

Lukt og smak i drikkevann

Hvilke stoffer er det - hvor kommer de fra - og
hva kan man gjøre med problemet?

Et eksempel fra Åfjord kommune

Bjørnar Eikebrokk, SINTEF

*Bjørnar Eikebrokk, Sjefsforsker, Dr.
SINTEF Byggforsk, Avd Infrastruktur - Vann og miljø
bjornar.eikebrokk@sintef.no; mobil 93058590,*

Åpnet til fossebrus

ÅFJORD: Til mektig sus fra fossen ble Stordalen Vassverk offisielt åpnet.

TOMFINN HANSEN

tomfinn.hansen@fosna-folket.no

Kommunens fagpersoner på vannforsyning tok ved i mot kommunestyret til bløtstakapartys Varandløper Sissel Rånes og leder for komite kommunest- viking Helge Årbogen kuttet et flaggstuntet ror og erklærte anlegget offisielt åpnet.

Prosjektleder Magne Silseth fikk blomster som takk for jobben i anleggsperioden.

Deretter fikk gjestene en innføring i denne formen for geosessinduet som handler om å «foredle» råvann fra Litfjæret. Blant mange tekniske finesser er UV-filer og membranfilter sikre prevensjonsmidler mot humus, høye fargestall, bakterier og andre uhumskheter. Kjemikalier benyttes ikke. Rensnings- legget vaskes i klar en gang i døgn.

Stordalen Vassverk er den foreløpig siste etappen til vannforsyningen i Åfjord. Bygningsmassen med teknisk bygg og høydebasseng med torvtak løyer seg pent inn i landskapet. Det er ikke utenkelig at fremmedfolk på besøk kan tro at husene ved fossen, og med praktfull utsikt over Stordalen er en fritidsbeholdning.



ÅPNER: Varandløper Sissel Rånes og leder for komite kommunest- viking Helge Årbogen kuttet slangen som offisiell åpning av Stordalen Vassverk.

Stordalen Vassverk: Åpnet i juni 2010



Vannmysteriet i Stordalen

ÅFJORD: Drikkevannet begynte å smake og lukte vondt straks det nye renseanlegget ved Stordalen Vassverk ble satt i drift. Etter storstilt resultatløst søk etter kilden for lukt og smak, engasjeres nå ekstern bistand.

TORENN HANSEN

torren.hansen@fosna-folket.no

Mandag blir det sendt prøver til Frankrike for analyse i håp om å finne årsaken.

Abonnementene som søker til vassverket var i perioder fornøyd med vannkvaliteten så lenge de kunne tappe uenset overflatevann uten kløring.

Vannet er absolutt drikkbart med tanke på smak og lukt. Siden det flotte anlegget med rensing og høydebasseng ble åpnet i sommer, har klagen tidvis strømmet inn til rådhuset. Lukt og smakproblemene kommer og går. Odsøren og smaken er slett ikke delikat.

— Vi fikk meldinger om at det smakte og lukte røtt av vannet, og det gjør det fortsatt tross en rekke tiltak, sier Magne Sildeth ved tekniske tjenester i Åfjord kommune.

Detektivarbeid

Det er gjort flere forsøk på å finne kilden til smaken.

— Rensningsprosessen er gjennomgått. Vi har justert dosering av vaskemiddel, skylletid og mengder, uten at det har virket. Vi har smakket med leveringsrør av bassenget og renseanlegget. Prøver er sendt til analyse. Vi har også med høydebassenget og desinfisert det for det meste i bruk. For å finne eventuelt belegg er det kjørt rensesplugg i store dører av den drens i kilometer lange hovedledningen, forteller Magne Sildeth. I en rekke har han vært engasjert i etablering og drift av vannforsyningen i Åfjord kommune, men aldri opplevd noe så uforklarlig som i dette tilfellet. For tiden består vannbehandlingen av profilering, NF og UV-desinfeksjon. Det gjennomføres daglig klovask. Det smaker og lukter fortsatt periodvis røtt av vannet. Noen opplever en søt, søt stank under dusjing. Samtidig er ubehandlet flått fra samme overflatekilde abotutt



GLASSKLART men ikke god smak og luktevannprøver fra Stordalen Vassverk blir nå analysert i Frankrike som et av mange forsøk på å komme til bunns i mysteriet, forteller Magne Sildeth.

drikkbart, både smak- og luktfritt.

SINTEF og fransk bistand

Åfjord kommune har kontaktet SINTEF Byggeforsk Nærings- og miljø for å få en hjelpende hånd til å finne årsaken til lukt og usmak av vannet. Framgangsmåten blir trolig å finne en rekke punkter for prøvetaking og analyse av prøvene i to runder. SINTEF har sendt forespørsler om muligheter for mer avanserte lukt- og smakanalyser via sitt europeiske nettverk.

Håpet er at analysene blant annet kan gi svar på om vannet tilføres organisk stoff fra møllaaner og eller fra høydebassenget som er belagt med gylmat. Et spørsmål er om denne tilførselen bidrar til biologisk vekst.

SINTEF har begrepet erfaring med denne typen analyser og vurderinger. Det kan være vanskelig å garantere en løsning.

Et prosjekt med sikte på å finne årsaken kan startes opp i høst, og en ny runde blir gjennomført vinteren 2011.

Overs helga blir det sendt vannprøver til Frankrike for å analyseres.



STORDALEN VASSVERK med høydebasseng og renseanlegg. Av en eller annen merkelig grunn har rensedvann herfra uspettlig lukt og smak.

Stordalen Vassverk: Okt 2010...

"Drikkevannet begynte å smake og lukte vondt straks det nye renseanlegget ved Stordalen Vassverk ble satt i drift"

Bakgrunn og problemstilling

Storvatnet Vassverk, Åfjord kommune

- ✓ Nytt vannbehandlingsanlegg satt i drift sommeren 2010 - med mikrosiling, nanofiltrering og UV-desinfeksjon (NB! ingen klordesinfeksjon) - samt nytt HB (GUP med innvendig gelcoat)
 - ✓ Med det nye anlegget kom også lukt- og smaksproblemer – man hadde ingen slike problemer før 2010. Problemene kommer og går - også klagene....
 - ✓ "Myrlukt" og "myrsmak" synes å dominere, og noen opplever en spesiell "stank" under dusjing
 - ✓ For å fjerne eventuelle innvendige belegg og avsetninger, pluggkjørte man alle ledninger som tillot dette (ikke stikkledninger)
 - ✓ Daglig membranvask med klor/skyllemiddel og sporadisk bruk av hovedvaske-midler (tensider) for å holde belegget (foulingen) under kontroll - vannet sendes til avløp de første 25 min etter fullført vask
- **Hvilke stoffer** er det som gir lukt/smak-problemene, hva er **årsakene** – og hvilke **tiltak** kan være aktuelle for å løse problemet?

Stordalen Vassverk

Tidlige tiltak (sommer/høst 2010)

- ✓ Redusert konsentrasjon/dose av klor og skyllemiddel under membranvask
- ✓ Forlenget dumping av rentvann til avløp etter klorvask (5→15→25 min)
- ✓ Tappet ned og desinfisert HB, pluggkjørt hovedledningen
- ✓ Utstrakt prøvetaking og analyse (Fritt, bundet, tot-klor, kimtall, E.coli; Na, ledningsevne, etc)
- ✓ Måling/analyser for å teste hypoteser
 - ✓ Klorrest i HB/nett: Klor gjennom membran? (Sjekk: Kobler ut klorvask i perioder)
 - ✓ Økt Na/ledningsevne: Fra skyllemiddel?
 - ✓ Innhold av mikroorganismer: Hull i membraner?

→ Labanalysene viser restklor: selv uten klordosering - og også i råvann....

Kommer ikke videre.....

Stordalen Vannverk

Mange spørsmål....

Iverksatt **supplerende prøvetaking og analyse** for å gi svar på følgende:

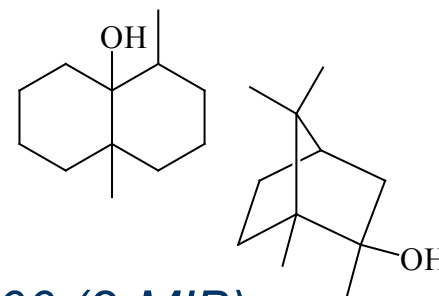
- ✓ Tilføres vannet organisk stoff fra membranene, fra høydebasseng/gelcoat og/eller fra PE-rør – og kan dette bidra til lukt/smak, biologisk vekst?
- ✓ Dannes det klororganiske forbindelser ved klorvask av NOM-holdig belegg på membranen, og kan slike forbindelser lekke gjennom membranen i lang tid etter avsluttet klorvask/skylling?
- ✓ I hvilken grad påvirkes vannkvalitet og biologisk vekstpotensial av UV?
- ✓ Hvilke lukt/smaksstoffer finnes i vannet, hvilke konsentrasjoner snakker vi om og hvor kommer disse stoffene fra?
- ✓ Hvilke tiltak er aktuelle for å løse problemene?

