

Drikkevann

Drikkevannet er det viktigste og best kontrollerte næringsmiddelet. Det er uerstattelig. Det er svært enkelt å forurense vann, men å rense det er derimot arbeidskrevende og dyrt.

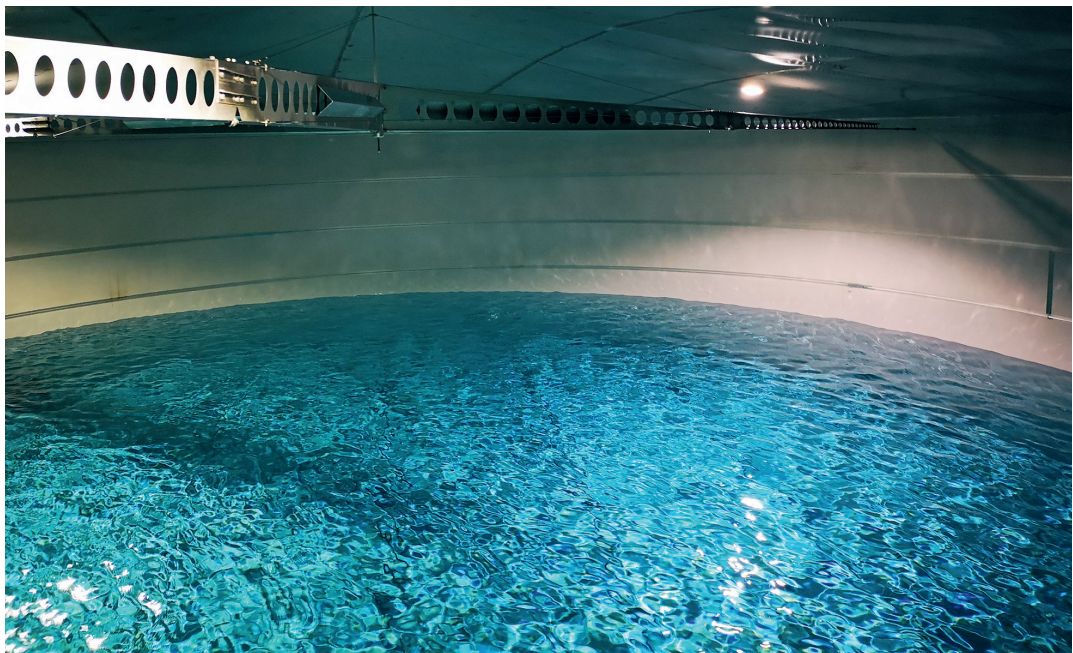
Så paradoksalt det enn kan høres: Problemet med vannet ligger i selve vannets natur, for det er verdens beste løsemiddel. En sukkerbit løser seg for eksempel svært raskt opp i vann. Men også et stort antall andre stoffer (for eksempel medikamenter, kjemiske stoffer osv.) løser seg opp i vann. Kjemiske stoffer kan i dag påvises analytisk ned til nanogramområdet (ng). 1 kg av et vannløselig stoff kan dermed påvises selv i en milliard m³ vann (1 km³) (Sammenligning: Bodensjøen er ca. 48 km³).

Men å skille oppløste stoffer ut fra vannet, er derimot vanskelig svært og energikrevende.

Aktuelle problemer

I tett befolkede områder der nedslagsfeltene for vanngjennvinningsanlegg utnyttes intenst, må man regne med ekstra stor negativ innvirkning på grunnvannet. Den naturlige beskyttelses- og rensesvirkningen i lagene over grunnvannet, er ikke alltid tilstrekkelig til å oppnå permanent drikkevannskvalitet av grunnvannet.

For at det alltid skal være tilgjengelig drikkevann i store nok mengder (f.eks. i tørkeperioder), må man i større og større grad ty til belastede eller ikke tilstrekkelig beskyttede vannforekomster. Ved hjelp av problemorienterte vannbehandlingsteknikker kan det i disse tilfellene stilles til rådighet kvalitativt feilfritt drikkevann.



Ypperlig drikkevann i en moderne beholder av rustfritt stål

Vurdering av vannkvaliteten

Vann inneholder – avhengig av opprinnelsen i naturen – forskjellige innholdsstoffer. Drikkevannsforskriften stiller derfor fysiske og kjemiske krav til vann som skal tilføres forsyningsnettene som drikkevann.

For å trekke slutninger angående vannkvaliteten eller vannets brukbarhet som råvann for drikkevannsbehandling eller direkte som drikkevann, benyttes måling og analyse av en vesentlig totalparameter.

Redox-spenning

I hver reduksjons-oksidasjonsprosess - som også finner sted i vann - inntreer det etter en viss tid en likevektstilstand. Denne tilstanden kan måles elektrisk: Redox-spenningen måles som den elektriske spenningen mellom vannet og en referanseelektrode. Ved negativ redox-spenning dominerer reduserende stoffer, ved positiv redox-spenning dominerer de oksiderende stoffene i vannet.

