

---

---

# Vejledning

## Redningsberedskabets indsats på brint-forbrugstankanlæg

---



December 2012

Vejledning: Redningsberedskabets indsats på brint-forbrugstankanlæg

---



Brandøvelse med brintbiler i Californien

Foto: PNNL - Pacific Northwest National Laboratory

Forsidebillede: Mercedes-Benz B-Class F-CELL – Electric vehicle with fuel cell

Vejledning: Redningsberedskabets indsats på brint-forbrugstankanlæg

Udgivet af:

Beredskabsstyrelsen

Datavej 16

3460 Birkerød

## Indholdsfortegnelse

<b>Indholdsfortegnelse .....</b>	<b>3</b>
<b>Brint til transport .....</b>	<b>4</b>
<b>Brints egenskaber .....</b>	<b>6</b>
<b>Brint-forbrugstankanlæg – opbygning og teknik .....</b>	<b>7</b>
Opbygning af brint-forbrugstankanlæg .....	7
Oplag af gasser og farlige væsker på brint-forbrugstankanlæg .....	9
Sikkerhedsinstallationer på brint-forbrugstankanlæg .....	10
<b>Redningsberedskabsindsats – brint-forbrugstankanlæg .....</b>	<b>14</b>
Sikkerhedsmæssig forsvarlig indsats .....	14
Fremgangsmåde ved indsats .....	14
Særligt vedrørende udslip af- eller brand i brint .....	15
Sikker fjernelse af brint-batterier .....	18
<b>Egne notater .....</b>	<b>20</b>
<b>Kilder .....</b>	<b>21</b>
Samarbejde .....	21
Billeder .....	21
Yderligere information .....	21

## Brint til transport

I 2015 forventes det, at der vil ske en markedsintroduktion af brintbiler. Desuden arbejdes der på at bruge brint og brændselsceller i bl.a. busser og arbejdskøretøjer, såsom gaffeltrucks m.v.

Brintbiler er elbiler, hvor en brændselscelle omdanner brint og ilt til vand ved en elektrokemisk proces samtidig med, at der udvikles elektricitet. Virkningsgraden er på ca. 50-60 %. I dag findes der i Danmark ca. 6 brint-forbrugstankanlæg og et antal brintbiler, trucks m.v.

For yderligere information om brint til transport i Danmark henvises der til [www.hydrogenlink.net](http://www.hydrogenlink.net) samt rapporten "Brint til Transport i Danmark frem mod 2050" som kan hentes på: [www.hydrogenlink.net/brint2050.asp](http://www.hydrogenlink.net/brint2050.asp).

Nedenfor er vist eksempler på brintdrevne køretøjer, samt et oversigtskort over planlagte brint-forbrugstankanlæg i Danmark frem mod 2050.



### Brintbil

*FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle*

Tanktryk: 700bar

Tankindhold: 3-7kg brint

Rækkevidde: 400-700km

Tankningstid: 3-4 min.

Konvertering: Brændselscelle

Forbrug: 0,8-1,2 kg/100km

(~20-35 km/liter benzin ækvivalent)



