

DIN CEN/TR 15897



ICS 13.060.30

**Getauchte Membran-Belebungsreaktor (MBR) Technologie;
Englische Fassung CEN/TR 15897:2018**

Submerged Membrane Bioreactor (MBR) technology;
English version CEN/TR 15897:2018

Technologie MBR –
Bioréacteurs à membrane immergée;
Version anglaise CEN/TR 15897:2018

Gesamtumfang 57 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (DIN CEN/TR 15897) wurde vom Technischen Komitee TC 165 „Waste water engineering“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Für Deutschland hat hieran der Arbeitsausschuss NA 119-05-36 AA „Kläranlagen (CEN/TC 165/WG 40)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW) mitgearbeitet.

Dieses Dokument enthält unter Berücksichtigung des DIN-Präsidialbeschlusses 1/2004 nur die Englische Fassung von CEN/TR 15897:2018-11.

Technische Reporte sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Begriffe und Abkürzungen

Reihenfolge und Inhalt der folgenden Begriffe sind identisch mit denen im Abschnitt Begriffe der Englischen Fassung.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 16323 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

ANMERKUNG Manche Hersteller verwenden für ihre Produkte gegebenenfalls andere Begriffe. Dessen ungeachtet werden in diesem Dokument die nachstehend angeführten Begriffe verwendet.

3.1

Rückspülung

Rückwaschen

Backpulse

intervallweise, kurzfristige Umkehrung der Strömungsrichtung durch die Membran zur Ablösung der beim Filtrationsvorgang angelagerten Partikel (Deckschicht), in aller Regel mit Permeat

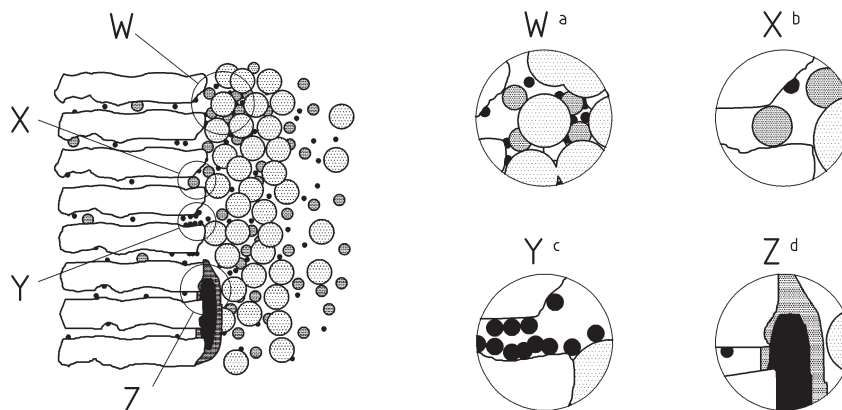
3.2

Biofouling

Ausbildung eines Biofilms auf der Membranoberfläche oder in der Membran durch mikrobiellen Bewuchs

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Biofouling bewirkt eine Leistungs- oder Permeabilitätsminderung (siehe auch Fouling und Scaling).



Legende

W	irreversible Kuchenschicht	a	Adsorption, Kompaktierung, Ausfällung, Einlagerung von Kolloiden usw.
X	Porenverblockung	b	Partikeldurchmesser, ist dem Porendurchmesser ungefähr gleich
Y	innere Adsorption	c	permeable Substanzen mit Affinität zum Membranmaterial
Z	Biofouling	d	Mikroorganismen in Film aus EPS

Bild 1 — Prinzip des Biofoulings

3.3

Reinigungsintervall

Zeitintervall zwischen aufeinanderfolgenden Reinigungsvorgängen

Anmerkung 1 zum Begriff: Je nach Hersteller können verschiedene Arten der Reinigung zur Anwendung kommen (siehe 3.26 und 3.34).

3.4

Verstopfung

Ansammlung von Feststoffen im Membransystem

3.5

Konzentrat

Teilstrom des Stoffgemisches, in dem der von der Membran zurückgehaltene Belebtschlamm aufkonzentriert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Teilstrom wird üblicherweise als Rücklaufschlamm in das Belebtschlammbecken zurückgeführt.