I ventilert grunnvann ligger redox-spenningen for eksempel mellom 200 mV og 300 mV, ved behandlet vann mellom 700 mV og 900 mV.

Tolkning av redox-spenningen

En høy redox-spenning betyr at rentvannet nesten ikke inneholder reduserende og/eller biologisk nedbrytbare stoffer.

For eksempel kan vann med en redox-spenning på 740 mV og et klorinnhold på 0,1 mg/l betraktes som tilstrekkelig desinfisert, men ikke vann med redox-spenning på 600 mV og et klorinnhold på 0,6 mg/l. Med en egnet anleggskonfigurering kan redox-spenningen benyttes i prosessstyringen av et vannbehandlingsanlegg.

Oksygeninnhold

Oksygenfattig dypvann betegnes som redusert vann. Før det kan benyttes som drikkevann, må det behandles gjennom anrikning med oksygen.

Tilsetning av oksygen i redusert vann fører til at toverdige jern (Fe II) kan oksideres til en treverdige form (Fe III), og kan filtreres ut. Videre gir tilsetning av oksygen mulighet for at manganbindende bakterier hopper seg opp i et etterkoblet filterlag, der det oppløste (toverdige) manganet oksideres til tungt oppløselig brunstein. Oksygen gjør det også for opphopning i filterlaget av bakterier av typen Nitrosomonas og Nitrobakter, som oksiderer ammoniumet til nitrat.

I utgangspunktet har oksygen alltid en positiv virkning på korrosjonsbeskyttelsen i rørledningene. For å danne et tilstrekkelig beskyttelseslag mot kalk i ledningssystemet må oksygeninnholdet ikke underskride 5-6 mg O₂/l.

Oksiderbarhet (KMnO₄-forbruk)

Oksiderbarheten (KMnO₄-forbruk) viser vannets atferd i kontakt med oksiderbare stoffer, for eksempel oksygen, klor, klordioksid, ozon, permanganat osv.

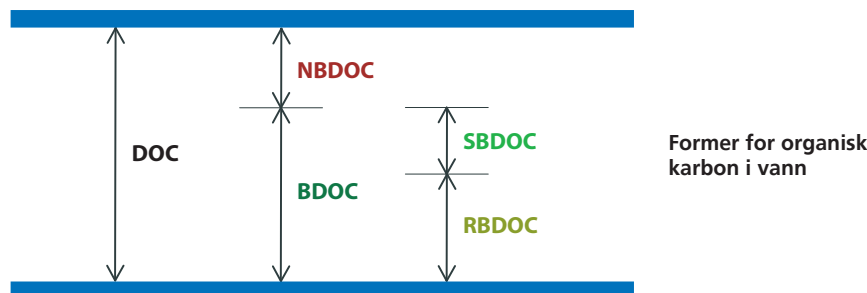
Oksiderbarheten til vannet måles gjennom forbruk av tilsatt kaliumpermanganat (KMnO₄): Forbruket av 4 mg/l KMnO₄ tilsvarer forbruket på 1 mg/l O₂. Grenseverdien for oksiderbarheten ligger på 5 mg/l O₂.

Ulemper med metoden

Metoden for å fastsette oksiderbarheten fungerer relativt uspesifikt. Noen stoffer oksiderer helt, andre viser inert atferd eller blir bare ufullstendig mineralisert. For å bestemme vannets innhold av organiske stoffer, må man derfor trekke inn andre parametere. Dette gjelder særlig når det dreier seg om antropogent belastet råvann.

DOC/TOC

I tillegg til den analytiske bestemmelsen av det oppløste organiske karbonet **DOC** (**DOC = Dissolved Organic Carbon**) og det samlede organiske karbonet **TOC** (**TOC = Total Organic Carbon**) kan man også gjennomføre en UV-absorpsjonsmåling ved en bølgelengde på 254 nm.



DOC	D issolved O rganic C arbon (Oppløst organisk karbon)
NBDOC	N on B iodegradable D issolved O rganic C arbon (Ikke biologisk nedbrytbart organisk karbon)
BDOC	B iodegradable D issolved O rganic C arbon (Biologisk nedbrytbart karbon)
SBDOC	S low B iodegradable D issolved O rganic C arbon (Langsomt biologisk nedbrytbart organisk karbon)
RBDOC	R apid B iodegradable D issolved O rganic C arbon (Raskt biologisk nedbrytbart organisk karbon)

SAK-verdi ved 254 nm

En rekke organiske stoffer har absorpsjonsbånd i UV-området. Denne egenskapen kan brukes til å trekke de første konklusjonene om oksiderbar organisk vannforurensning, særlig hvis sammensetningen av forurensningene er relativt konstant.