**Brintbus**

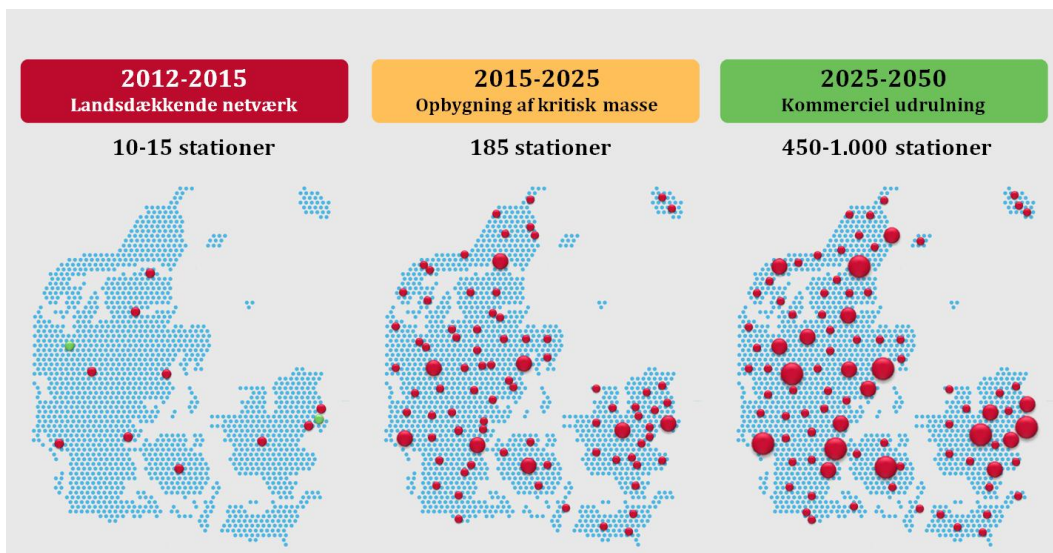
- Tanktryk: 350bar
- Tankindhold: 30-40kg brint
- Rækkevidde: 300-400km
- Tankningstid: <10 min.
- Konvertering: Brændselscelle
- Forbrug: 8-12 kg/100km

*(~2,5-3,8 km/liter diesel ækvivalent)*



**Brinttruck**

- Tanktryk: 350bar
- Tankindhold: 0,5-2kg brint
- Driftstid: 5-8 timer
- Tankningstid: <3-4 min.
- Konvertering: Brændselscelle

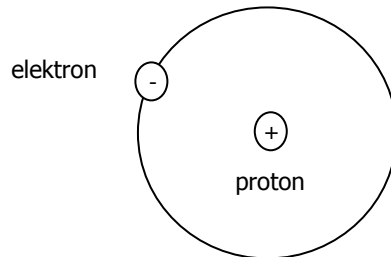


Den forventede udvikling i antallet af brint-forbrugstankanlæg i Danmark frem til 2050.



## Brints egenskaber

Brint (Hydrogen) er en gas, der er væsentlig lettere end atmosfærisk luft. Brint kan komprimeres og/eller nedkøles, så det overgår til væskeform. Dette sker ved meget lave temperaturer eller ved meget højt tryk. Brint er usynlig, uden lugt og uden smag.



En tegning af brintatom

Brints antændelsesgrænser er fra 4-74 % i blanding med atmosfærisk luft. Antændelsesenergien for brint er meget lav.

Flammerne fra brændende brint er meget svagt blålige og vil i dagslys oftest kun kunne anes som flimrende. Ved brand i nærheden af andet brandbart materiale f.eks. malingsoverflader på køretøjer vil branden generere røg.

Flammerne vil kunne ses med termisk kamera.

En brintflamme fra køretøjer/anlæg vil umiddelbart være en jetflamme pga. tryksætningen. Der vil være turbulens og en meget tydelig hørbar lyd.

Varmestrålingen fra en brintbrand er væsentlig mindre end for naturgasbrand og ca. halv så kraftig som for en benzinbrand.

## Brint-forbrugstankanlæg – opbygning og teknik

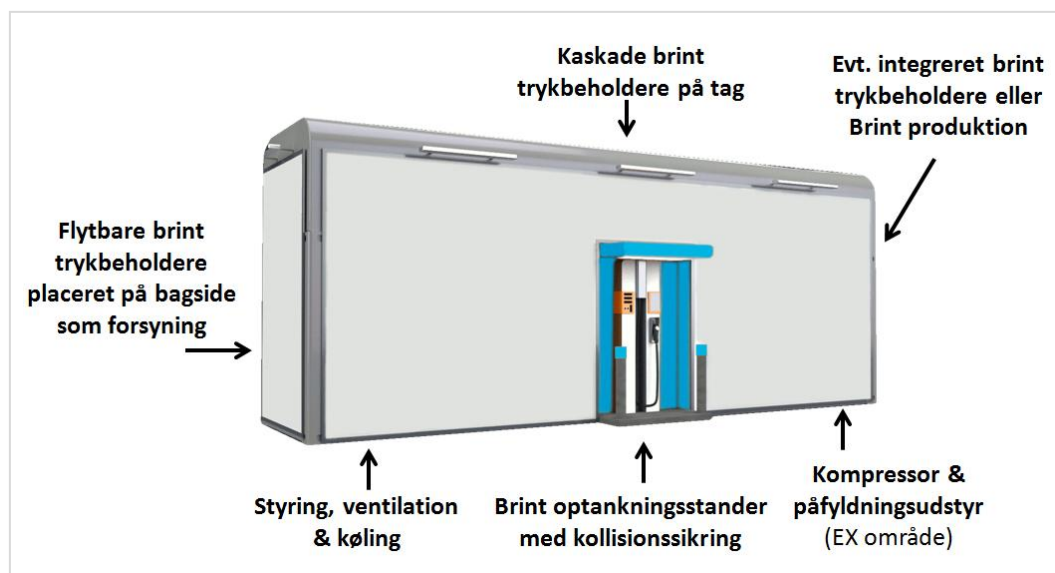
### Opbygning af brint-forbrugstankanlæg