3.6

Deckschicht

Ansammlung von an der Membranoberfläche zurückgehaltenen Substanzen

3.7

Crossflow

an Membranoberfläche entstehende Querströmung, die zur Deckschichtkontrolle dient

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff Crossflow stammt aus dem Bereich der in einem Druckrohr betriebenen, trocken aufgestellten Membransysteme. Bei diesem Prozess werden die Membranen Flüssigkeitsströmungen parallel zur Oberfläche ausgesetzt, um die Deckschichtbildung auf der Membranoberfläche zu begrenzen.

3.8**Crossflow-Belüftung**

Luftbringung, die erforderlich ist, um einen Crossflow zu bewirken

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wirkmechanismen unterscheiden sich jedoch aufgrund der Zweiphasenströmung deutlich vom Prinzip des klassischen Crossflow-Betriebs innendurchströmter Druckrohrsysteme.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Crossflow-Volumenstrom je Flächeneinheit der Membranoberfläche wird in $\text{Nm}^3/\text{m}^2/\text{h}$ angegeben.

3.9**Zyklus**

zeitliche Summe aus Filtrationsphase und anschließender Rückspülphase oder Relaxationsphase

3.10**Dalton****Da**

Molekülmasse im Verhältnis zur Masse eines Wasserstoffatoms

3.11**Feedflow**

Strömung zum Membranbioreaktorsystem am Einlass des Belebungsbeckens

3.12**Filament**

einzelne Hohlfaser oder Kapillare

3.13**Flux**

spezifischer Filtratvolumenstrom je Flächen- und Zeiteinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Flux wird in Litern je Quadratmeter Membranoberfläche je Stunde, $[\text{l}/(\text{m}^2\text{h})]$, angegeben. Mitunter wird die Abkürzung LMH verwendet.

3.14**momentaner Flux****Gesamtflux**

tatsächlicher Flux während der Filtration

3.15**Nettoflux**

Gesamtflux, der während eines Filtrationszyklus einschließlich Filtrationszeiten und -pausen und/oder Rückspülzeiten erreicht wird

3.16**korrigierter Flux**

bezüglich der Temperaturabhängigkeit der Viskosität korrigierter Flux

Anmerkung 1 zum Begriff: Da der Transmembrandruck (TMD) theoretisch proportional zur Viskosität des Wassers ist, hat die Wassertemperatur großen Einfluss auf den maximal zulässigen Flux.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die folgende Gleichung liefert eine gute Näherung für die Viskosität in Abhängigkeit von der Temperatur:

$$\frac{\nu_t}{\nu_{20}} = 0,380\,4 + 0,169\,6 * EXP(0,040 * (20 - t))$$

Dabei ist

ν_t die Viskosität des Wassers bei $t\text{ °C}$

ν_{20} die Viskosität des Wassers bei 20 °C

3.17

kritischer Flux

Flux, unterhalb dessen der Permeabilitätsverlust als vernachlässigbar angesehen wird

3.18

stabiler Flux

Flux, bei dem der Transmembrandruck allmählich mit akzeptabler Geschwindigkeit ansteigt, sodass keine chemische Reinigung erforderlich ist

3.19

Fouling

Ablagerung von im Feedstrom (Zustrom) vorhandenen Feststoffen auf dem Membranelement an oder in den Poren

Anmerkung 1 zum Begriff: Fouling kann entweder reversibel oder irreversibel sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Je nach Stoff kann zwischen organischem Fouling, anorganischem Fouling und Biofouling unterschieden werden. Fouling bewirkt immer eine Leistungs- oder Permeabilitätsminderung der Membran (siehe auch Biofouling und Scaling).

3.20

Lumen

Innenraum einer Hohlfasermembran

3.21

Zwischenreinigung

Reinigung mit niedrigen Chemikalienkonzentrationen zur Aufrechterhaltung der Membranpermeabilität

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Zwischenreinigung erfolgt üblicherweise *in situ*.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei der Zwischenreinigung werden weniger aggressive Verfahren und/oder Chemikalien als bei einer Hauptreinigung angewendet.

