7.3 Erfaringer fra Søllerød kommune

Et eksempel fra Søllerød kommune viser, at jordledningerne ikke bliver renoveret i samme omfang som de offentlige forsynings- og stikledninger. Den gennemsnitlige alder for hele kommunens ledningsnet er relativt høj, og anvendelsen af støbejern er udbredt som materiale for stik- og jordledninger.

I forbindelse med renovering af kommunens ledninger fik forbrugerne tilbud om renovering af deres jordledning. Forbrugerne fik et fordelagtigt prisoverslag på hvad det vil koste, men interessen for at for udskiftet jordledningen var ringe. Kun 1-2 ud af ca. 150 tog imod tilbuddet om udskiftning af jordledningen. Den manglende interesse skyldes ganske afgjort at stort set alle er forsikret mod brud samt at forsikringsselskaberne, i de tilfælde hvor forbrugerne har spurgt dem (ca. 10 ud af de 150), ikke har været villige til at indgå i finansiering af en ny jordledning med det formål at minimere risikoen for brud.

Resultatet er at den gennemsnitlige ledningsalder for jordledningerne er højere end for det offentlige ledningsnet. En del jordledninger var sandsynligvis blevet udskiftet, hvis kommunen havde ansvar for jordledningerne, men pga. de økonomiske rammer for vedligeholdelse af ledningsnettet, ville udskiftningen ske på bekostning af renovering andre steder i ledningsnettet. Så et kommunalt ansvar for hele ledningsnettet vil ikke nødvendigvis medføre at tabet falder.

7.4 Erfaringer fra Hvidovre kommune

Af økonomiske og miljømæssige årsager samt for at mindske tabet har Hvidovre Kommune overvejet mulighederne for kommunal overtagelse af drift og vedligeholdelse af jordledninger (Teknisk Forvaltning – Hvidovre, 2003). Overdragelsen kan evt. ske ved en forøgelse af vandafgiften. Det vurderes, at en renovering af 350 jordledninger pr. år ud af i alt 10.000 stk. vil medføre en årlig merudgift i størrelsesordenen 3 mio. kr. Med et vandforbrug som i år 2002 vil det svare til en merpris ekskl. moms på 0,8-0,85 kr. pr. m³. Et meget usikkert skøn angiver, at en sådan indsats vil reducere vandspildet med 40.-70.000 m³, hvilket giver en reduktion i udgifterne til køb af vand på 160 - 290.000 kr.

Hvidovre kommune har på baggrund af tallene vurderet, at forøgelsen af vandafgiften er for stor i forhold til den økonomiske og miljømæssige gevinst, så kommunen har ikke planer om at overtage drift og vedligeholdelse af jordledninger. /Referat af Teknik- og Miljøudvalgets møde, Hvidovre, Sept. 03/

Eksemplet fra Hvidovre demonstrerer det forhold at den opnåede effekt skal svare til indsatte økonomiske ressourcer.

7.5 Erfaringer fra Rødovre Kommune

Rødovre Kommune har siden 1993 registreret om lækager er placeret på offentlig stikledning eller på jordledning som en af de få kommuner. Der er i gennemsnit per år registreret 65 brud på offentlige stikledninger og 21 brud per år på jordledninger. Det vil sige, at 76% af de registrerede lækager forekommer på den offentlige del af ledningsnettet og 24% forekommer på den private del. Der skal tages forbehold for, at ikke alle brud på privat grund registreres og dermed medtages i statistikken over lækager. En lækage på privat grund kan blive udbedret, før den er observeret af kommunen.

Tabel 7.1: Fordeling af lækager på hovedledning, offentlig stikledning og privat jordledning for perioden 1993 til 2003. /Rødovre kommune/

Type	1993-2003	Procent
Hovedledning	330	26
Offentlig stikledning	720	56
Privat jordledning	226	18
Total	1276	100

7.6 Erfaringer fra Ankers Lækagesporing

Ud fra lækagerapporter fra Ankers Lækagesporing er resultatet, at 61% af lækagerne forekommer på offentlige stikledninger, medens 39% på jordledninger. Datagrundlaget er 156 lækager fra ca. 15 forskellige områder.