SAK-verdien avrundes til 0,1 og angis i m⁻¹. Drikkevannsforskriften inneholder ingen utsagn om SAK-verdien ved 254 nm. SAK-verdien korrelerer med KMnO₄-forbruket og DOC. Ved hjelp av en kontinuerlig SAK-måling er det mulig å komme med en trendformulering om forløpet av DOC-verdien.

Farge ved 436 nm

Den tyske standarden DIN 2000 krever at drikkevann skal være fargeløst; farger og turbiditeter er kvalitetsfeil. Høyere innhold av organiske stoffer i grunnvannet, fremfor alt humus, gir vannet en gul til gulbrun farge. Også forekomster av fekalier i grunn- eller kildevann eller andre fysiske eller kjemiske forurensninger fører til farging av vannet. Overalt der overflatevann med høy andel humus benyttes, kan en fargemåling være gunstig. Fargen på vannet måles ved hjelp av absorpsjonsmåling i det synlige området ved en bølgelengde på 436 nm og angis i m^{-1} (farge) eller som Hazen-fargeindeks i mg Pt/l. Grenseverdien ligger ved $0,5 m^{-1}$ eller 15 mg Pt/l.

Som kvalitetsparameter i et vannbehandlingsanlegg kan man ut fra fargingen trekke slutninger angående hvor effektivt oksidasjonstrinnet bryter ned og oksiderer de fargegivende substansene.

Turbiditet

Turbiditet i vannet oppstår på grunn av mineralske eller organiske partikler av faste stoffer. Vannforekomster med forhøyet turbiditet er i mikrobiologisk henseende svært betenkelig (Drikkevann skal ikke inneholde uopløste stoffer). Grenseverdien ligger ved 1,0 turbiditetsenheter formazin (TE/F) eller FNU (Formazin Nephelometric Units) på vannverksutgangen.

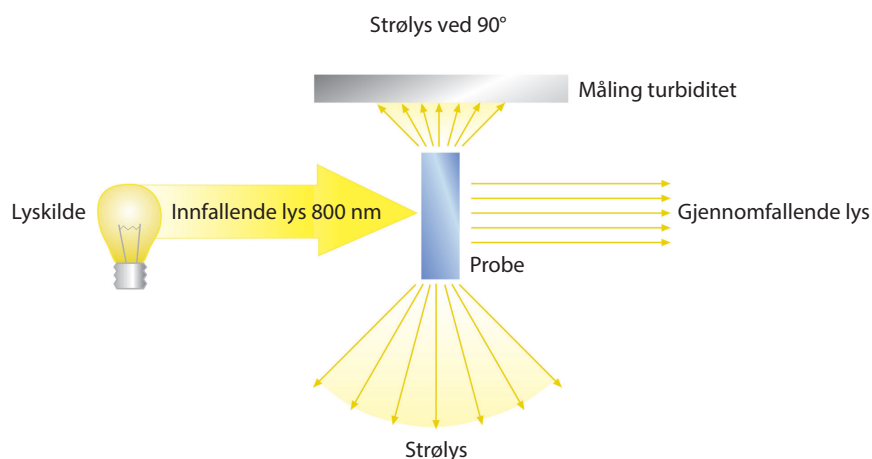
Turbiditeter i grunn- og kildevann oppstår for det meste:

- ved utilstrekkelig jordfiltrering
- under snøsmeltingen
- etter langvarig kraftig regn

Hvis jorda er jern- eller manganholdig, kan uopløste stoffer også finnes i vann fra brønner.

Prinsipp turbiditets- måling

Målemetode for
turbiditet
iht. EN 27027



Ved en UV-behandling må verdiene for turbiditet ikke overstige verdier på 0,2-0,3 TE/F, ellers er ingen sikker desinfeksjon garantert. Ved hjelp av turbiditetsmåling kan doseringen av flokkuleringsmiddelet reguleres, og/eller ytelsen for filtertrinnene kan overvåkes. Vær oppmerksom på at selv de minste gassboblene ved mettet vann kan påvirke turbiditetsmålingen eller ødelegge den i etterkant.

Krav til et moderne vannbehandlingsanlegg

Prinsippene i den tyske Standarder DIN 2000 og DIN 2001 krever at det bare må brukes vann til drikkevannsproduksjonen som det permanent kan produseres feilfritt vann av.

En moderne vannbehandling må også levere drikkevann som kvalitativt tilsvarer naturlig drikkevann.

Hovedoppgavene til vannbehandlingen er blant annet:

- hygienisering/desinfeksjon av bakterielt kontaminert vann
- fjerning av alle fysisk forstyrrende substanser, for eksempel turbiditet, jernoksid, manganoksid osv.
- oksidasjon av reduserte substanser som NH_4^+ , As^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} ...
- fjerning eller reduksjon av biologisk nedbrytbart organisk karbon
- fjerning eller reduksjon av humus og lignende forbindelser
- fjerning av antropogene, høymolekylære organiske forurensninger (CHC, Pesticide...)
- pH-innstilling (avsyring og avherding)

Humus, humuslignende forbindelser og andre høymolekylære organiske komponenter kan reduseres gjennom behandling. Da begge disse stoffgruppene likevel er mest biologisk persistent, blir de først spaltet gjennom oksidasjon til biologisk nedbrytbare fragmenter og deretter mineralisert i et biologisk aktivt behandlingstrinn.