Et brint-forbrugstankanlæg består af en række hovedkomponenter, som enten kan være integreret i et samlet modul eller delt op alt afhængig af den givne placering:

- Brintforsyning
- Flytbare trykflasker leveret fra gasselskab (eller back-up)
- Brint-produktion på stedet med elektrolyse af vand (vha. strøm)
- Brintkomprimering og lagring ved påfyldningstryk
- Integreret kompressor enten med lagring på taget eller separat
- Styring, ventilation og køling
- Påfyldningsudstyr & tankstander
- Integreret eller separat optankningsstander

Brint leveres enten til tankanlægget i traditionelle flaskebatterier eller produceres på stedet ved at anvende elektricitet til at spalte vand, hvor trykflasker i stedet blot agerer back-up. Efter brintforsyningen komprimeres brint til påfyldningstrykket og lagres i højtryksbeholdere enten placeret på taget eller uden for selve tankanlægget. Selve tankningen sker via en tankstander som enten er indbygget i stationsmodulet eller placeret separat, eksempelvis i forbindelse med eksisterende benzintankstationer.

Et eksempel på en mulig opbygning af et brint-forbrugstankanlæg er vist nedenfor.



Vejledning: Redningsberedskabets indsats på brint-forbrugstankanlæg

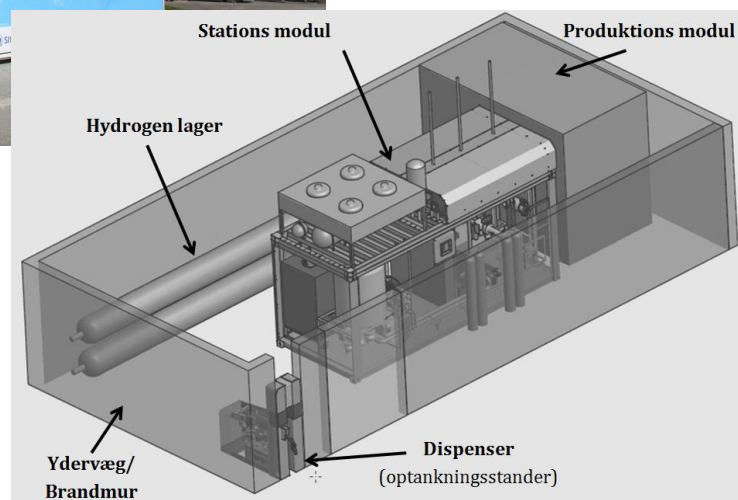
Opbygningen og særligt placeringen af de forskellige hovedkomponenter kan variere fra producent og selve placeringen af anlægget på "matriklen".

Nedenfor er vist eksempler på brint tankanlæg som er etableret i Danmark og Norge de senere år, samt indholdet af selve tankanlægget.

**Holstebro** | 700bar med flaskeforsyning og separat stander | størrelser under 50kg om dagen | max. 65kg brint lagret på sitet | 2010.



**Oslo** | 700bar med brint produktion og integreret stander | størrelser under 200kg om dagen | max. 156kg brint lagret på sitet | 2011.





Størrelsen af brint-forbrugstankanlæg i form af den daglige påfyldningskapacitet varier.