3.22

System mit integriertem MBR

System, in dem die Membranen im Belebungsbecken platziert sind

3.23

System mit separatem MBR

System, in dem die Membranen in einem separaten Membranbecken platziert sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 3.35.

3.24

Membranelement

kleinste betriebsfähige Einheit, typischerweise in Form von Modulen, Einheiten, Racks oder Kassetten

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Membranelement könnte auch als Panel oder Kartusche bezeichnet werden.

3.25

Membranfläche

feedseitige (zulaufseitige) Fläche der Membranen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Membranfläche wird in m² angegeben.

3.26**Membranpackungsdichte**

Membranfläche je Volumeneinheit einer Membrananordnung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Membranpackungsdichte wird in m^2/m^3 angegeben.

3.27**Panel**

Flachfolienmembranelement

3.28**Permeat****Filtrat**

Teil des Feedstroms, der die Membran passiert

3.29**Permeabilität**

Eigenschaft einer Membran oder eines anderen Materials, die deren/dessen Fähigkeit, Substanzen durchtreten zu lassen, charakterisiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Permeabilität wird in $\text{l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar})$ angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Permeabilität kann auf eine Bezugstemperatur umgerechnet werden, um eine bessere Vergleichbarkeit von Werten zu ermöglichen.

3.30**korrigierte Permeabilität**

hinsichtlich des Einflusses der Temperatur auf die Viskosität korrigierte Permeabilität

Anmerkung 1 zum Begriff: Die unter Berücksichtigung einer Bezugstemperatur korrigierte Permeabilität wird in $\text{l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar})$ angegeben.

3.31**Porendurchmesser****Porengröße**

Größe oder Weite der Poren in der Membran

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Regel sind die Poren nicht einheitlich, d. h. es tritt eine relativ breite Porengrößenverteilung auf.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Porendurchmesser, bei dem die Porengrößenverteilung ein Maximum aufweist, wird als nominaler Porendurchmesser bezeichnet.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Porendurchmesser wird in μm angegeben.

Anmerkung 4 zum Begriff: Der maximale Porendurchmesser kann mithilfe der Blasenpunktmethode nach DIN 58355-2 bestimmt werden, die üblicherweise verwendet wird, um den Druck zu bestimmen, der erforderlich ist, um die ersten Luftblasen durch die Membran zu treiben. Der maximale Porendurchmesser wird dann mithilfe einer Formel berechnet.

3.32**Hauptreinigung****Intensivreinigung**

Reinigung mit hohen Chemikalienkonzentrationen zur Wiederherstellung der Membranpermeabilität

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Hauptreinigung wird entweder *in situ* oder in einem separaten Reinigungsbecken durchgeführt.

3.33

Relaxation

Unterbrechung der Permeation, während die Membran weiterhin mit Luftblasen durchspült wird

3.34

Scaling

Ablagerung (ausgefällter) anorganischer Feststoffe in oder an Membranen

3.35

separates Membranbecken

Membranbecken

Filtrationsbecken

separates Becken mit getauchten Membranen, bei dem die primäre Funktion die Filtration ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Fassungsvermögen des mit Abwasser-Belebtschlamm-Gemisch befüllten separaten Membranbeckens kann als Volumen der biologischen Behandlung angesehen werden.

3.36

Oberflächenporosität

prozentualer Anteil der von Poren eingenommenen Membranoberfläche

3.37

Transmembrandruck

TMD

Druckverlust auf der gesamten Membranfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Transmembrandruck wird in kPa oder bar angegeben. Zur praktischen Durchführung von Messungen siehe 7.4. In der Praxis beinhaltet diese Messung Verluste, die der Hydrodynamik des Systems zuzuschreiben sind.