Vannet er næringsfattig etter den biologiske mineraliseringen av de organiske karbonforbindelsene, og på denne måten blir faren for bakteriedannelse i vannet på vei til forbrukeren, effektivt redusert.

Trygt drikkevann Et bakteriologisk trygt drikkevann er blant annet definert gjennom grenseverdiene for kolonidannende enheter ved 20 °C og 36 °C til forbruker. Hygieniseringen krever hovedsakelig fjerning av næringsstoffpotensiale i løpet av vannbehandlingen. I næringsfattig vann kan man dermed også i forgreningsnett gi avkall på klorering.

Desinfeksjonen av vannet avslutter behandlingsprosessen. Vannet kan via et UV-anlegg som er installert på filterutgangen, eller gjennom et ekstra oksidasjonstrinn, desinfiseres ved bruk av ozon. Avhengig av land kan det også være nødvendig med klorering.

Sluttoksidasjon Ved sluttoksidasjonen med ozon skjer følgende prosesser samtidig:

- desinfeksjon av vannet
- utbedring av et oksygenunderskudd som kan ha oppstått i filterlaget mens anlegget var avstengt
- oksidasjon av nitritt

- Klorering** Den såkalte sikkerhetskloreringen eller transportkloreringen er ikke i samsvar verken med minimeringskravet, og er ikke tillatt for behandling av drikkevann. Dermed begrenser tilsetning av klor seg til nødstilfelle (nødklor).
Andelen av lavmolekulære klorforbindelser (trihalogenmetan) (THM) - typiske reaksjonsprodukter etter klorering - er begrenset til 50 µg/l.
- Bestråling med UV-lys** Desinfeksjon av vann med UV-lys er en fysisk prosess. Ved gunstige betingelser skader UV-lyset mikroorganismene i vannet slik at disse ikke lenger kan virke infiserende. UV-lyset endrer imidlertid ikke vannets beskaffenhet. Derfor er det før desinfeksjon av vannet med UV-lys påkrevd med tilstrekkelig behandling.
- Hva er drikkevannsbehandling?** I et drikkevannsbehandlingsanlegg blir råvann prosessmessig behandlet med fysiske, biologiske og kjemiske virkningsmekanismer slik at drikkevannet etter endt behandling leveres i samsvar med forskriftene.
Til reglene for behandling av drikkevann hører også at råvannet som er tilgjengelig, skal forbli mest mulig ubehandlet, og ved behandling skal de belastende stoffene fjernes eller reduseres i minst mulig grad.
Behandling av drikkevann er ikke det samme som behandling av prosessvann, der vannet må tilpasses kravene i industrien.
Prosessvannbehandling er beskrevet i kapitlet Industri.
- Proessen** En naturnær drikkevannsbehandling orienterer seg mot prosessene som også foregår i naturen, for å rense vannet. I den sammenhengen dreier det seg hovedsakelig om tre prosesstrinn:
- oksidasjon
 - filtrering
 - prosess-støttende hygienisering/desinfeksjon
- HYDROZON®-metoden** Den såkalte HYDROZON®-metoden benytter i henhold til den nyeste teknologiske utviklingen en tilnærmet naturlig behandlingsmåte for å gjøre geogent eller antropogent belastet råvann til drikkevann.
- Trinnene i HYDROZON®-metoden**
- flokkulering
 - ozonering
 - filtrering
 - biologisk mineralisering
 - hygienisering/desinfeksjon
 - kontroll

Rekkefølge og trinn i HYDROZON®-metoden

Flokkulering

Målet med flokkuleringen er optimering av filtreringsprosedyren. Flokkuleringsmiddel er anorganiske elektrolytter som kompenserer for elektriske ladninger på overflaten til faststoffer. Dette fører til dannelse av mikro- og makroflak, som igjen danner større agglomerater. De muliggjør på denne måten utskilling av kolloiddisperse vannforurensninger ved hjelp av filter.

Tilsetning av flokkuleringsmiddel

Flokkuleringsmiddelet tilsettes i råvannet i en reaktor før filtertrinnet. På denne måten garanteres optimal blanding og fordeling av flokkuleringsmiddelet.

Forozonering

De viktigste prosessene i forozoneringen:

- desinfeksjon av råvannet
- oksidasjon av jern til filterbart jernhydroksid
- oksidasjon av mangan til filterbart brunstein
- spalting av høymolekylære organiske forbindelser for optimering av den biologiske mineraliseringen i filterlaget (ozon-biofiltrering)
- oksygenanrikning for forsyning av den aerobe mikrobiologien i det biologisk aktive filterlaget

Oksidasjon med ozon

Ved en oksidasjon blir elementer og forbindelser forent med oksygen. Stoffet som skal oksideres avgir elektroner, som i sin tur tas opp av oksidasjonsmiddelet.