I de kommende år forventes tankanlæggenes påfyldningskapacitet at være på ca. 50-200kg brint om dagen og på længere sigt mellem 400-1.000kg brint eller mere. En brint-bil tanker i snit 3-5 kg brint ad gangen, svarende til ca. 300-500 kilometers kørsel. På årsbasis bruger en brintbil omkring 150-180 kg brint.

## **Oplag af gasser og farlige væsker på brint-forbrugstankanlæg**

### **Brintrykbeholdere**

Brint oplagres på brint-forbrugstankanlæg i stationære trykbeholdere enten placeret på taget, ved siden af stationen eller inde i selve tankanlægget.

Der anvendes forskellige typer af trykbeholdere til forskellige trykniveauer:

Type 1: Stålbeholdere op til ~500bar

Type 2: Stålbeholdere forstærket med kulfiber op til ~500bar

Type 3: Kompositbeholdere med aluminiumliner fra ~500-1.000bar

Type 4: Kompositbeholdere med plastikliner fra ~500-1.000bar

### **Trykbeholdere for andre gasser**

Desuden kan brint-forbrugstankanlæg indeholde en lang række forskellige typer af trykflasker som anvendes i driften af stationen, eksempelvis:

- Nitrogen til drift af ventiler og pneumatik
- Gasser i kølersystemer

### **Flydende væsker**

Brint-forbrugstankanlæg kan indeholde en række flydende væsker som kan være brændbare, giftige eller farlige eksempelvis:

- Brændbare olier i mekaniske systemer
- Brændbare eller giftige kølervæsker ned til minus -40°C (forfrysning)

## Sikkerhedsinstallationer på brint-forbrugstankanlæg

Salgs- og forbrugstankanlæg for brint er ikke omfattet af Beredskabsstyrelsens bekendtgørelse nr. 1444 om *tekniske forskrifter for gas*. Kommunalbestyrelsen (redningsberedskabet) kan stille krav til forbrugstankanlægget jf. beredskabslovens § 34. stk. 2. De betingelser der stilles til de enkelte anlæg vil derfor kunne variere fra kommunen til kommune.

Brint-forbrugstankanlæg bygges med en række sikkerhedsinstallationer med henblik på at:

- Minimere risikoen for udslip af brint
- Minimere risikoen for gnister i områder, hvor der kan være risiko for brint
- Have foranstaltninger, der begrænser evt. lækage, brand og eksplosion

Typiske sikkerhedsinstallationer for brint-forbrugstankanlæg	
Brint-tankstander	<p>Stander er beskyttet mod påkørsel og udstyret med tilt-sensor.</p> <p>Slangen er udstyret med break-away kobling og er strømledende så potentialeforskelle udlignes (statisk elektricitet).</p> <p>Rørstreng fra lagringsbeholdere og ud til stander er udført med et tilstrækkeligt antal afspærringsventiler for at sikre afbrydelse af brinttilførslen i tilfælde af uheld.</p>
Hovedafbryder	<p>Anlægget er udført med en hovedafbryder for strøm</p> <p>Hovedafbrydere kan være placeret forskellige steder, f.eks. transformerstation eller nærliggende bygning.</p> <p>Operatør skal informere redningsberedskabet om placering af hovedafbryderen før idriftsættelse. Der stilles oftest krav fra kommunalbestyrelsen (redningsberedskabet) om at nødstop placeres ca. 10 m fra anlægget – i lighed med det der kendes fra salgs- og forbrugstankanlæg for benzin.</p> <p>Skiltes.</p>