3.38

Viskosität

Vermögen eines Fluids, inneren Bewegungen (Turbulenzen) oder globalen Bewegungen (Fließen) einen Widerstand entgegenzusetzen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Viskosität trägt zum Druckverlust bei Wasser bei, das in Rohren oder durch Membranen fließt.

Es wird unterschieden zwischen

- dynamischer (oder absoluter) Viskosität μ (Pa·s);
- kinematischer Viskosität $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ (m²/s).

Dabei ist

ρ die Dichte des Fluids (kg/m³).

3.39

Reinwasserpermeabilität

korrigierte Permeabilität einer Membran in Reinwasser

English Version

Submerged Membrane Bioreactor (MBR) technology

Technologie MBR — Bioréacteurs à membrane
immergée

Getauchte Membran-Belebungsreaktor (MBR)
Technologie

This Technical Report was approved by CEN on 4 April 2016. It has been drawn up by the Technical Committee CEN/TC 165.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels

Contents

Page

European foreword	4
Introduction	5
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms and definitions	6
4 General system — requirements.....	12
4.1 Basic considerations.....	12
4.2 Pre-treatment and internal sieving.....	14
4.3 Characteristics of biological systems used in MBR plants	15
4.3.1 General.....	15
4.3.2 Mixed liquor suspended solids (MLSS)	15
4.3.3 Hydraulic retention time (HRT (or detention time))	15
4.3.4 Sludge age (or sludge retention time (SRT))	15
4.3.5 Chemical phosphorus removal	15
4.3.6 Aeration.....	15
4.4 Membrane filtration system	15
4.5 Mixed liquor recirculation.....	17
4.6 Permeate extraction system	17
4.7 Desired effluent system.....	17
5 Material characteristics.....	18
5.1 General.....	18
5.2 Porous membranes	18
6 Configuration.....	18
6.1 Flat Sheet.....	18
6.2 Hollow fibre	19
7 Design and operating parameters	19
7.1 General.....	19
7.2 Influent characteristics.....	19
7.3 Fouling	20
7.4 Transmembrane pressure.....	20
7.5 Permeability	21
7.6 Integrity.....	21
8 Acceptance, commissioning and monitoring tests	21
9 Information and documentation.....	22
10 Interchangeability	22
10.1 Principle	22
10.2 General.....	22
10.3 Process flow diagram (PFD).....	23
10.4 Scope of supply	25
10.5 Interchangeability aspects	25

10.5.1 General	25
10.5.2 Membrane type.....	26
10.5.3 Layout	26
10.5.4 Tank.....	26
10.5.5 Draining and flushing.....	28
10.5.6 Integrity check.....	29
10.5.7 Accessibility and maintainability	29
10.5.8 Chemical cleaning.....	29
10.5.9 Process control system (PLC).....	30
Annex A (normative) Information and documentation.....	34
Annex B (informative) Example for clean water permeability test.....	38
B.1 Abstract	38
B.2 Materials and methods	38
B.2.1 Measuring apparatus	38
B.2.2 Measuring procedure	39
Annex C (informative) Example for vacuum leak test.....	40
C.1 Abstract	40
C.2 Materials and methods	40
C.2.1 Measuring apparatus	40
C.2.2 Measuring procedure	41
Annex D (informative) Example for pore diameter measurement.....	42
D.1 Abstract	42
D.2 Materials and methods	42
D.2.1 Latex solution.....	42
D.2.2 Measuring apparatus	43
D.2.3 Measuring procedure	43
Annex E (informative) Paper filtration measurement.....	45
E.1 Objective	45
E.2 Measuring method	45
Annex F (informative) Impact of pore size distribution on membrane fouling.....	47
Bibliography	48

European foreword

This document (CEN/TR 15897:2018) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 165 “Wastewater engineering”, the secretariat of which is held by DIN.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. CEN shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This document is based on the CWA 15897:2008, Submerged Membrane Bioreactor (MBR) Technology which was prepared by the CEN Workshop 34 – ‘Submerged’ Membrane Bioreactor (MBR) technology.

This document supersedes CWA 15897:2008.