Ozon er aktivert oksygen med høyt spesifikt oksidasjonspotensial (2,07 V).

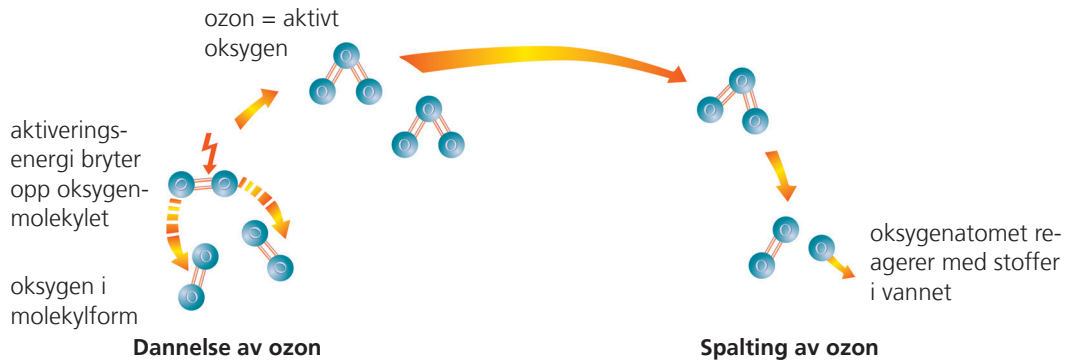
Potensiale for viktige oksidasjonsmidler

Oksidasjonsmiddel	Potensial i V
Hydroksylradikal OH*	2,80
Ozon O₃	2,07
Hydrogenperoksid H ₂ O ₂	1,78
Kaliumpermanganat KMnO ₄	1,70
Hypokloritt HOCl	1,49
Klor Cl ₂	1,36
Klordioksid ClO ₂	1,27
Oksygen O ₂	1,23

Virkning av ozonet

På grunn av det høye oksidasjonspotensialet fører ozon til en svært rask oksidasjon av organiske og anorganiske vannforurensninger. I HYDROZON®-metoden brukes ozon både til oksidasjon av råvannet og delvis også til avsluttende desinfeksjon av rentvannet.

Ved oksidasjonen oppstår blant annet lavmolekylære, assimilerbare organiske karboner (AOC). Disse stoffene blir mineralisert i et biologisk aktivt filterlag som følger etter oksidasjonen.



Filtrering

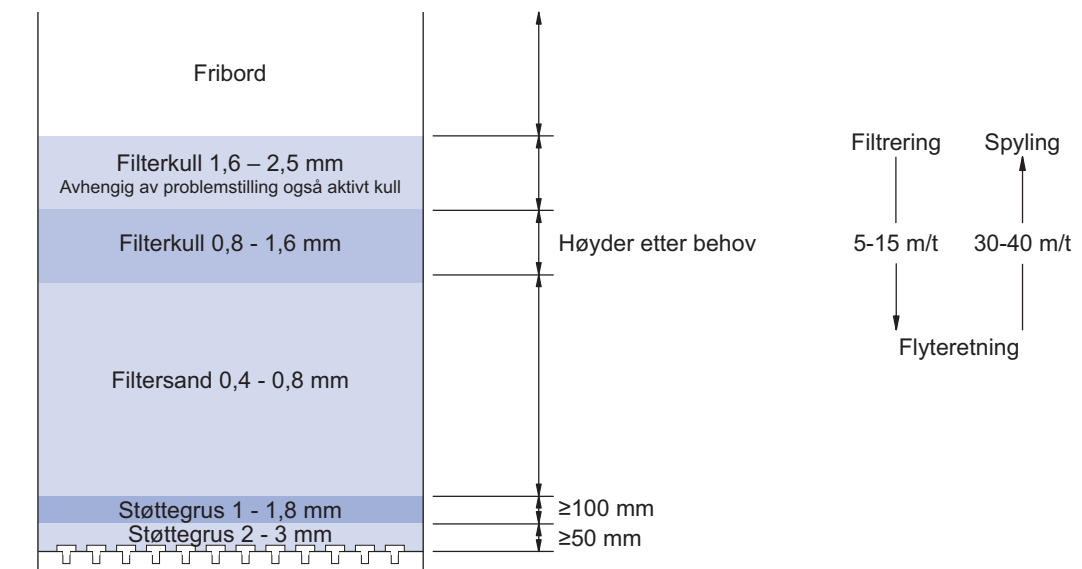
Under filtreringen blir en væske som inneholder faststoffpartikler, delt opp i væske og faststoffer. Det optimerte filterlaget holder tilbake korpuskulære faststoffer og slipper gjennom filtratet - den filtrerte væsken.