→ **Prøveuttak og analyse av NOM-fraksjoner og BDOC ved SINTEF, samt lukt- og smak komponenter ved Suez sitt laboratorium i Frankrike**

Vanlige kilder til lukt/smak

💧 Algeproduserte stoffer (blågrønnalger)

- 💧 *Geosmin* m/lukterskel på ~10 ng/l
- 💧 *2-methylisoborneol (2-MIB)* m/lukterskel på ~ 29 ng/l
- 💧 Typisk "jordaktig – fuktig", eller "mugglignende"
- 💧 *Mjøsa/Glomma-vassdraget 1969-76; Moss/Rygge 2000 (2-MIB)*



💧 Stoffer som lekker ut fra materialer i kontakt med vannet

- 💧 *Høydebasseng (GUP med innvendig gelcoat)*
- 💧 *Plastmaterialer/plastrør/epoksy*

💧 Utslipp/kjemikalier

- 💧 *MTBE (metylbutylester fra bensin)*

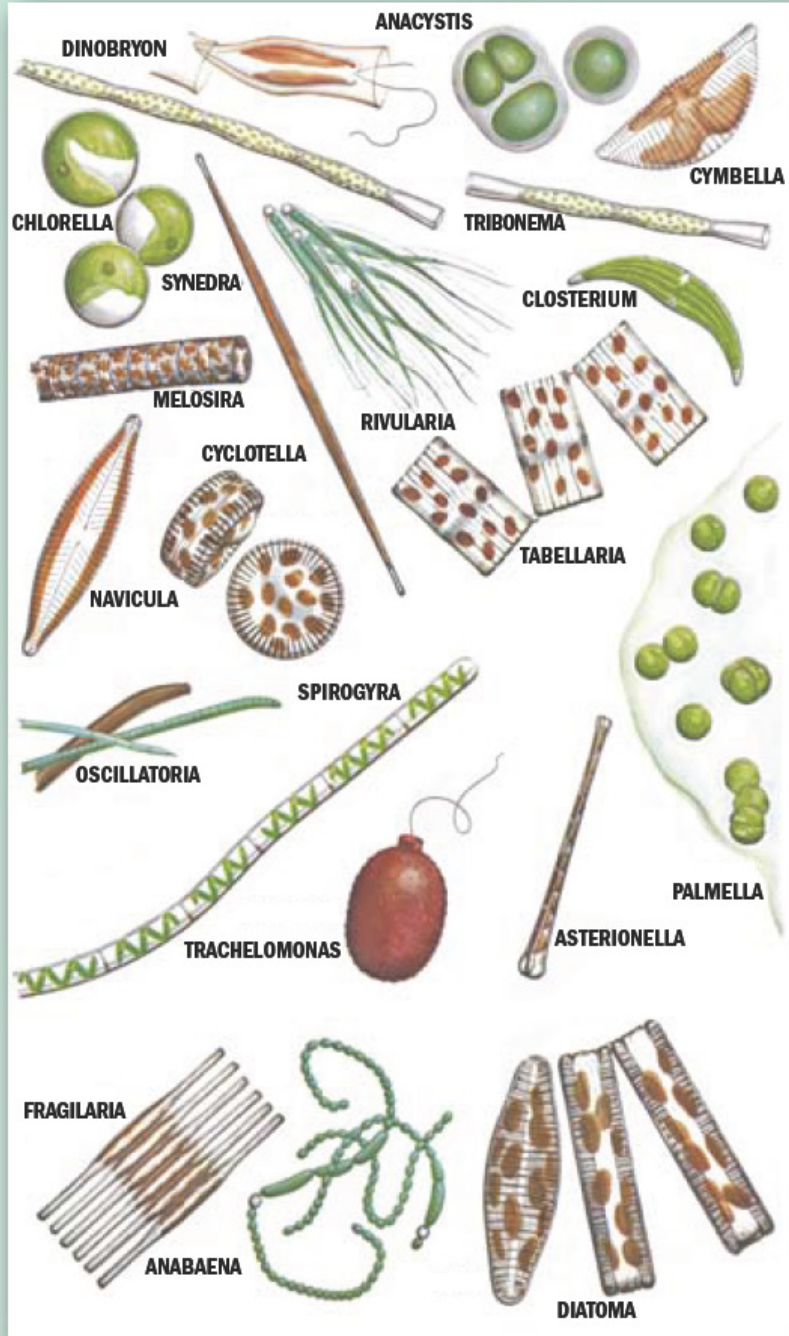
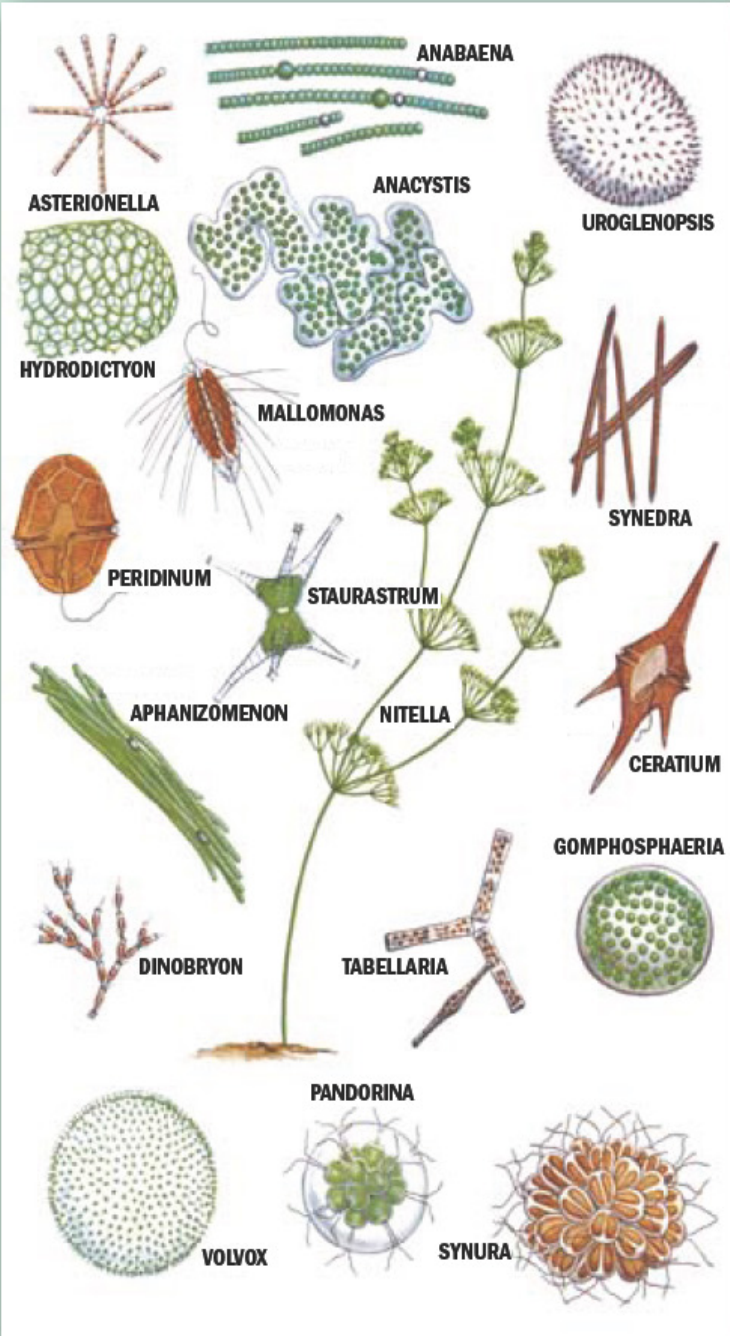
💧 Kloreringsprodukter