Introduction

This document deals with custom designed MBR systems for more than 500 PT. It became clear that it is not possible to have interchangeable membrane modules without considering a complete system. So this led to the conclusion that this document deals with the entire membrane system rather than the membrane modules alone.

It was realized that today's market is a growing one with fast developments in membrane technology. Standards might be too early and may hamper the technological development. So it was decided at this stage to create a basic document for submerged MBR technology by means of a Technical Report.

Regarding interchangeability of MBR systems, this document especially focuses on separate membrane tanks as there is a tendency that large MBR systems (more than 10 000 m³/d) are designed with separated membrane tanks.

Although there are differences between hollow fibre and flat sheet membrane manufacturers' designs, it is believed that there is no need for separate guidelines because these are focused on membrane tanks. Furthermore, it is clear that interchangeability between hollow fibre membrane systems is not so easy and the same is true for flat sheet membrane systems. Thus, producing two sets of guidelines would be of no real benefit to interchangeability.

1 Scope

This Technical Report defines terms commonly used in the field of membrane bioreactor technology.

This document aims at submerged MBR systems for the treatment of municipal wastewater with MBR Separate Systems and MBR Integrated Systems.

This document establishes general principles for MBR filtration systems interchangeability between different MBR filtration systems from different manufacturers.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

EN 12255-11, *Wastewater treatment plants - Part 11: General data required*

EN 16323, *Glossary of wastewater engineering terms*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in EN 16323 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

NOTE Some manufacturers may use different terms for their products, but nevertheless the following terms and definitions are used in this document.

3.1 backwashing backflush backpulse

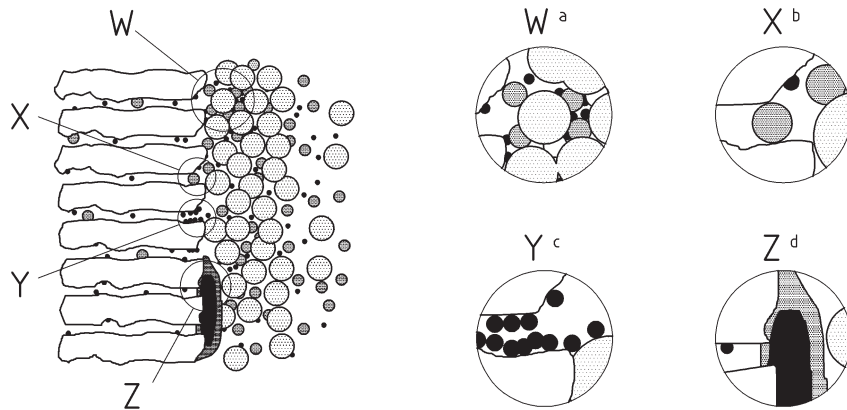
short-term reversal of the flow direction through the membrane in intervals to remove the particles accumulated during the filtration process (covering layer), usually with permeate

3.2 biofouling

development of a biofilm on the membrane surface or in the membrane due to the growth of micro-organisms

Note 1 to entry: See Figure 1.

Note 2 to entry: Biofouling causes a reduction of the performance or the permeability (see also fouling and scaling).



Key

W irreversible cake layer

X pore blocking

Y inner pore adsorption

Z biofouling

a adsorption, compaction precipitation, inclusion of colloids, etc.

b particle diameter approximately Pore diameter

c permeable substances with affinity to membrane material

d microorganisms in film consisting of EPS

Figure 1 — Principle of biofouling

3.3 cleaning interval

interval of time between successive cleanings

Note 1 to entry: Depending on the manufacturer there might be different types of cleanings (see 3.26 and 3.34).

3.4 clogging

accumulation of solids within the membrane system

3.5 concentrate

partial flow of the material mixture in which the activated sludge retained by the membrane is concentrated

Note 1 to entry: It is usually recycled as return sludge into the activated sludge tank.