I tillegg skjer det i filterlaget en

- reduksjon av overflødig ozon i øvre filterlag og en
- biologisk mineralisering av AOC i det midtre og nedre filterlaget

Illustrasjonen viser et eksempel på oppbygningen av et flerlagsfilter ved HYDROZON®-metoden:

Typisk filteroppbygning ved HYDROZON®-metoden



Kriterier for filterytelsen

Filterytelsen påvirkes særlig av følgende faktorer:

- flokkulering
- filtermaterialer
- fyllvekt, partikkeldiameter og partikkeloverflate for filtermaterialene
- blandbarhet for filtermaterialene
- fyllhøyde for filteret
- filterhastighet
- foreliggende råvannskvalitet

Biologisk mineralisering

Mineraliseringsprosess

Høymolekylære forbindelser spaltes opp til lavmolekylære grupper gjennom oksidasjon med ozon. De assimilerbare organiske stoffene blir så godt det lar seg gjøre, mineralisert av aerobe bakterier i det ozonfrie miljøet i filterlaget til vann, karbondioksid, nitrogen osv.

Denne prosessen - spaltning av forbindelser gjennom oksidasjon og påfølgende mineralisering - gjennomfører i hurtigfilm den naturlige løpende vannrensingen i en aquifer.

For den biologiske mineraliseringen (ozon/biofiltrering) benyttes det som regel spesielle tilsvarende dimensjonerte aktive kullfiltre eller flerlagsfiltre.

Hygienisering/desinfeksjon

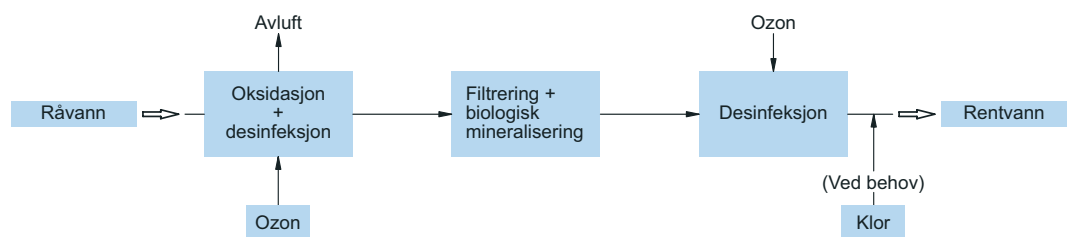
Ved desinfeksjon blir sykdomsfremkallende stoffer så sterkt skadet at de ikke lenger kan infisere andre levende vesener. I HYDROZON®-metoden blir råvannet automatisk desinfisert, ettersom ozon fungerer både som oksidasjonsmiddel og desinfeksjonsmiddel.

2. Ozonering

Driftsavsluttende skjer det ved HYDROZON®-metoden en andre ozonering.

Under denne ozoneringen skjer følgende prosesser:

- oksidasjon til nitrat av nitritt som eventuelt har oppstått under den biologiske mineraliseringen
- utbedring av et eventuelt oksygenunderskudd som kan være oppstått under den biologiske aktiviteten i filterlaget
- desinfeksjon og hygienisering av rentvannet



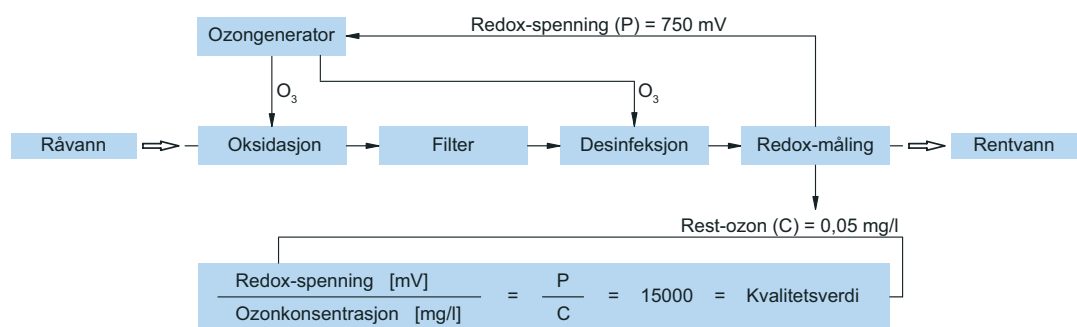
Den driftsavsluttende desinfeksjonen kan for eksempel også skje gjennom en UV-behandling.

Måling av redox-spenningen

Betydningen av redox-spenning Redox-spenningen gir informasjon om forholdet mellom de oksiderende og reduserende stoffene. Ved en egnet anleggskonfigurasjon kan redox-spenningen også tjene som kvalitetsparameter for prosessstyringen av et vannbehandlingsanlegg. Ved HYDROZON®-metoden blir redox-spenningen målt etter sluttoksidasjonen i rentvannet.

Jo høyere redox-spenning og jo lavere rest-ozoninnhold, desto bedre er behandlingsytelse.