<p>Brintskorsten og ventiler</p>	<p>Installeret så brint ledes bort fra stationen op igennem skorstenen i tilfælde af overtryk, lækager og brand. Skorstenen fungerer også som bortleder ved tømning af slange i forbindelse med tankning af køretøj. Derfor er der zoneklassificeret omkring skorstenen.</p> <p>Overtryksventiler er monteret på lagringsbeholdere og sat til anlæggets designtryk.</p>
<p>Sikkerhedslås &amp; nøgle</p>	<p>Anlægget er udført med en sikkerhedslås, så der kan opnås adgang med én nøgle til vigtige områder af anlægget i forbindelse med indsats (nøgleboks).</p> <p>Nøgleplacering bestemmes i forbindelse med kommunalbestyrelsens godkendelse jf. beredskabslovens § 34. stk. 2. Det skal bemærkes, at det ikke er alle kommuner, som kræver nøgle til anlægget – dette fordi anlægget kan lukkes ned ved brug af anlæggets nødstop.</p>
<p>Brintdetektorer</p>	<p>Der vil være installeret et antal brintdetektorer, der lukker anlægget ned, hvis brintkoncentrationen i rummene overstiger 1% brint (25% af LEL lower explosion level / nedre antændelsesgrænse). I nogle kommuner udløser detektering af udslip et optisk signal (flash) som er skiltet med "Hydrogen alarm".</p>
<p>Ventilation</p>	<p>Der er indbygget tilstrækkelig ventilation i anlægget (enten passivt eller aktivt), så at høj brint koncentration kan håndteres og ledes bort.</p>
<p>Brint-rørføring</p>	<p>Alle rørføringer til brint er udført i rustfrit stål med så få samlinger som muligt. Rørføringerne er trykprøvet og lækagesøgt efter opstilling inden brug.</p>
<p>Jordforbindelse</p>	<p>Rørføringer, lagertank og alle tilgængelige stålkonstruktioner kræves oftest potentialudlignet og jordet.</p>
<p>Belysning</p>	<p>Tilstrækkelig udendørs belysning er opsæt som muliggør anvendelse efter solnedgang og mindsker risiko for påkørsel.</p>

<p>Skiltning</p>	<p>Som minimum er der placeret flg. skilte:</p> <p>”Stands motoren før påfyldning” (ved tankstander)</p> <p>”Rygning og åben ild forbudt” (ved tankstander)</p> <p>”Nødstop – Hydrogenanlæg”</p> <p>”Nødstop placeret på, for eksempel, bygning”</p> <p>”Trykflasker fjernes ved brand”</p> <p>”EX zone”</p> <p>”Ingen adgang for uvedkommende” (ved indgang til station)</p> <p>”HYDROGEN ALARM” (inkl. optisk signal ved tankstander)</p> <p>”GASOPLAG – Hydrogen”</p> <p>Aftale om skiltning og placering aftales oftest med kommunalbestyrelsen (redningsberedskabet) i forbindelse med godkendelsen af anlægget.</p>
<p>Optisk signal</p>	<p>Anlægget er forsynet med optisk signal for synliggørelse af detekteret udslip mere end 50 % LEL ved tankstander.</p>
<p>Slukningsudstyr</p>	<p>Som minimum placering af:</p> <p>CO2 slukker på min. 5kg af type 70 B placeret tæt ved anlæggets teknik område.</p> <p>Pulverslukker på min. 6kg af type 183 B placeret udendørs tæt ved station Udstyr og placering besluttet af redningsberedskabet.</p>

<p>Nødstop</p>	<p>Antal og placeringen er besluttet af redningsberedskabet.</p> <p>Som minimum anbefales let tilgængelig placering af nødstop i nærheden af tankstander og evt. ved butik såfremt anlægget er placeret ved en eksisterende benzin tankanlæg. Der stilles oftest krav fra kommunalbestyrelsen (redningsberedskabet) om at nødstop placeres ca. 10 m fra anlægget – i lighed med det der kendes fra salgs- og forbrugstankanlæg for benzin.</p>
<p>Overvågning</p>	<p>Anlægget er udført med et overvågningssystem med fjernadgang, som kan detektere brud og trykfald i rørføringer, samt temperaturudsving der kan indikere brand.</p>



## Redningsberedskabsindsats – brint-forbrugstankanlæg

Det kommunale redningsberedskab skal kunne yde en forsvarlig indsats mod skader på personer, ejendom og miljøet ved ulykker og katastrofer, jf. beredskabslovens § 12, stk. 1.