3.6 covering layer

accumulation of substances retained by the membrane surface

3.7 cross flow

transverse flow which develops at the membrane surface and serves to control fouling

Note 1 to entry: The term cross flow comes from the configuration of the dry-arranged membrane systems operated in a pressure vessel. During this process, the membranes are subjected to liquid flows parallel to the surface that limit the development of a covering layer on the membrane surface.

3.8

cross flow aeration

aeration required to induce cross flow

Note 1 to entry: As a result of the two-phase flow, the effective mechanisms clearly differ from the principle of classic crossflow operation of pressure tube systems with inside flow.

Note 2 to entry: The cross flow aeration flow rate per unit membrane surface area is expressed in $\text{Nm}^3/\text{m}^2/\text{h}$.

3.9

cycle

temporal sum of filtration phase and following backwashing phase and/or relaxation phase

3.10

Dalton

Da

molecular mass relative to that of a hydrogen atom

3.11

feed flow

flow to the membrane bioreactor system at the inlet of the aeration tank

3.12

filament

single hollow fibre or capillary tube

3.13

flux

specific filtrate volume per unit surface area per time unit

Note 1 to entry: The flux is expressed in litres per square metres of membrane surface area, per hour, $[\text{l}/(\text{m}^2\text{h})]$. In some cases the abbreviation LMH is used.

3.14

flux, instantaneous

flux, gross

actual flux during filtration

3.15

flux, net

overall flux achieved during the filtration cycle including periods of filtration and relaxation and/or backwashing

3.16

flux, corrected

flux viscosity-corrected for temperature

Note 1 to entry: The water temperature has a major impact on the maximum allowable flux, due to the fact that the transmembrane pressure (TMP) is theoretically proportional to the water viscosity.

Note 2 to entry: The following equation gives a good approximate value of the viscosity vs. temperature:

$$\frac{\nu_t}{\nu_{20}} = 0,3804 + 0,1696 * EXP(0,040 * (20 - t))$$

Where

ν_t is the water viscosity at t °C

ν_{20} is the water viscosity at 20 °C

3.17

flux, critical

flux below which permeability decline is considered negligible

3.18

flux, sustainable

flux for which the transmembrane pressure increases gradually at an acceptable rate, such that chemical cleaning is not necessary

3.19

fouling

deposition of existing solid material in the feed stream on the element of the membrane at or in the pores

Note 1 to entry: Fouling can either be reversible or irreversible.

Note 2 to entry: Depending on the material involved, a distinction can be made between organic fouling, inorganic fouling and biofouling. Fouling always results in a reduction of the performance or the permeability of the membrane (see also biofouling and scaling).

3.20

lumen

interior of a hollow fibre membrane

3.21

maintenance cleaning

cleaning with low concentrations of chemicals to maintain membrane permeability

Note 1 to entry: Maintenance cleaning is usually carried out *in situ*.

Note 2 to entry: Maintenance cleaning uses less aggressive procedures and/or chemicals than recovery cleaning.

3.22

MBR integrated system

system where the membranes are placed in the aeration tank

3.23

MBR Separate System

system where the membranes are placed in the separate membrane tank

Note 1 to entry: See 3.35.

3.24

membrane element

smallest unit of operation typically combined in assemblies known as modules, units, racks or cassettes

Note 1 to entry: A membrane element could also be called a panel or cartridge.

3.25

membrane area

feed side area of the membranes

Note 1 to entry: The membrane area is expressed in m^2 .

3.26

membrane packing density

membrane area per unit volume of a membrane assembly

Note 1 to entry: The membrane packing density is expressed in m^2/m^3 .

3.27

panel

flat sheet membrane element

3.28

permeate

filtrate

portion of the feed stream that passes through the membrane

3.29

permeability

property of a material characterising its ability to selectively permit substances to pass through it

Note 1 to entry: The permeability is expressed in $\text{l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar})$.

Note 2 to entry: The permeability can be corrected to a reference temperature in order to allow a more accurate comparison of values.

3.30

permeability, corrected

permeability corrected for the effect of temperature on viscosity

Note 1 to entry: The corrected permeability is expressed in $\text{l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar})$ considering a reference temperature.