- 💧 *Klorfenoler*

💧 Biologiske omsetningsprodukter

- 💧 *Kloranisoler (med ekstremt lav lukterskel < 0.1 ng/L)*

Vanlige alger i ferskvann



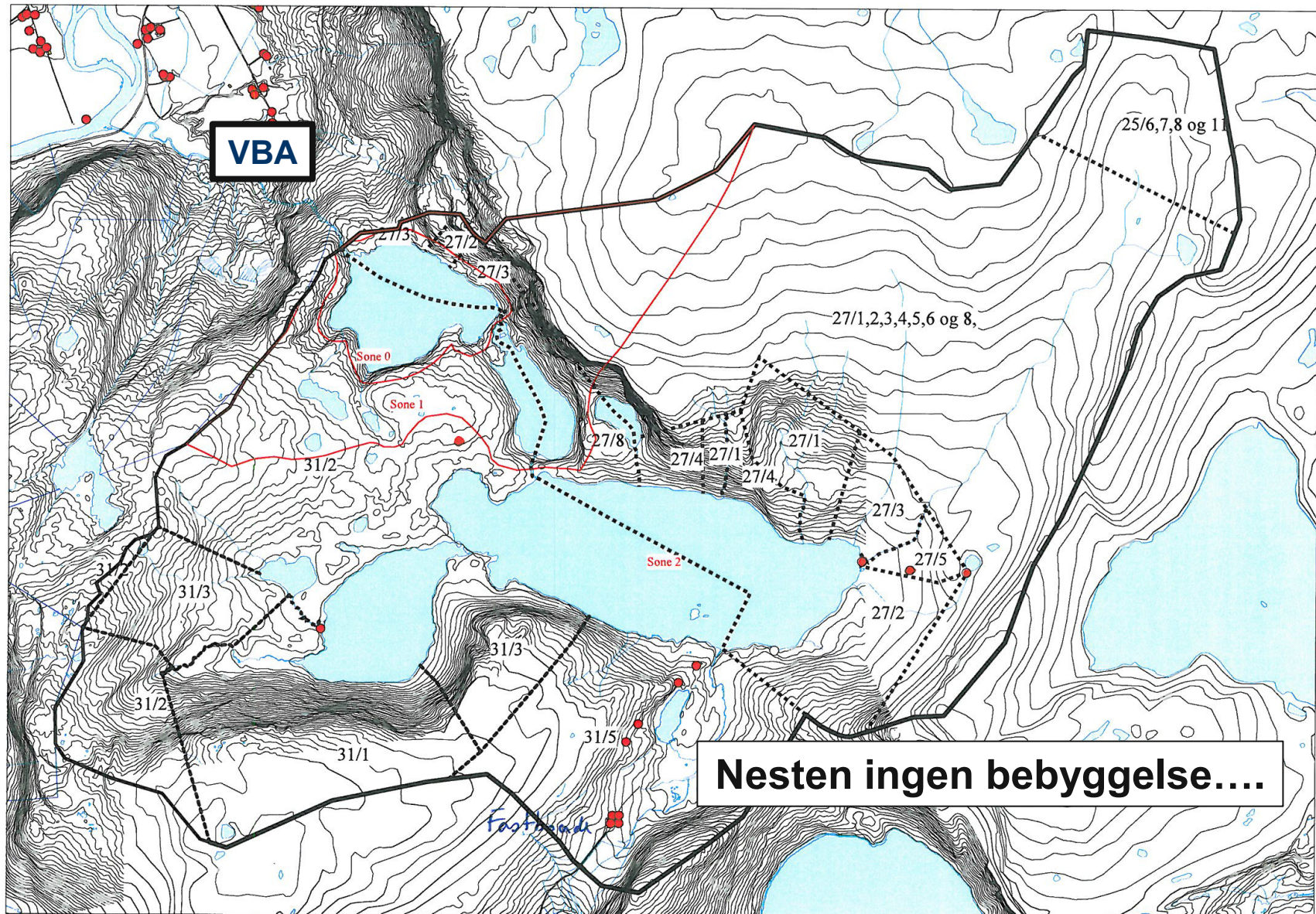
Standard Methods for
the Examination of
Water and Wastewater

Alger kan gi problemer i vannforsyningen

Algal Class	Example genera	Water treatment problems
Cyanophyceae (Blue-green algae)	<i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Oscillatoria</i> .	Filter blockage, taste and odour, toxic metabolites.
Chlorophyceae (Green algae)	<i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Spirogyra</i> .	Taste and odour, filter blockage.
Bacillariophyceae (Diatoms)	<i>Asterionella</i> , <i>Fragilaria</i> , <i>Melosira</i>	Taste and odour, filter blockage.

AWWARF 2004; Hall et al 2005

Storvatnet Vannverk – VBA, kilde og nedbørfelt



PDF created with FinePrint pdfFactory Pro trial version <http://www.pdffactory.com>

Storvatnet Vassverk - Kilde og nedbørfelt

Ikke alger som er problemet?



Råvannskvalitet

Sep-Okt 2011

Gjelder: **Stordalen vassverk**

ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 12.09.11

Analyseperiode: 12.09.11 - 12.10.11

Prøvetaker: Teknisk avdeling

2011-8155-1

Råvann, overflatevann,
Sted: Råvann

Tatt ut: 12.09.11 Kl. 09:10

Parameter	Metode	Resultat	Enhet	Måleusikkerhet
Kimtall 22°C	ISO 6222	45	CFU/ml	
Koliforme bakterier	COLILERT	21	MPN/100ml	
E.coli	COLILERT	<1	MPN/100 ml	
Clostridium perfringens MF	m-CP agar	0	/100ml	
Intestinale enterokokker MF	NS-EN ISO 7899-2	0	/100ml	
pH, surhetsgrad	NS 4720	5,8		±0,26
Konduktivitet	NS-ISO 7888	3,08	mS/m	±0,18
Turbiditet	NS ISO 7027	0,25	FNU	±0,03
Farge	NS 4787	20	mg Pt/l	±2
Aluminium	NS 4781	0,08	mg Al / l	A10) ±0,01
*Ammonium	EGEN ihht. thymolmet.	<0,01	mg N / l	A10) ±0,00
*Antimon	3) EPA 200.7/200.8 (mod)	0,033	µg Sb / l	A10)
*Arsen	3) EPA 200.7/200.8	<0,07	µg / l	A10)
Bly	NS 4781	<1,0	µg Pb / l	A10)
Jern	NS 4773	<0,04	mg Fe/l	A10)

Stordalen Vassverk

Oversiktskart med prøvepunkter

Drøyt 10 km hovedledninger



ÅFJORD KOMMUNE

Teknisk driftsavdeling

Stordalen vannverk
Prøvetakingspunkter ved vannverket

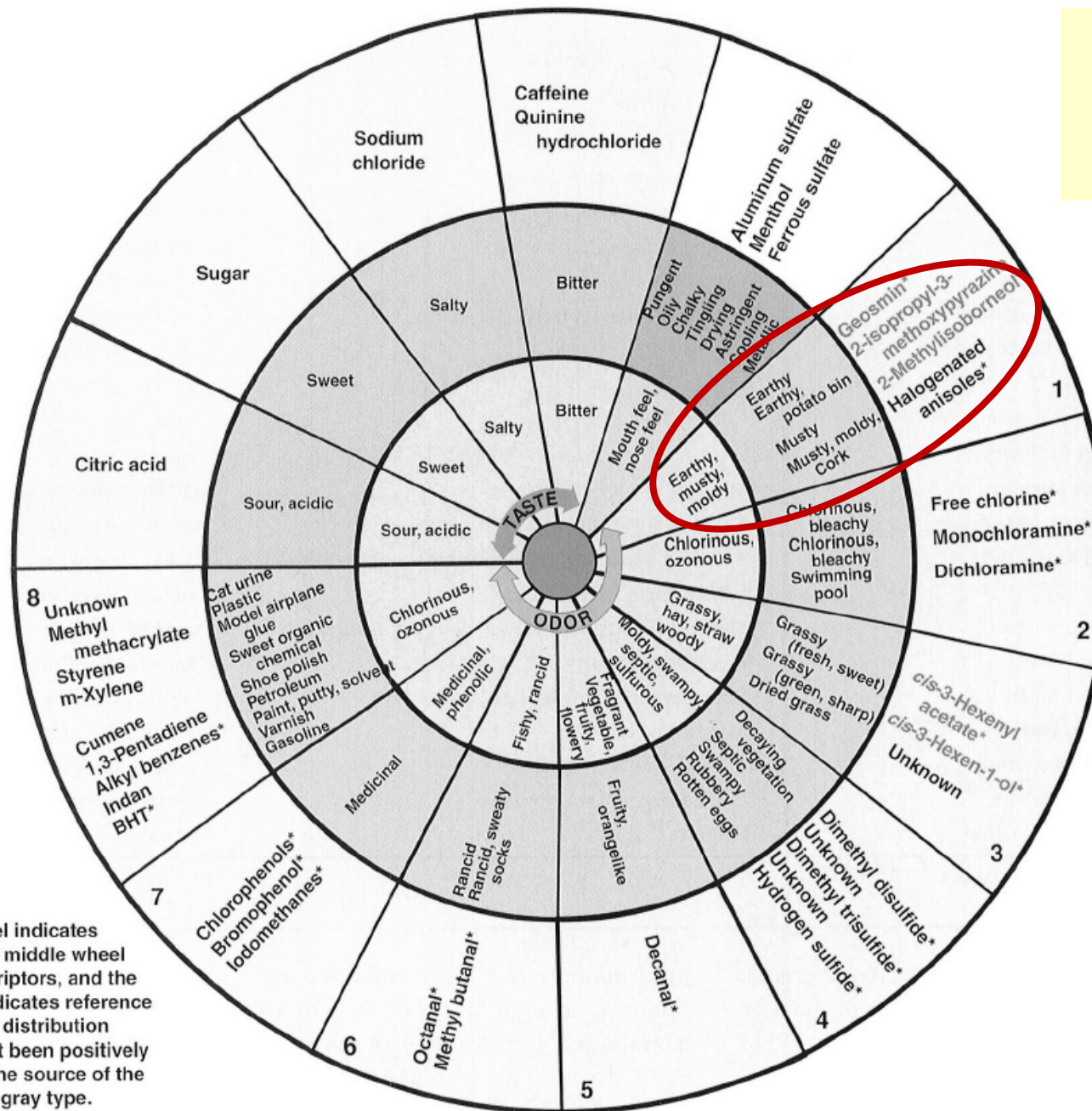
Dato:	26.10.09	Rev:	Endringer:	Sign:
Tegner:	MS			
Saksbehandler:	MS			
Kontroll:				
		Målestokk:	Tegning nr:	Revisjon:

Stordalen Vassverk

Mulige kilder til lukt- og smakstoffer

- ✓ GUP/gelcoat/epoxy/ulike typer overflatebelegg kan avgi stoffer til vann
- ✓ Pumpeledninger, impregnert treverk, etc kan lekke stoffer til vann, bl.a. fenoler
- ✓ Fenoler kan lekke ut fra torv/organisk stoff, og klimaendringer/økt temperatur kan gi økt NOM og økt mengde fenoler pga økt utlekking og økt aktivitet av enzymet *fenol oksidase* (Freeman et al 2001). Også klorfenoler kan dannes naturlig i miljøet via mikrobiell/enzymatisk aktivitet (*Chloroperoxidase*) (Grimvall, 1995; Gribble, 1995; Hoekstra 1999)
- ✓ Slike stoffer kan i seg selv være kilde til lukt/smak, de kan inngå i fotokjemiske reaksjoner eller de kan fungere som substrat (mat) for mikroorganismer, som så kan være kilde til eller generere andre lukt/smak-stoffer
- ✓ UV-desinfeksjon synes i noen tilfeller å kunne bidra til vekst/biofilmdannelse og dannelse av lukt/smaksstoffer – selv om de fleste undersøkelser konkluderer med at UV ikke vil generere lukt/smak eller påvirke biostabiliteten ved de UV-doser som normalt benyttes for drikkevann (40 mJ/cm²)

Lukt- & smakhjulet



Et hjelpemiddel for å identifisere kilder til lukt/smak, noe som ofte er en svært vanskelig jobb....

The inner wheel indicates categories, the middle wheel indicates descriptors, and the outer wheel indicates reference standards. The distribution system has not been positively confirmed as the source of the compounds in gray type.

*Presence confirmed in water

Khiari et al,
AWWARF, 2002

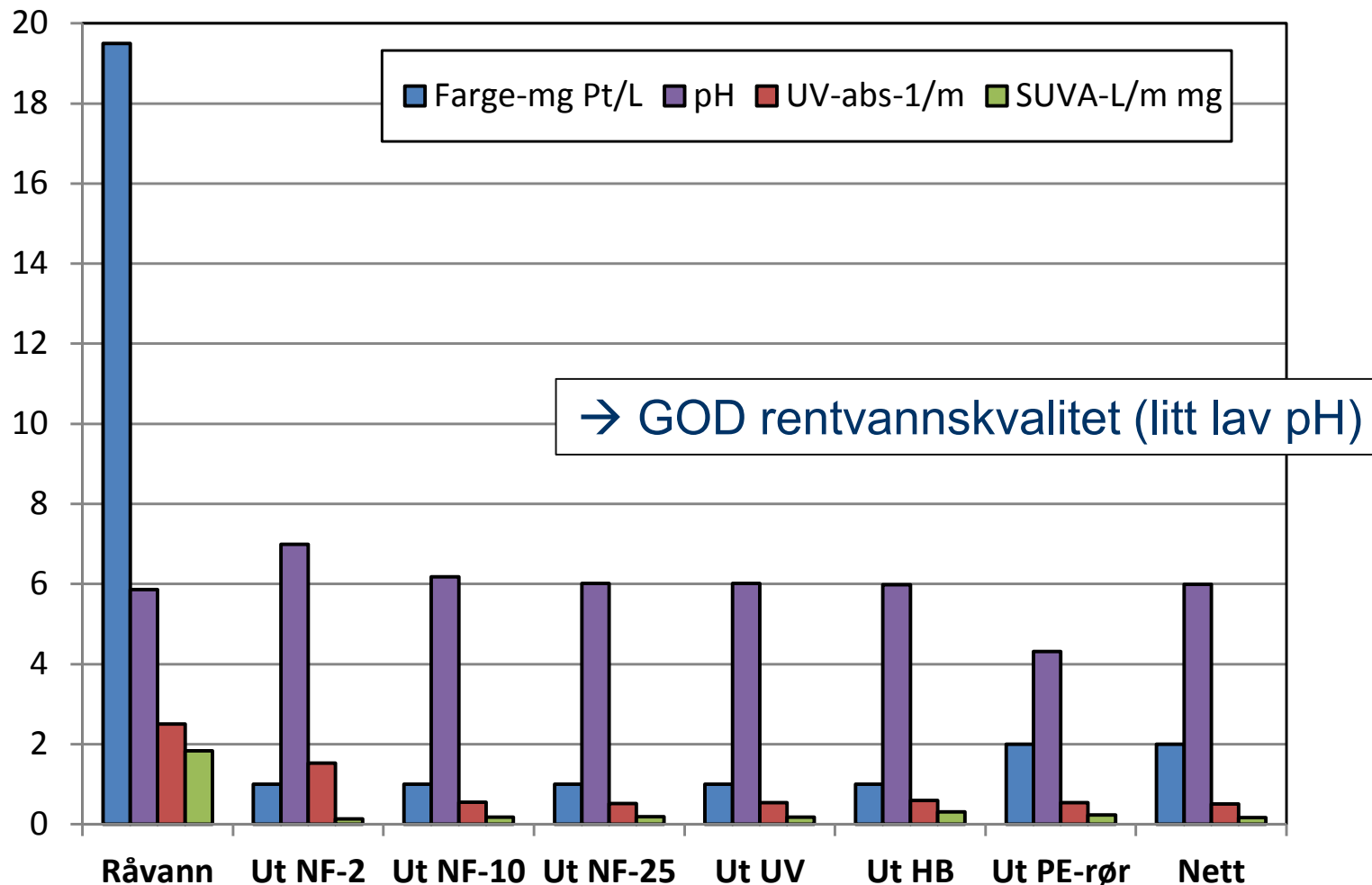
Stordalen Vassverk

Prøvepunkter - SINTEF - Mai 2011

- Prøve 1: Råvann
- 2: Ut-NF-2; 2 min etter fullført membranvask
 - 3: Ut-NF-10; 10 min etter fullført membranvask
 - 4: Ut-NF-25; 25 min etter fullført membranvask
 - 5: Ut UV
 - 6: Ut av HB
 - 7: Ut av isolert PE-rørledning (nedstrøms HB)
 - 8: Nettprøve