### Sikkerhedsmæssig forsvarlig indsats

Det tilstræbes altid, at arbejdet på skadestedet bliver planlagt, tilrettelagt og udført således, at det sikkerheds- og sundhedsmæssigt er fuldt forsvarligt

Lederen af den tekniske indsats på skadestedet har gennem hele indsatsen ansvaret for alt indsat personale.

Dette indebærer, at der forud for indsatsen skal foretages en overordnet risikovurdering baseret på den viden og de erfaringer, der eksisterer vedrørende netop den type indsats, der er tale om. Endvidere skal der foretages en helt konkret vurdering af forholdene på stedet.

Desuden vil lederen af den tekniske indsats foretage en løbende risikovurdering, hvori de særlige farer for indsatsmandskabet indgår, og indsatsen skal tilrettelægges og udføres i overensstemmelse med denne vurdering.

### Fremgangsmåde ved indsats

#### Situationsbedømmelse

Når lederen af den tekniske indsats ankommer til skadestedet, iværksættes en hurtig bedømmelse af situationen for at skabe et foreløbigt indtryk af skadebilledet. Ud fra denne situationsbedømmelse overvejer og beslutter lederen sig for en konkret førsteindsats.

#### Førsteindsatsen

Formålet med førsteindsatsen er at yde hjælp til tilskadedkomne og umiddelbart truede personer samt at hindre udbredelse af en indtruffet skade. Samtidig med førsteindsatsen får lederen af den tekniske indsats tid til at gennemføre en nøjere rekognoscering på hele skadestedet.

I forbindelse med førsteindsatsen prioriteres løsningen af opgaverne normalt i følgende rækkefølge:

- Redning af mennesker
- Redning af dyr
- Redning af værdier, herunder miljøet
- Fjernelse af særlige farer
- Standsning af udbredelsen
- Overvejelser omkring den endelige bekæmpelse af skaden

Er der mennesker eller dyr i fare, skal førsteindsatsens hovedvægt lægges på en livreddende indsats. I de tilfælde, hvor særlige farer vanskeliggør en livreddende indsats, kan det blive nødvendigt først at fjerne de særlige farer, der udgør en direkte trussel mod indsatspersonalet og/eller eventuelle tilskadekomne.

Objekter, hvori mennesker eller dyr er i fare, prioriteres forud for løsning af den samlede opgave.

### Særligt vedrørende udslip af- eller brand i brint

Brint har nogle særlige egenskaber som redningsberedskabet bør være bekendt med:

1. Brint er en meget brandbar, eksplosiv gas, der er usynlig, lugtløs og smagløs samt meget lettere end atmosfærisk luft.
2. Brint er ikke giftig, og der er ingen miljømæssige konsekvenser ved et udslip fra en tank.
3. Brint har et meget bredt antændelsesinterval og kan antændes ved koncentrationer i luften på mellem 4 og 74 volumenprocent (Vol %).
4. Flammerne ved en brintbrand er i dagslys svære at se – brug termisk kamera. Ved brand i en jet-flamme fra en tryktank er det vigtigt at få fastlagt udbredelsen i ft. Brandspredning.
5. En brintbrand kan slukkes som enhver anden gasbrand. Dvs. med tågestråle, en CO<sub>2</sub>- eller pulverslukker. Pulver har den bedste slukningsvirkning men forårsager også størst materielle skader.
6. Hvis der er brand i udstrømmende brint, bør flammen **kun** slukkes, hvis det er muligt at afbryde udstrømningen. Såfremt jetflammen truer andre objekter, kan disse køles. Hvis jetflammen påvirker andre tryktanke/holdere med gas, skal disse køles med mindst 10 liter/m<sup>2</sup> i minuttet.

### Vedrørende brint-forbrugstankanlæg


Brint-forbrugstankanlæg er forsynet med overtryksventiler. Hvis der er for meget tryk i anlægget, vil ventilerne åbne og slippe overskydende brint ud i fri luft. **Det larmer meget** når gassen strømmer ud gennem ventilerne. Vær opmærksom på den udstrømmende gas ift. fjernantændelse, vindforholdene. Ofte stilles er krav om, at der ikke må være placeret el-luftledninger over brint-forbrugstankanlæg.