7.7 Kvantificering af tab på offentlig kontra privat del

Da der ikke findes målinger der kan bidrage til opdelingen af vandtabet må et skøn foretages på baggrund af antallet og størrelsen af lækager. Vandforsyningerne er naturligt nok primært fokuseret på at få repareret en opstået lækage hurtigst muligt når den opdages frem for at bruge tid på at kvantificere tabet. Vurdering af tabets størrelse kompliceres yderligere af usikkerheder om lækagens starttidspunkt. Kvantificeringen af fordelingen må derfor bero på et skøn ud fra oplysninger fra lækagesporingsfirmaer, vandforsyninger, kommuner osv. Der eksisterer dog kun få undersøgelser af hvor mange og hvor store lækager der er fundet forskellige steder i ledningsnettet.

Med hensyn til fordelingen af antallet af lækager offentligt kontra privat, så viste lækagerapporter fra Ankers Lækagesporing, at 61% af lækagerne er på offentlige stikledninger og 39% på private jordledninger. Registreringen i Rødovre kommune fra 1993-2003 viste, at 946 lækager på stik-/jordledninger, gav fordelingen 76% offentlige og 24% private. Tallene viser altså, at der overraskende nok samlet er en overvægt af lækager på den offentlige del. Tallene bygger dog på et meget utilstrækkeligt og usikkert datamateriale. Dertil kom-

mer, at en forbruger kan få repareret en lækage af et privat VVS-firma på sin jordledning uden, at vandforsyningen får kendskab dertil.

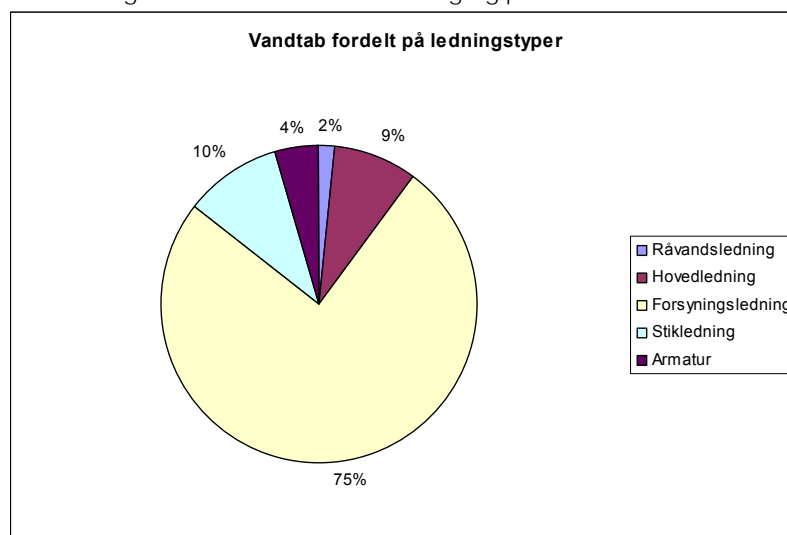
Lækager på offentlige stikledninger og private jordledninger:

- Ankers Lækagesporing Offentlig: 61% Privat: 39%
- Rødovre Kommune Offentlig: 76% Privat: 24%

Undersøgelser af ledningsnet viser, at antallet af lækager på stik- og forsyningsledninger er i nogenlunde samme størrelsesorden på trods af, at længden i km er meget forskellig. F.eks. består ledningsnettet i København af 14% hovedledning, 70% forsyningsledning og 16% stikledning. Dermed bliver lækagefrekvensen (antal lækager per km stikledning) meget højere. Dette viser, at der er et problem med manglende vedligeholdelse og renovering af stikledninger.