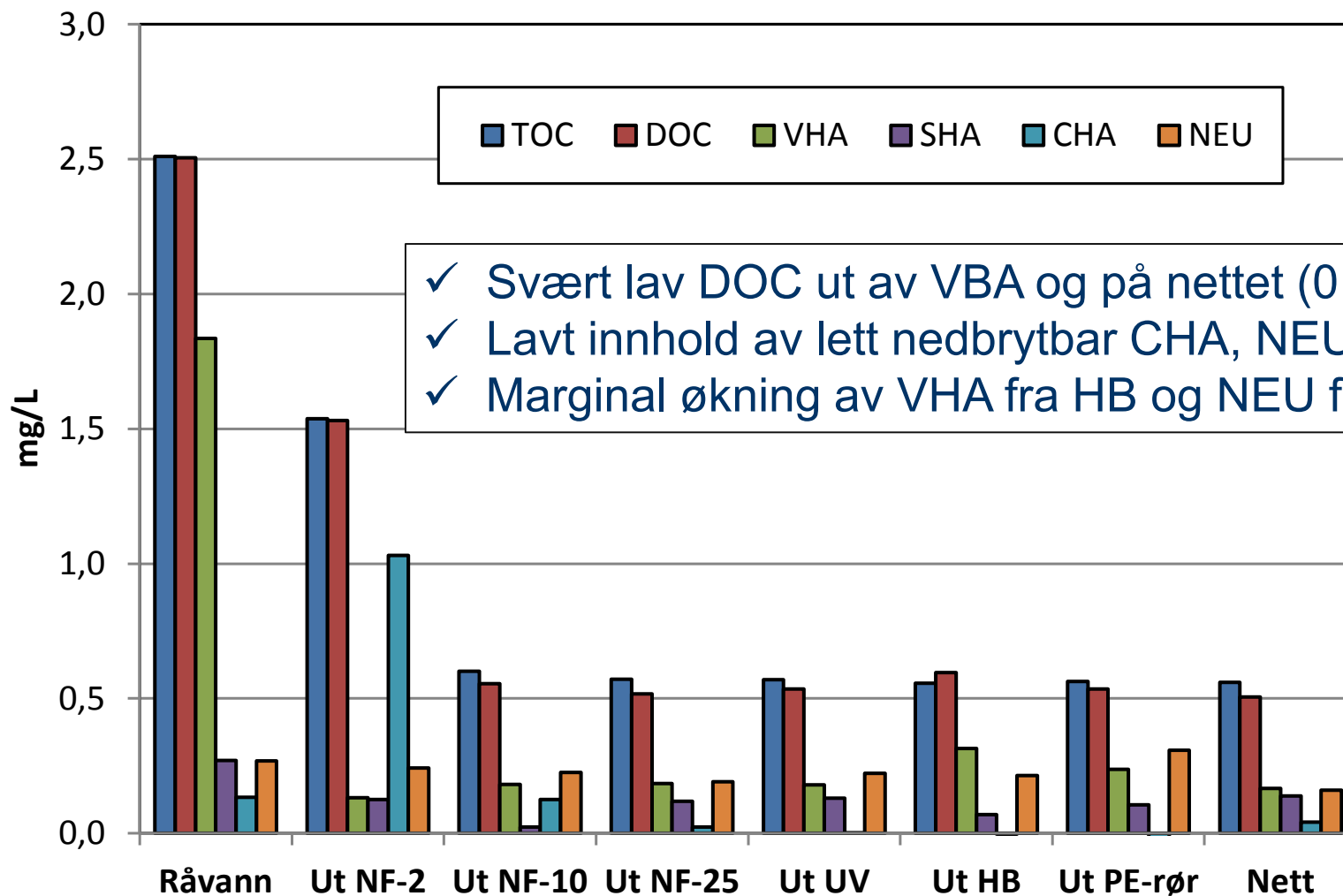
Stordalen Vassverk

SINTEF-analyseresultater: Farge, pH, UV-abs, SUVA (Mai 2011)



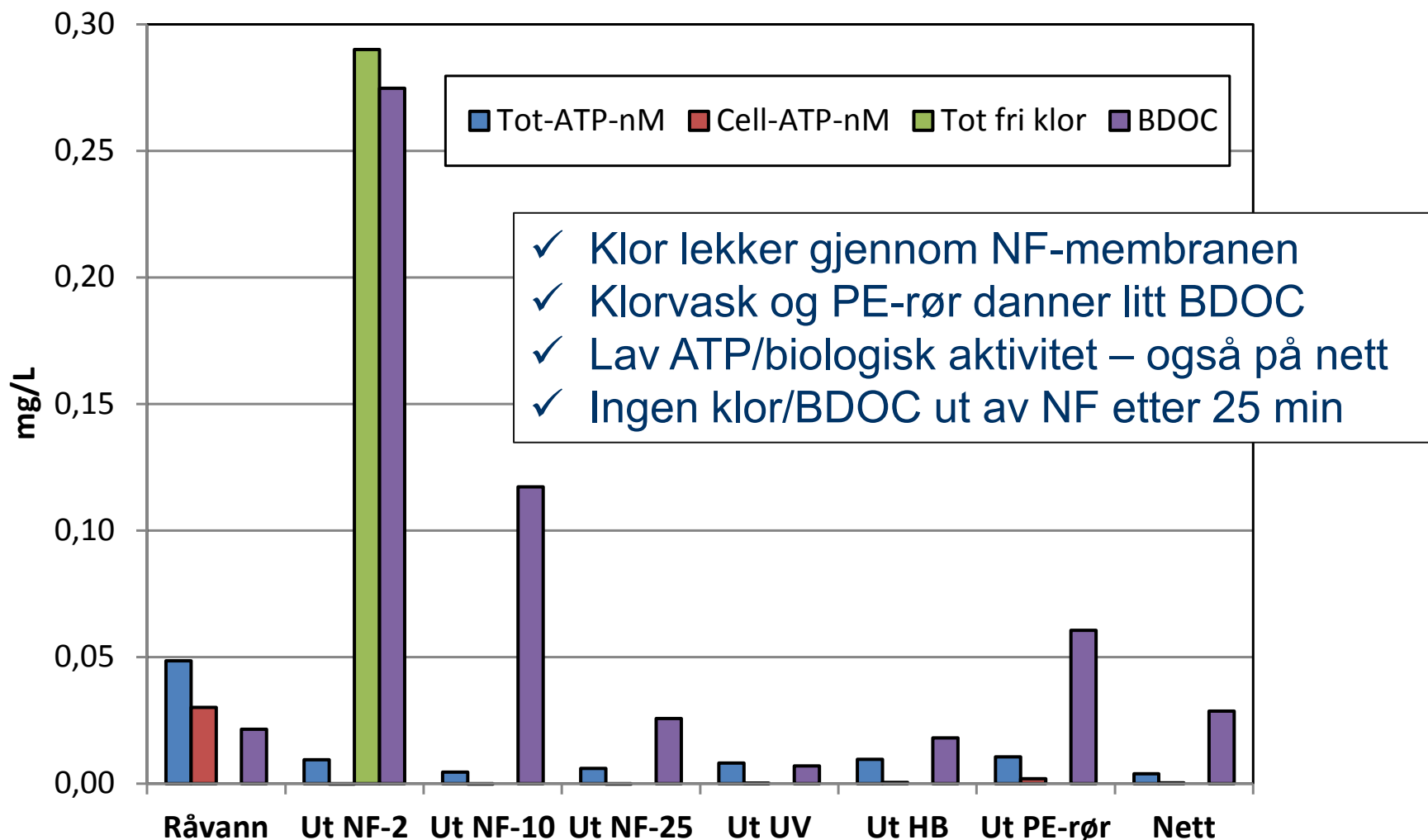
Stordalen Vassverk

SINTEF-analyseresultater: TOC, DOC og NOM-fraksjoner



Stordalen Vassverk

SINTEF-analyseresultater: ATP, fritt klor og BDOC



Stordalen Vassverk

Konklusjoner fra SINTEFS analyser

1. Vannbehandlingen er effektiv: Høy renseeffekt og lave innhold av TOC, DOC (særlig VHA og SHA), farge, UV-abs, og ATP. Men pH er lav (ca 6)
2. Klorskyllingen av membranen skaper mye CHA (via oksidasjon av VHA) som går gjennom membranen de første minutter etter avsluttet klorskylling. Også TOC, BDOC, og nivået av fritt klor er da relativt høye. Men etter 10 min er konsentrasjonene tilbake på lave nivåer
3. Ved tidspunktet for start vannproduksjon (25 min etter avsluttet klorskylling) er konsentrasjonen av alle målte parametere lave
4. PE-røret bidrar til en mindre økning i biologisk vekstpotensial BDOC – det gjør ikke UV
5. ATP-verdiene viser tilstedeværelse av "levende liv" i råvannet, men i alle andre prøver er ATP svært lave. En liten økning i cellulær ATP kan registreres etter PE-røret, noe som indikerer at den økte BDOC verdien i dette prøvepunktet er "mat" for noe mikrobiell vekst