Ved de fleste brint-forbrugstankanlæg er der et kompressor- og et teknikrum i forbindelse med anlægget. Ved en eventuel lækage vil der være eksplosionsfare i begge disse rum. Der vil også være eksplosionsfare i andre lokaler eller områder, hvor brinten indfanges og koncentrationen stiger.

### Vedrørende trykflasker

Tabellen nedenfor beskriver sikkerhedsforanstaltninger og tilgang i forbindelse med en redningsindsats for de forskellige typer brint trykbeholdere.

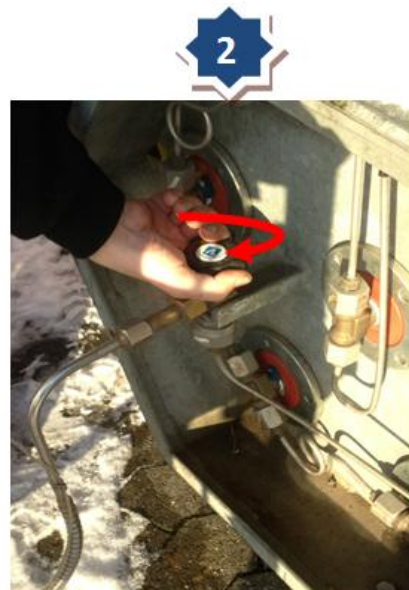
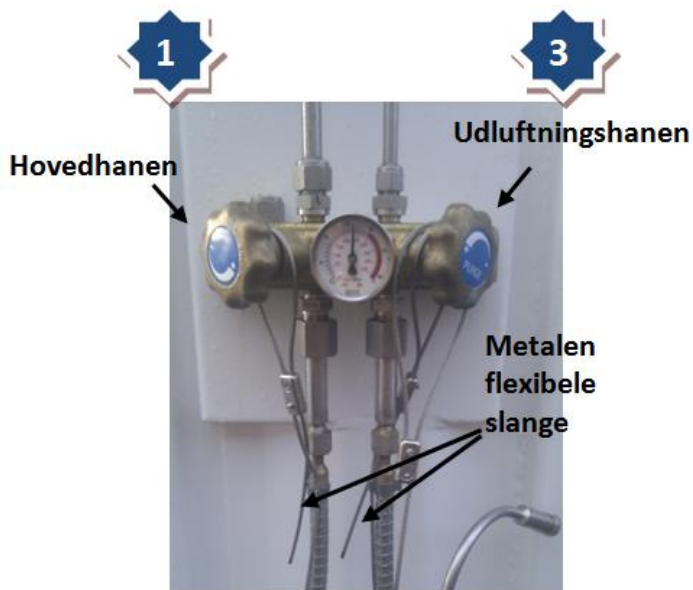
<b>Beredskabshåndtering af brint-trykflasker på forbrugstankanlæg</b>	
Type 1-2: Stålbekholdere	
Placering & sikkerhed	Kan være placeret på taget af tankanlæggen, ved siden af eller indendørs. Skal være beskyttet af en sikkerhedsventil som automatisk lukker gas ud af beholderne i tilfælde af overtryk ved brand op igennem tankanlæggets skorsten.
I tilfælde af mistanke om lækage	Redningsberedskabet skal kontakte stationsoperatøren, som skal kunne tjekke stationens status og lækager via fjernbetjent overvågning.
I tilfælde af brand	Beholderne køles med vand for at holde temperaturen nede. Hvis beholdere er placeret ved siden af stationen, kan de afkobles og flyttes i sikker afstand fra branden.
	

Type 3-4: Kompositbeholdere	
Placering & sikkerhed	<p>Kan være placeret på taget af tankanlægget, ved siden af eller indendørs.</p> <p>Beholderne skal udstyres med en temperatur aktiveret sikkerhedsventil, som åbner i tilfælde af for høj temperatur.</p> <p>Kan være beskyttet med nitrogen-plastik-rørføringer som i tilfælde af brand brydes og aktiverer en sikkerhedsventil, så brinten udledes gennem stationens skorsten.</p> <p>Udluftningen af brint kan vare i op til 30 minutter.</p>
I tilfælde af mistanke om lækage	Redningsberedskabet skal kontakte anlægsoperatøren, der kan tjekke anlæggets status og eventuelle lækager via fjernbetjent overvågning.
I tilfælde af brand	Beholderne køles med vand for at holde temperaturen nede. Hvis beholdere er placeret ved siden af stationen, kan de afkobles og flyttes i sikker afstand fra branden.
	