Kvalitetsverdi Hvis det for eksempel måles en redox-spenning på 750 mV ved et rest-ozoninnhold på bare 0,02 mg/l, kan man ut fra dette konkludere med en høy hygieniseringsgrad av vannet.



Ozon-dose

Den nødvendige ozon-dosen avhenger av kvaliteten på vannet som skal behandles. Den bestemmes under dimensjoneringen av anlegget og kan være fra 0,2 til 0,5 g/m³ vann (f.eks. rent kildevann) til flere g/m³ vann (f.eks. overflatevann med organiske stoffer). Ozon blandes inn som gass-/oksygenblanding i vannet som skal behandles, proporsjonalt med vannmengden. Ozonblandingen må skje optimert (f.eks. ved hjelp av venturi-/injektorkombinasjon) for å oppnå en effektiv virkning. Ozonblandingen etterkobles alltid etter en reaksjonsstrekning/reaksjonsbeholder. Det nødvendige reaksjonsvolumet er også avhengig av vannet som behandles, og blir også fastsatt under dimensjoneringen.

Ozonmåling og ozonregulering

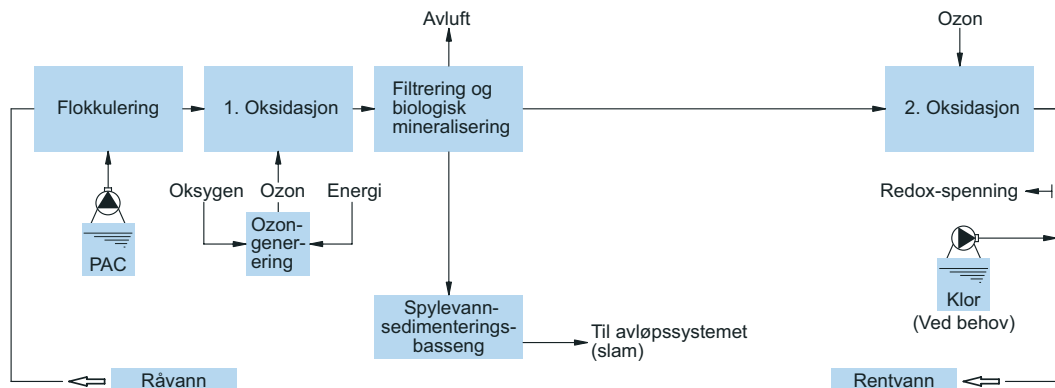
Ozoninnholdet i oksidert vann kan eventuelt registreres kontinuerlig ved hjelp av ozonmålingen. Målingen kan være problematisk hvis det foreligger et høyt innhold av jern, mangan eller organiske stoffer, som kan avleires på føleren.

Derfor er det blitt vanlig med kontinuerlig måling og regulering av ozondosen. Ved å bestemme ozonkonsentrasjonen i gassblandingen og målingen av gassmengden blir den aktuelle dosen beregnet matematisk og tatt med i prosessstyringen. Gjennom manuelle målinger av ozonkonsentrasjonen i filterets fribord oppnås god kontroll av ozoneringen. For å oppnå en sikker desinfeksjon må en minstekonsentrasjon på 0,3 g/m³ eller mg/l ikke underskrides.

HYDROZON®-metoden – Brukseksempler

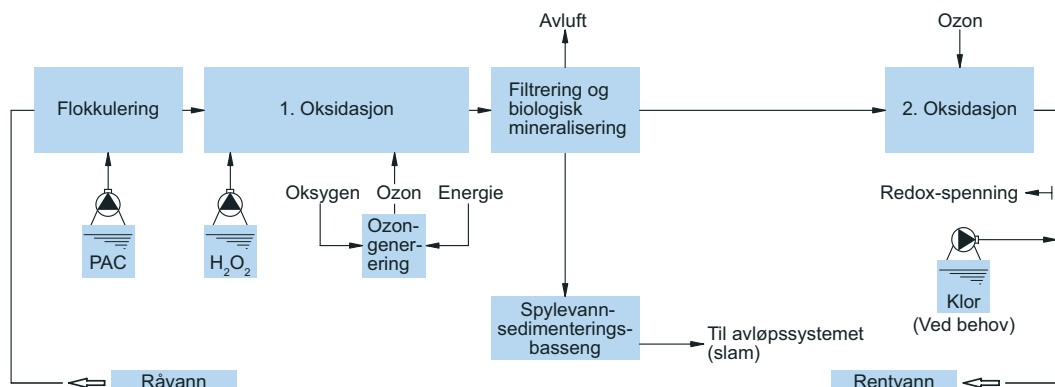
Med HYDROZON®-metoden løses den aktuelle behandlingsproblematikken gjennom velutprøvde og felttestede metoder og tilpassede, velutprøvde enheter.

Grunnmetode Illustrasjonen nedenfor viser „Prinsipp“ for behandling av drikkevann med HYDROZON®-metoden.