Stordalen Vassverk

Kommentarer til SINTEFS analyseresultater

- ✓ Analyse av biologisk vekstpotensial etter NF-anlegg viser ofte lave BDOC-verdier, mens AOC-verdiene kan være høye nok til å indikere et betydelig vekstpotensial
- ✓ Det er tydelig at klor og/eller skyllemiddel reagerer med organisk stoff på membranoverflaten, og at TOC, kloreringsprodukter og BDOC lekker gjennom membranen de første minutter etter avsluttet klorskylling
- ✓ Perioden på 25 minutter som i dag benyttes for kjøring til avløp etter avsluttet membranskylling, synes ut fra de målte parametere å være tilstrekkelig
- ✓ Det er sannsynlig at også klorfenoler dannes under klorering av membranbelegget eller andre fenolholdige stoffer i vannet. En mikrobiell konvertering av klorfenol til kloranisol kan derved skje i biofilmer på nettet. Bromerte fenoler kan også spille en rolle, og bromidinnholdet i vannet bør derfor sjekkes

Stordalen Vassverk

Innledende screeninganalyser for lukt/smak (Suez, F) – Okt 2010

Prøvepunkter:

1. Ubehandlet råvann
2. Etter UV
3. Etter høydebasseng (HB)
4. Fra nettet (langt fra HB)

Stordalen Vassverk

4 prøver for innledende screeninganalyser (Suez, F) – Okt 2010

Sample	ODOUR		TASTE	
	descriptor	intensity	descriptor	intensity
Inlet to the water treatment plant 1. Råvann	Musty-Muddy	4		
Treatment plant outlet (before header tank) 2. Ut UV	Septic-Earthy	2-4	Septic-Earthy	6
			Bitter	6
Outlet of header tank* 3. Ut HB	Broken bottle			
From the distribution system 4. Nettprøve	Musty-Earthy	4	Musty Fruity	8

Stordalen Vassverk

Kommentarer til screeningresultatene (A. Bruchet, Suez, F)

- ✓ The classical musty odorants such as **geosmin**, **MIB** and **isobutyl methoxy pyrazine** **were not detected**, therefore the problem is not caused by algae or actinomycetes
- ✓ What we find is a **trichloroanisole**, specifically in sample 4 (distribution system). It is likely the 2,4,6 isomer, the most common one. As we can detect it easily it is very likely well above its very low published odour threshold (**20-80 pg/l**). This compound gives a typical musty odour
- ✓ Traces of **trichlorophenol** have been detected in sample 2 (ut UV). So it is likely a classical case of **biological transformation of trichlorophenol into trichloroanisole**
- ✓ We had a case here where a tank coating was leaching 2,4,6-trichlorophenol which got bioconverted into 2,4,6-trichloroanisole, inducing a musty odour. But as we find the trichlorophenol in sample 2 and not in sample 1, this compound could be the result from the chlorination of a **phenol contaminant in the raw water**
- ✓ Due to the very low odour threshold of trichloroanisole, there is **no particular worry concerning the wholesomeness of the tap water**

Stordalen Vassverk

Hvor kan klorfenolen komme fra?

A. Bruchet, Suez: In fact I see three main possibilities:

- 1) The **coating** (HB) is releasing trichlorophenol which gets biologically transformed into trichloroanisoole
 - 2) Something before the treated water (**the raw water or the membrane system**) contains or leaches **phenols** that get chlorinated (This can happen during the washing) into trichlorophenol which is then converted into trichloroanisoole
 - 3) There have been (old) reports from Sweden of the **natural formation of chlorophenols in soils** and subsequent transformation into anisoles: Grimvall A, Jonsson S, Karlsson S, et al. 1991. Organic halogens in unpolluted waters....
- Klorfenol kan dannes naturlig via enzymatiske reaksjoner i jordsmonn
 - Kan også finnes i innsjøsedimenter etter å ha blitt dannet ved feks skogbranner
 - Kan stamme fra impregnert treverk/båter, biocider/skogsprøyting, etc
 - Kan stamme fra lufttransport og nedfall via nedbør

Stordalen Vassverk

Prøverunde 2 Lukt/smak – Nov 2010

- Prøve 1: Råvann
- 2: Ut av NF; 1.5 time etter fullført membranvask
 - 2B: Ut av NF; 10 min etter fullført membranvask
 - 2C: Ut av NF; 30 min etter fullført membranvask
 - 2D: Ut av NF; 3 timer etter fullført membranvask
 - 3: Ut av HB
 - 3B: Ut av isolert PE-rørledning (nedstrøms HB)
 - 4: Nettp prøve

Stordalen Vassverk

8 nye prøver til kvantitativ analyse i Frankrike (Suez/Cirsee) – nov 2010

CIRSEE had identified **trichloroanisole** as responsible for the taste and odour. SINTEF sent 8 new samples and asked CIRSEE to **quantify** trichloroanisole and trichlorophenols

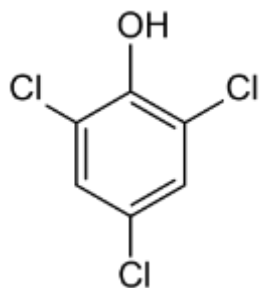
This report concerns:

- 1) The analysis of **trichloroanisole** by gas chromatography coupled to mass spectrometry after extraction on solid phase (twister)
- 2) The analysis of **chlorophenols** by gas chromatography coupled to mass spectrometry after derivatization and extraction on solid phase (twister)

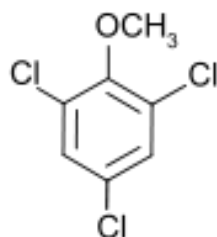
Stordalen Vassverk

Analyseresultater (ng/L) Suez – Runde 2 – Nov 2010

	1 Råvann	2 Ut NF- 1.5t	2B Ut NF 10 min	2C Ut NF- 30 min	2D Ut NF 3t	3 Ut HB	4 Ut PE	5 Nett
2,4,6 Triklorfenol	< 10	50	50	40	50	40	50	40
2,4,6 Trikloranisol	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.2	0.1	0.1	0.4



Triklorfenol



Trikloranisol
(lukterskel 0.02-0.08 ng/L)

- ✓ Triklorfenol dannes i membranen?
- ✓ Trikloranisol dannes på nettet?

Stordalen Vassverk

Analyseresultater – Runde 2 – Nov 2010

Suez:

- ✓ **2,4,6-trichlorophenol is detected in all samples except the raw water**, at 40-50 ng/L. Its concentration remains quite stable whatever the time of sampling
- ✓ Although the presence of traces of 2,4,6,-trichlorophenol in the raw water below our detection limit (10 ng/L) cannot be dismissed, as suggest by the detection of traces of 2,4,6-trichloroanisole in the raw water, most of this chlorophenol seems to be **generated or leached during the filtration of the water through the membrane system**.
- ✓ 2,4,6-trichloroanisole appears on sample 2D, 3 hours after the membrane wash, and is consistently detected afterwards, with a maximum on the distribution system sample No.4.
- ✓ As trichlorophenol penetrates the distribution system, biological conditions (lack of disinfectant and hence likely presence of fungi and actinomycetes) and contact time allow its **bioconversion to 2,4,6-trichloroanisole**

Stordalen Vassverk

Prøverunde 3 Lukt/smak, Suez – Okt 2011

- Prøve 1: Råvann
- 2: Ut av NF; 2 minutter fullført membranvask
 - 3: Ut av NF; 25 min etter fullført membranvask
 - 4: Ut av UV
 - 5: Ut av HB
 - 6: Ut av PE-rørledning
 - 7: Nettprøve 1
 - 8: Nettprøve 2

Suez analyseresultater (ng/L) – Runde 3:Okt 2011

samples	1 - Rå	2 NF2	3 NF25	4 - UV	5 - HB	6 - PE	7 Nett	8 Nett
Geosmin	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Methylisoborneol	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
2,4,6-Trichloroanisole	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
2,4,6-Tribromoanisole	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
3 Chlorophénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4 ChloroPhénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2 isopropylphénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3 isopropylphénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4 isopropylphénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2,6 Dichlorophénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2,4 2,5 Dichlorophénol	<10	15	14	31	11	<10	14	<10
3,5 Dichlorophénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2,3 Dichlorophénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3,4 Dichlorophénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2,4,6 trichlorophénol	<10	235	203	263	148	145	95	<10
2,3,6 trichlorophénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2,3,5 trichlorophénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2,4,5 trichlorophénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2,3,4 trichlorophénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3,4,5 trichlorophénol	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bisphénol F	<10	<10	<10	<10	<10	<10	23	<10
Bisphénol A	<10	<10	<10	<10	<10	<10	24	<10

Stordalen Vassverk

Analyseresultater – Runde 3 – Okt 2011

Suez:

- ✓ **2,4,6-Trichlorophenol** was detected in all samples except one and eight at concentrations sufficient to induce the formation of 2,4,6-trichloroanisol. The latter compound was not detected in any of the samples. Our limit of quantification was slightly higher (0.5 ng/L) than last year (0.1 ng/L, med verdier opp til 0.4 ng/L)
- ✓ Two other chlorophenols are also observed, including 2,4 or 2,5-dichlorophenol in five out of eight samples. Traces of **bisphenol A and F** were detected in sample 7. These compounds could come from **epoxy resins**
- ✓ Do you have epoxy resins somewhere in your NF plant? Coatings or glue for membranes ? **Epoxy can leach bisphenol A that reacts with chlorine to yield 2,4,6-trichlorophenol. Our group UF membranes are glued together at both ends of the modules with epoxy**

Stordalen vv: NF-leverandøren bekrefter at slik epoksy er brukt...