Såfremt en ekstern brintbeholder er tilkoblet stationen, skal denne kobles fra i tilfælde af brand. Det gælder eksempelvis trailere som flyttes i sikkerhed og holdes nedkølet ved sprøjtning af vand, eller brint produktionsanlæg som slukkes og kobles fra.

### Sikker fjernelse af brint-batterier

1. Luk for "hovedhanen" hvor batteriet er tilsluttet med panserslange
2. Luk for hane(erne) på batteri(erne) (Drej med uret)
3. Åbn for "Udluftningshanen" så rest brint fra slangen kommer ud og luk den efterfølgende
4. Panserslange skrues af batterierne (Drej med uret)
5. Kør tomt batteri(er) ud





En guide for redningsberedskabet – brintforbrugstankanlæg	
<p><b>Udløs nødstop, som slukker for strømmen til brinttankanlægget</b></p> <p>Når strømmen slukkes lukkes de forskellige ventiler i systemet automatisk og fjerner risikoen for gnister. Der stilles oftest krav om nødstop af kommunalbestyrelsen (redningsberedskabet)</p>	
<p><b>Situationsbedømmelse</b></p> <p>Redning af mennesker            Redning af dyr            Redning af værdier, herunder miljøet            Fjernelse af særlige farer            Standsning af udbredelsen            Overvejelser omkring den endelige bekæmpelse af skaden</p>	
<p><b>Luk for forsyningen</b></p> <p>Luk for forsyningen af hydrogen fra batteriet af hydrogenflasker</p>	
<p><b>Fjern flaskebatteriet</b></p> <p>Flaskebatteriet som forsyner tankanlægget fjernes til en sikker afstand fra brinttankanlægget</p>	
<p><b>Kontakt</b></p> <p>Ejeren af brint-forbrugstankanlægget - Kontaktoplysninger kan typisk findes på "<b>sikkerhedsanvisning</b>" ved døren/port til det tekniske område på (bag)siden af brint-forbrugstankanlægget.</p>	

Vejledning: Redningsberedskabets indsats på brint-forbrugstankanlæg

---

## **Egne notater**

## Kilder

### Samarbejde

Vejledningen er udarbejdet i samarbejde med:

Foreningen af kommunale beredskabschefer

KL

H2 Logic A/S

BAR Transport og Engros – brand og redning

### Billeder

Billederne i vejledningen er venligst stillet til rådighed af:

H2 Logic A/S

Daimler AG

### Yderligere information

Vejledning: Indsats ved uheld med elkøretøjer

Beredskabsstyrelsen 2011

<http://brs.dk/viden/publikationer/uddannelsesmateriale/Documents/Vejledning%20om%20indsats%20ved%20uheld%20med%20elk%C3%B8ret%C3%B8jer.pdf>

USA links for brintsikkerhed & ulykker

<http://h2bestpractices.org>

<http://h2incidents.org>

<http://www.hydrogenandfuelcellsafety.info>

**Video:** Sammenligning af naturgas og brint flamme

[http://h2bestpractices.org/media/short\\_prop\\_V3.mov](http://h2bestpractices.org/media/short_prop_V3.mov)

**Video:** Brandøvelse med brintbiler i Californien

<http://www.fdnntv.com/Hydrogen-Fuel-Cell-Training>

**Video:** Kørsel i brintbil tværs over Danmark

Vejledning: Redningsberedskabets indsats på brint-forbrugstankanlæg

---

<http://www.youtube.com/watch?v=lbO4PInKCAA>

Brint til transport i Danmark

Foreningen Hydrogen Link Danmark [www.hydrogenlink.net](http://www.hydrogenlink.net)

Brint & Brændselscelle Partnerskabet i Danmark

Brancheforening: [www.hydrogennet.dk](http://www.hydrogennet.dk)