- Bruksområde**
- kildevann med høy turbiditet og bakteriebelastning
 - grunnvann med høyt innhold av:
 - jern
 - mangan
 - arsen
 - hydrogensulfid
 - ammonium (nitrifikasjon i biologisk aktivt filter)
 - nitritt

Metode med utvidet oksidasjon (AOP) Metoden med utvidet oksidasjonstrinn er nødvendig ved behandling av råvann som er belastet med rester av klororganiske stoffer (CHC) eller plantevern- og skadedyrbekjempningsmidler.



- Bruksområde**
- Antropogent kontaminert grunnvann, for eksempel
 - vann belastet med plantevernmidler
 - vann belastet med klor-hydrokarboner (CHC)

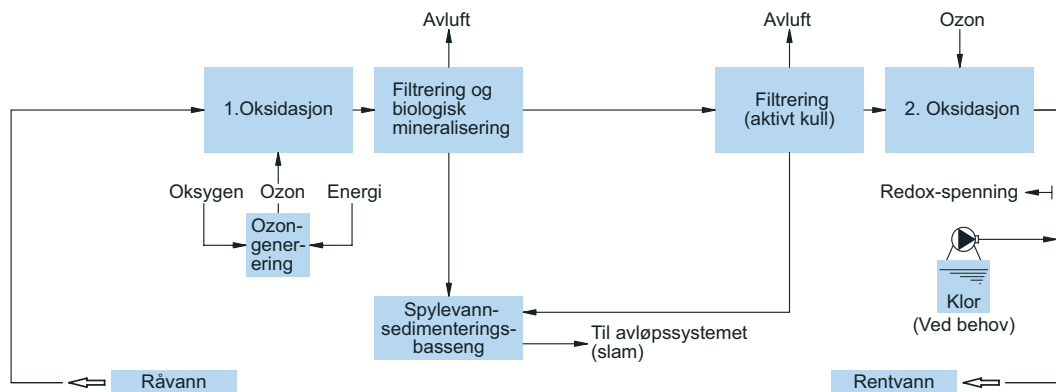
**AOP –
Advanced
Oxidation
Process**

I det utvidete oksidasjonstrinnet (AOP) tilsettes ekstra hydrogenperoksid (H_2O_2). Gjennom dannelse av hydroksylradikaler (OH^*) forsterkes oksidasjonsytelsen. På den måten blir kjemikalier som er konstruert for langtidsstabilitet brutt opp, og den biologiske mineraliseringen blir gjort tilgjengelig.

Det påfølgende biologiske filtertrinnet mineraliserer fragmentene og minimerer dannelsen av metabolitter.

**Ozon-
biofiltrering**

Ozon-biofiltreringen benyttes ved høyt humusinnhold (høy farge og høye DOC-verdier). Aktivkulltrinnet kan tilordnes med filtertrinnet i ett filter.

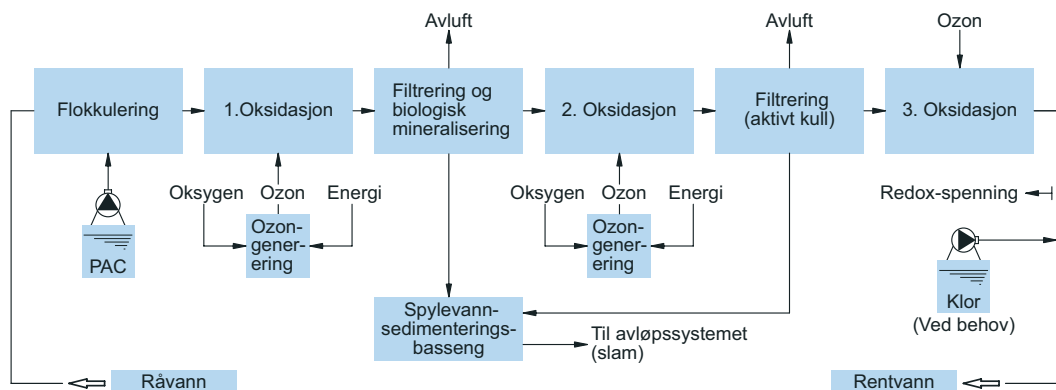


Bruksområde

- grunnvann med manglende/utilstrekkelig grunnvannsbeskyttelse
- kalksteinsvann
- elvefiltrat
- grunnvann påvirket av overflatevann
- overflatevann fra innsjøer

**Metode med
3-dobbel
oksidasjon**

HYDROZON®-metoden med 3-dobbel oksidasjon og dobbel filtrering brukes fremfor alt ved behandling av overflatevann og antropogt belastet vann, pluss ved vassdrag med høyt humusinnhold.



Bruksområde

- overflatevann fra innsjøer og elver
- grunnvann med anorganisk og organisk belastning
- elvefiltrat fra sterkt belastede vassdrag
- termalvann med hydrogensulfid, metan og andre reduserte substanser