En lækage på en forsyningsledning giver større tab end på en stikledning, og de offentlige ledninger udgør en langt større andel af den samlede ledningslængde. Dette er årsagen til at vandtabet overvejende er at finde på den offentlige del af ledningsnettet. Figur 7.4 viser vandtabet fordelt på ledningstyper for Århus Kommunale Værker.

Figur 7.4: Fordeling af vandtab på ledningstyper, 1989-2003 Århus Kommunale Værker. Stikledninger inkluderer både offentlig og privat del.



Det er desværre ikke muligt at give generelt dækkende tal for fordeling af vandtabet, og der bør foretages yderligere undersøgelser af tabet i vandforsyningssystemer. F.eks. kan en undersøgelse afgrænses til et delområde, efterfølgende kan en opskalering af resultatet bruges til kvantificering.

Afslutningsvis må det på baggrund af det tilgængelige materiale konkluderes at tabet på den private del af vandforsyningens ledningsnet er mindre end tabet på den offentlige del af nettet, men at tabet kan reduceres såfremt tilstanden af jordledningerne forbedres. Dette kan ske ved, at enten vandforsyningen eller forbrugeren tager mere ansvar for vedligeholdelse og drift af jordledningen.

For den enkelte forbruger er det dyrt at få renoveret en jordledning i dårlig tilstand. For at fremskynde renoveringen kan vandforsyningen overtage drift og vedligeholdelse af jordledningen med en forøgelse af vandafgiften til følge.

8 Konklusion

Gennem de senere år er vandforbruget i Danmark faldet betydeligt, men alligevel foregår der i visse dele af Danmark, især omkring de større byer, en betydelig overudnyttelse af grundvandsressourcen. Dette giver en række miljømæssige og forsyningsikkerhedsmæssige problemer. Samtidig ved man at der nogle steder optræder et ikke ubetydeligt vandtab fra ledningsnettet gennem utætheder, brud mv.

Vandtabets betydning for ressourceudnyttelsen er belyst. Det er herunder opgjort og vurderet hvor stort vandtabet er og hvilke muligheder der er for at reducere tabet. Desuden er vurderet hvor stor del af tabet der finder sted fra det offentlige net (udenfor skel) og hvor stor del fra den private del (indenfor skel). Herudfra kan vurderes hvordan forebyggelsen af vandtab bedst gribes an. Ud fra de i projektet indsamlede og bearbejdede oplysninger er draget følgende konklusioner:

- Det reelle vandtab udgør ca. 75% af det totale tab.

Undervejs fra vandværk til forbruger går en del af den udpumpede vandmængde tabt. Det reelle tab, udgør gennemsnitlig ca. 75% af det totale vandtab. Det stammer fra utætheder og brud i ledningsnettet, hvorfor fokus på begrænsning af utætheder og brud i ledninger er vigtig. Det resterende tab, er ikke et egentligt tab, idet det dækker vandforbrug til brandhaner, skylning af vand- og kloakledninger, umålt forbrug til entreprenører, fejl på vandmålere og aftapning af hensyn til frostskafer.

- Vandforbruget og tabet har været faldende gennem en lang årrække. Vandforbruget er på landsbasis faldet konstant år for år siden 1986. Også vandtabet udtrykt i procent af den udpumpede vandmængde er faldet gennem de seneste år, men ikke så jævnt som vandforbruget, til et niveau i 2002 omkring 6% (25 mio. m³). En medvirkende årsag til det væsentlige fald er at der i 1994 blev indført en afgift på vand, og i 1999 indført krav om vandmåler i alle ejendomme.

- Grænsen er nået for minimum tab mange steder. Flere kommuner angiver at grænsen er nået for hvor meget tabet kan reduceres i deres vandforsyningsnet, selv med en fortsat systematisk udskiftningsprocedure. Nogle vandforsyninger har tab ned til 0,3 % og det kan næppe mindskes. Et tab på 3-4% skønnes at være et realistisk og hensigtsmæssigt mål for de fleste vandforsyninger.