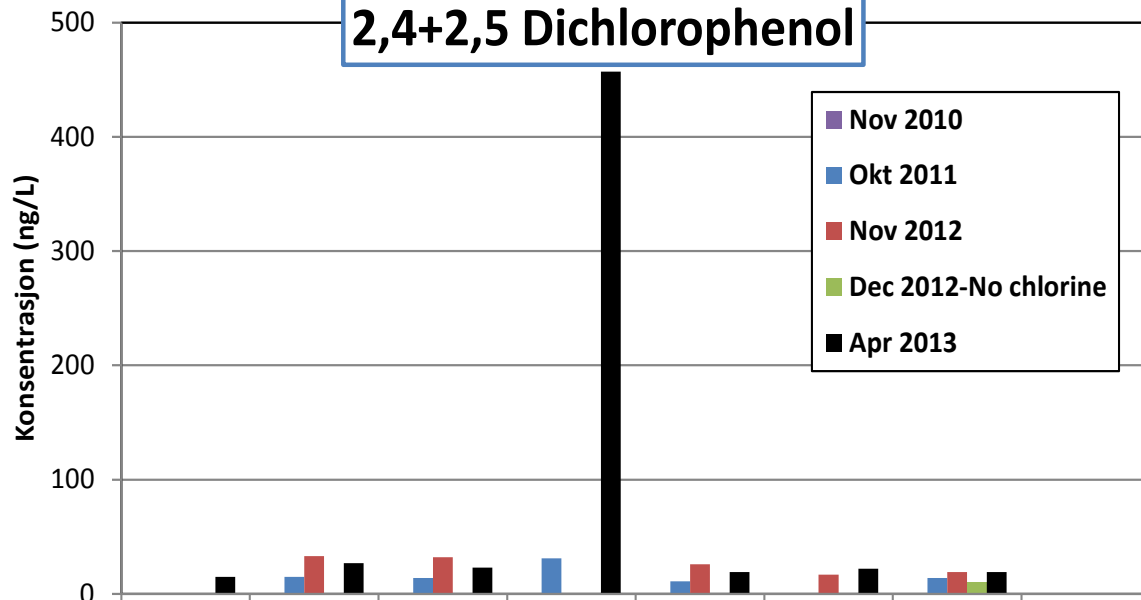
Epoksy/bisphenol A i membranmodulene

Info fra NF-leverandøren:

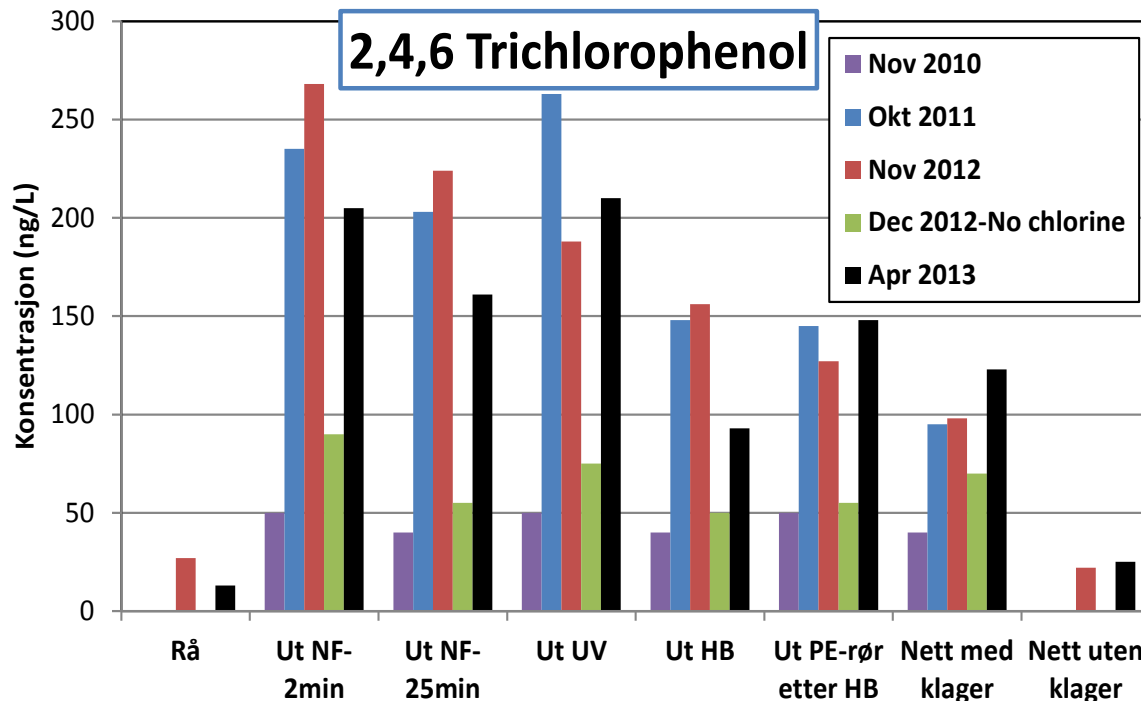
- ✓ Most spiral wound elements use epoxy resins in their FRP outer wrap and in adhesives and spacers. The resins are made with bisphenol A
- ✓ This element type had undergone rigorous testing including leaching studies and had approval for use in drinking water in UK and elements using similar materials have got NSF certification
- ✓ Normally any leaching occurs in the first flushing and operation

Polymerkilder til bisfenol kan være polykarbonat, vinylester og epoksy

2,4+2,5 Dichlorophenol



2,4,6 Trichlorophenol



Nye prøver under m/vanlig klorvask av membranen Nov 2012 og Apr 2013, samt Des 2012 – da prøver ble tatt etter 1 mnd uten klorvask

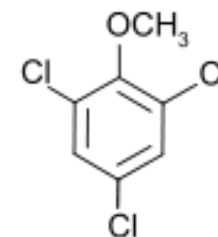
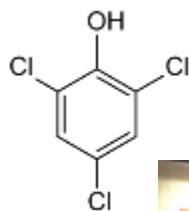
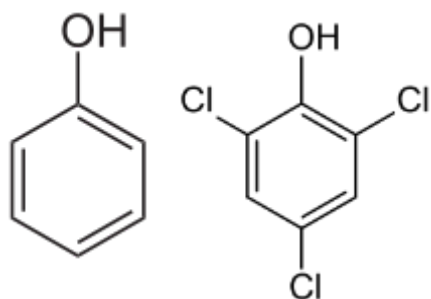
→ Klorfenoler dannes som følge av klorvask (?)

→ UV også en kilde til klorfenoldannelse, særlig i apr 2013?

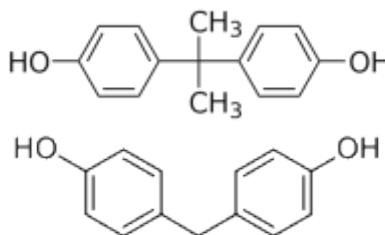
Stordalen Vassverk – Sannsynlige årsaker

Fra fenoler og bisphenoler til triklorfenoler og trikloranisol

Triklorfenol: Fra klorvask av NOM-belegg på membranen, og fra klorering av bisphenol som lekker fra lim/epoxy i membranmodulene



Fenol/karbolsyre: En del av NOM
Klorfenol: Kan dannes via enzymatisk klorering av NOM (*kloroperoxydase*) Hodin et al,1991



Trikloranisol: Dannes ved mikrobiell omsetning av triklorfenol på ledningsnett
Bisphenol: Fra lim/epoxy i membran-modulene

Problemstillingen er ikke unik for Åfjord.....