- Nogle vandværker har store tab. Der er vandforsyninger der til stadighed kæmper med tab på omkring 30%.

- Tabet er ikke afhængigt af vandforsyningens størrelse. Det betyder kun lidt for tabets størrelse om vandforsyningen er privat- eller offentligt ejet.

- Der er ikke geografiske forskelle. Der er ikke fundet signifikante geografiske forskelle i vandtab på amtsbasis.

- Ledningsalderen er væsentlig.

Ledningsalderen har stor betydning, idet der er en tydelig sammenhæng mellem stigende ledningsalder og specifikt vandtab.

- Minimering af tabet kan optimeres.

Registrering af lækager mht. placering, årsager mv. i en database er et nyttigt redskab til minimering af tabet. Vandforsyninger med højt tab kan drage nytte af erfaringerne fra de vandforsyninger der har lækage databaser. Lækageovervågning f.eks. ved registrering af natteforbruget eller målinger forskellige steder i ledningsnettet er vigtig når tabet skal nedbringes. De pludselige ledningsbrud opdages som regel hurtigt. Det er de mange mindre lækager, især utætte samlinger og korrosionsskader, der giver størstedelen af det årlige vandtab.

- Overudnyttelsen af vandressourcen ændres kun lidt ved reduktion af tab.

Da vandtabet generelt er begrænset kan besparelser på vandindvindingen omkring de store byer ved reduktion af vandtab i vandforsyningsnettet ikke hjælpe meget på overudnyttelsen af vandressourcen. Tiltag der reducerer tabet i vandforsyningsnettet bør derfor sammenlignes med andre løsninger i forhold til en mere bæredygtig udnyttelse af grundvandsressourcen.

- Usikkerheden på kvantificering af tab.

Usikkerheden på kvantificeringen af tabet er stor idet indberetningen er baseret på en frivillig ordning og uden kontrol. Vandforsyningerne kan gå ind og ud af statistikken fra år til år. Tallene der ligger til grund for tabet på landsbasis stammer fra 50% af den udpumpede vandmængde. Tabet ville sandsynligvis være højere hvis der var indberetningspligt og kontrol med alle vandforsyninger.

- Tabet på offentlig kontra privat del er vanskelig at kvantificere.

Det er ikke muligt præcist at kvantificere vandtab i offentlig kontra privat ledning. Grænsen mellem offentlig og privat del går et sted på ledningen, hvor der normalt ikke er placeret en måler. Ofte bliver tabet på privat grund medregnet i tabet på den offentlige del idet måleren er placeret i ejendommen.

- Stik-/jordledninger er i dårlig stand.

Generelt er erfaringen at forbrugernes jordledninger er i dårligere stand end de offentlige idet kommunens eller vandforsyningens ansvar stopper ved matrikelgrænsen. Til gengæld ligger den private del af ledningen i roligere omgivelser der kan forlænge ledningens levetid væsentligt i forhold til den offentlige del der kan være udsat for trafikbelastning. Antallet af lækager på hhv. privat og offentligt del af stik-/jordledningen kan give en indikation af hvor tabet er størst. Et lækagesporingsfirma angiver fordelingen mellem lækager på offentlige og det private ledningsnet til hhv. 61% og 39%, tilsvarende viser tal fra Rødovre Kommune en fordeling på hhv. 76% og 24%.

- Tabet på den offentlige del er størst.

I absolutte vandmængder er tabet på den offentlige del af ledningssystemet langt større end på den private del viser tal fra Århus. 75% af det vurderede vandtab ligger på de offentlige forsyningsledninger, medens kun 10% er på stik-/jordledninger, der enten kan være offentlige eller private.

9 Litteraturliste

Bohn, P., Sørensen, P. og Nielsen, K. A., "**Lækagesøgning i Københavns kommune**", danskVand nr. 6, August 2002.

Danske Vandværkers Forening, "**DVF-vejledning nr. 10**", 1995, Danske Vandværkers Forening.

Dansk Vand- og spildevandsforening, "**Kursus i vandforsyningsteknik**", Års-kursus nr.: 31(1982), 38(1989), 40(1991), 43(1994), 44(1995) og 52(2003), Dansk Vand- og spildevandsforening.

Dansk Vandteknisk Forening - Vandteknisk udvalg, "**Lækageundersøgelse - Vandtab og lækager på vandforsynings ledningsnet**", 1980, DVF.

Dansk Vand- og Spildevandsforening, Miljøstyrelsen & GEUS, "**Vandstatistik 2002**", 2002, DANVA.

Dansk Vand- og Spildevandsforening, Miljøstyrelsen & GEUS, "**Vandforsyningsstatistik**", Årstal: 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, DANVA.

Gotfredsen, K. "Kommuner skal begrænse vandspild", Nyhedsmagasinet Danske Kommuner nr. 38, 2002

Henriksen og Sonnenborg, "**NOVA temarapporten Ferskvandets kredsløb**", 2003.

Holm, E. og Ledgaard, J., "**Godt vand og vand nok - hele tiden**", 2000, Danske Vandværkers Forening og Danmarks Private Vandværker.

Johnson, P. V., "**Unaccounted-For Water Puzzle: More Than Just Leakage**", 1996, Florida Water Resources Journal.

Karlby, Henning og Sørensen, Inga. "**Vandforsyning**". 1998. Teknisk Forlag.

Miljøstyrelsen, "**Renere teknologi i Hvidovre Vandforsyning**", Miljøprojekt nr. 232, 1993, Miljøstyrelsen.

Skatteministeriet, "**Bekendtgørelse af lov om afgift af ledningsført vand**", 1998.

Skatteministeriet, "**Lov om ændring af lov om afgift af ledningsført vand**", 2001.

Smith, L. A., Fields, K. A., Chen, A. S.C., Tafuri, A. N., "**Options for Leak and Break Detection and Repair of Drinking Water Systems**", 2000, Battelle Press.

Vandrådet, "**Ferskvandsressourcens naturlige kvantitet og kvalitet**", 1992, Vandrådet projekt, Danmarks fremtidige vandforsyning. Rapport fra Arbejdsgruppe 1. december 1992.

Winther, L., Linde, J. J. og Winther, H., "**Vandforsyningsteknik**", 2003, Polyteknisk Forlag.

Wright, C. P., "Leak Detection Program - Summary Report", 2002, Florida.

Kommuner og vandforsyninger

Herlev
Kolding
Randers
Nykøbing Falster
Ballerup
Greve Strand
Esbjerg
TRE-FOR
Frederikshavn
Farum
Helsingør
Hvidovre
Næstved
Rødovre
Horsens
Frederikshavn
Københavns Energi
Gentofte
Odense Vandselskab
Nyborg
Herning (EnergiGruppen Vand A/S)
Brøndby
Tårnby
Kerteminde
Glostrup
Thisted
Silkeborg
Lyngby-Taarbæk
Søllerød
Århus (ÅKV)

Lækagesporingsfirmaer

Dansk Isotop
Aqua Lækagesporing
Ankers lækagesøgning ApS
Danmarks Termografiske Selskab ApS
Kobberøe
Leif Koch A/S
Roskilde Kabel- & Rørteknik

Websites

Danmarks statistik: www.dst.dk (feb. 04)
Foreningen af vandværker i Danmark: www.fvd.dk (feb. 04)
Danske Vandværker: www.dkvand.dk (feb. 04)
Dansk Vand- og Spildevandsforening: www.danva.dk (feb. 04)
Miljøstyrelsen: www.mst.dk (feb. 04)