386

© IWA Publishing 2009 Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA | 58.6 | 2009

Zürich:

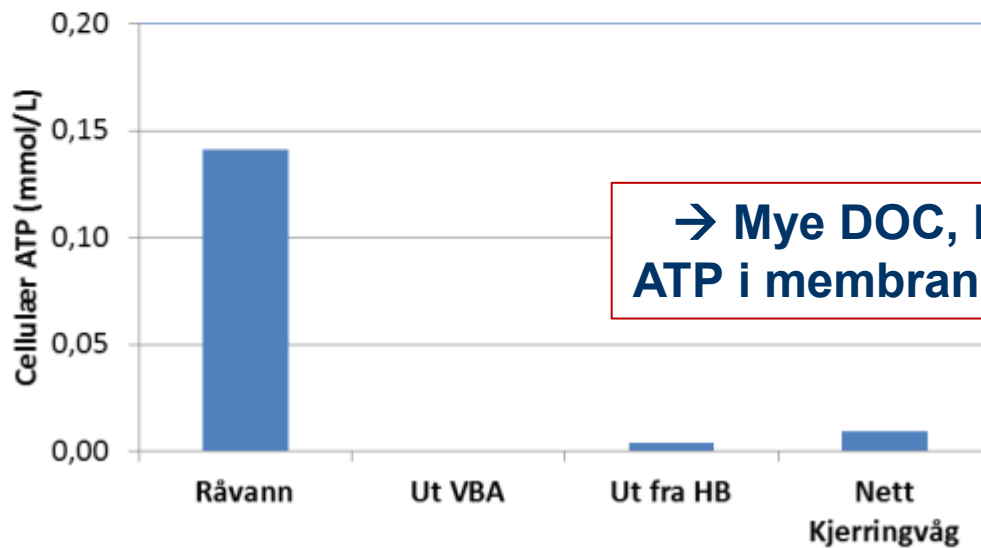
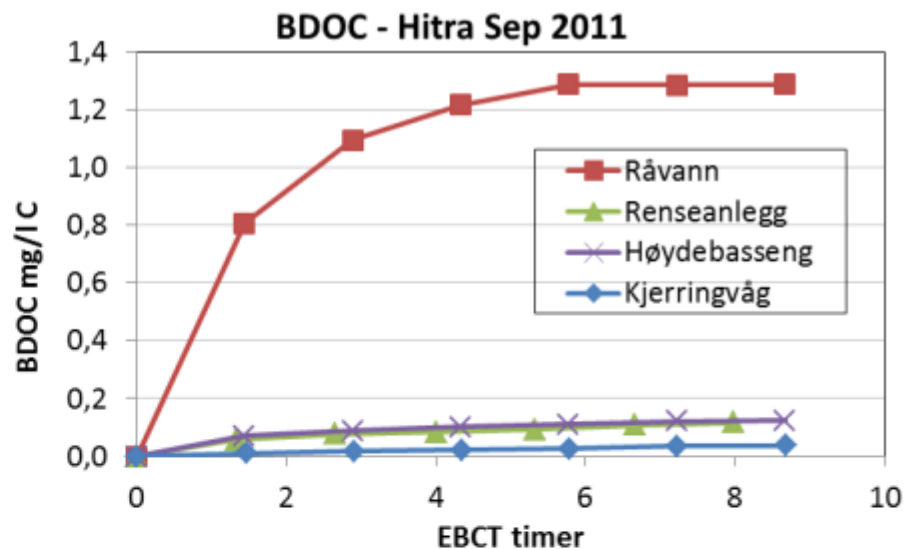
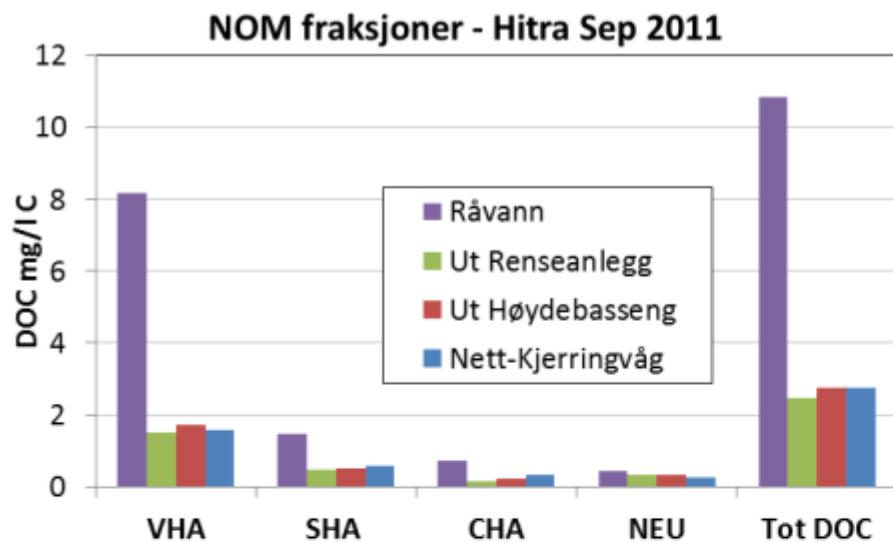
Taste and odour problems generated in distribution systems: a case study on the formation of 2,4,6-trichloroanisole

Andreas Peter and Urs von Gunten

- ✓ Identifikasjon, opprinnelseskartlegging og tiltak mot lukt/smakstoffer er en vanskelig oppgave som tar tid...
- ✓ Klorerte fenoler som forløpere → dannelse av TCA i biofilm → lange oppholdstider (også innomhus) gir biofilmen tid til å danne TCA

Hva med andre NF-anlegg i Norge?

Lukt og smakproblemer også på Hitra...



Dolmøy

→ Mye DOC, BDOC og ATP i membranbelegget...

Lukt og smakproblemer også på Hitra...

	sample 1	sample 2	sample 3	sample 4	sample 5
Geosmin	1,1	1,1	0,9	1,1	1,0
Methylisoborneol	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2,4,6-Trichloroanisol	1,3	1,1	1,6	1,2	1,1
2,4,6-Tribromoanisol	<1	<1	<1	<1	<1
2 Chlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
3 Chlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
4 ChloroPhenol	<5	<5	<5	<5	<5
2 isopropylphenol	<5	<5	<5	<5	<5
3 isopropylphenol	<5	<5	<5	<5	<5
4 isopropylphenol	<5	<5	<5	<5	<5
2,6 Dichlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
2,4 2,5 Dichlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
3,5 Dichlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
2,3 Dichlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
3,4 Dichlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
2,4,6 trichlorophenol	7,5	78,0	54,6	37,3	27,2
2,3,6 trichlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
2,3,5 trichlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
2,4,5 trichlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
2,3,4 trichlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
3,4,5 trichlorophenol	<5	<5	<5	<5	<5
Bisphenol F	<5	<5	<5	<5	<5
Bisphenol A	<5	<5	<5	<5	<5

1. Råvann
2. Ut NF
3. Ut UV (høy dose)
4. Nett (m/T&O)
5. Nett u/T&O

→ Triklorfenol og trikloranisol også her....

Konklusjoner

1. Lukt og smakproblemene ved Stordalen Vassverk synes å komme fra klorfenoler og en mikrobiell omsetning av **klorfenoler til kloranisoler** i ledningsnettet (muggsopp/biofilmer?) Komplekse problemstillinger !
2. Klorfenolene ser ut til å stamme fra klorvasken av NOM-belegget, og fra **epoxy/lim** i endene av membranmodulene - selv om det finnes andre mulige kilder til klorfenol (også naturlige). UV kan også bidra – i perioder med lavt forbruk og høye UV-doser? HB og gelcoaten frikjennes....
3. Mulige tiltak for å løse eller redusere lukt/smakproblemene kan være:
 - ✓ Overgang fra klor til **klordioksid** (som ikke danner klorfenol), evt andre membranvaskemidler
 - ✓ **Aktivkullfiltrering** etter membrantrinnet: Gunstig - pga lavt DOC-innhold i vannet, noe som begrenser evt problemer med konkurrerende NOM-adsorpsjon og kapasitetsnedsettelse pga poreblokkering)
 - ✓ **Ozonering + aktivkullfiltrering** etter membrantrinnet, der man også utnytter ozonets evne til å fjerne klorfenol: Gunstig pga lavt ozonbehov, og lav BDOC-produksjon

Takk for oppmerksomheten !