

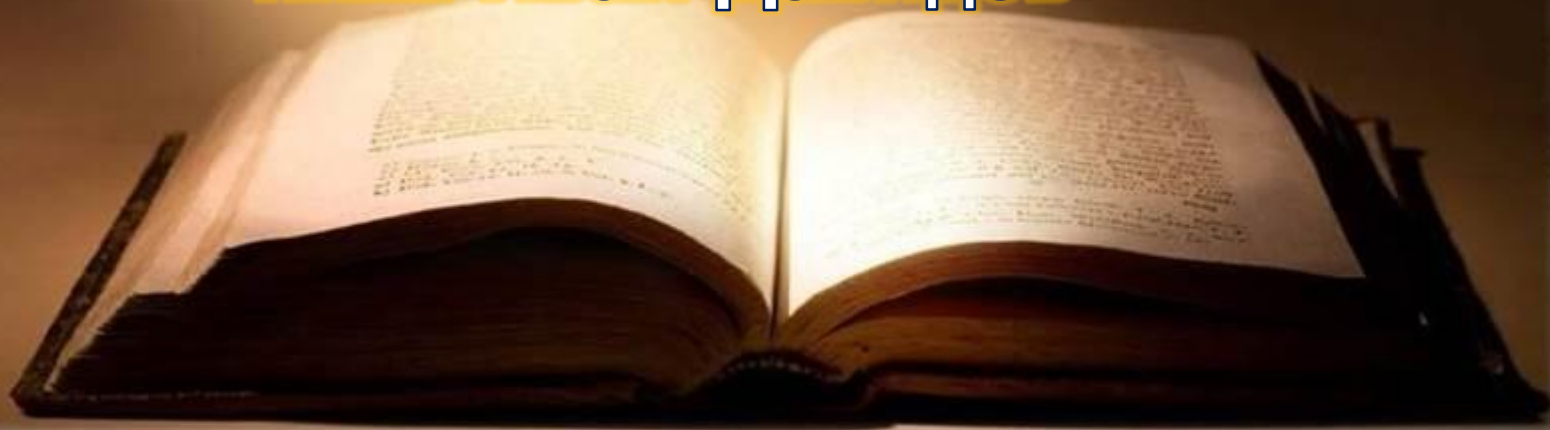


УНИВЕРСИТЕТ
ПО АРХИТЕКТУРА
СТРОИТЕЛСТВО
И ГЕОДЕЗИЯ



ОТСТРАНЯВАНЕ НА АЗОТ ОТ ОТПАДЪЧНИ ВОДИ ЧРЕЗ СЪОРЪЖЕНИЯ С ПРИКРЕПЕНА БИОМАСА

инж. Иван Давидов



БЪЛГАРСКА
АСОЦИАЦИЯ ПО
ВОДИТЕ



НТИ
BULGARIA



Биологично пречистване

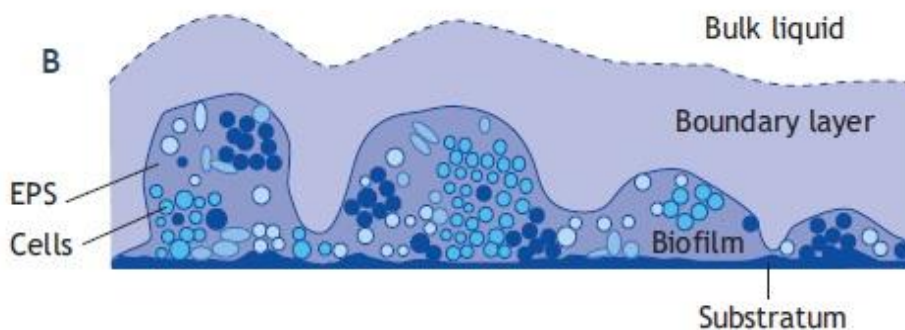
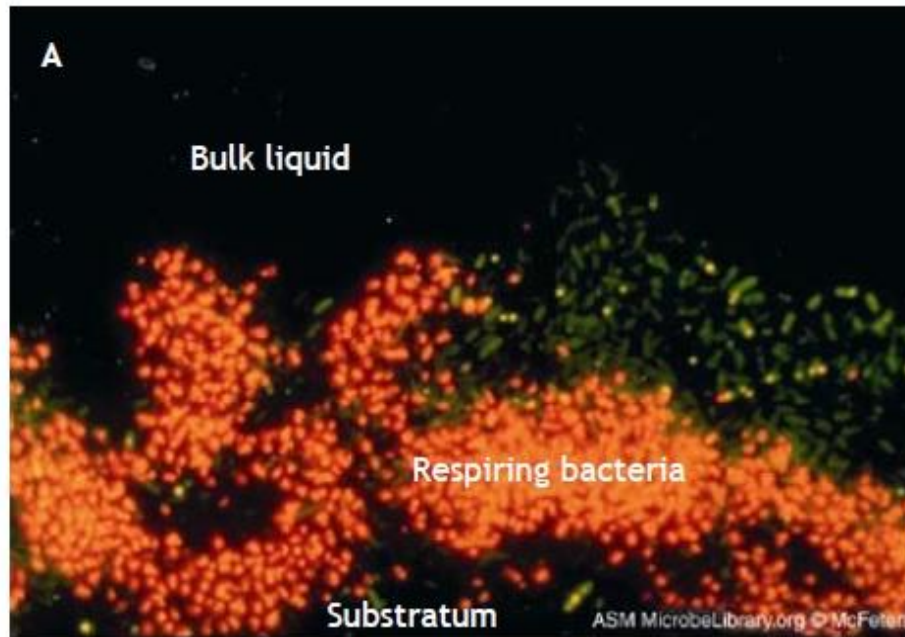
- Процесите на биологично пречистване имат следните особености:
- 1) микроорганизмите трябва да бъдат концентрирани в системата за третиране на водите;
- 2) те трябва да бъдат отстранени от третираната вода преди тя да напусне системата.

В технологичните схеми с активна утайка микроорганизмите се развиват като суспендирани флокули и това поражда необходимост от система за отделянето им от третираната вода и връщането им обратно в съоръженията за биологично пречистване (утаители или мембрани). В реакторите с прикрепена биомаса, микроорганизмите се развиват върху повърхността на пълнежен материал. Поддържането на активната биомаса не се нуждае от утаител. Развитието на биологичната ципа зависи от отношението приръст на биомаса към изваждането ѝ (възрастта на утайката). Концентрацията на микроорганизми в реакторите с прикрепена биомаса е в пъти по-голяма от тази в реакторите със суспендирана биомаса.

Класификация на биореакторите

Реактори със суспендирана биомаса	Хибридни реактори	Реактори с прикрепена биомаса
С активна утайка	Комбинирани реактори с механично разбъркване	Капещи филтри
СБР	Комбинирани реактори с неподвижен филтърен материал	Въртящи се биоконтактори
Мембранни биореактори		Потопени аерирани биофилтри
		Биофилтри с флуидизиран слой

Строеж на биофилмите



Различават се четири слоя на биофилма

1. Течност;
2. Граничен слой;
3. Биофилм;
4. Филтърен материал.

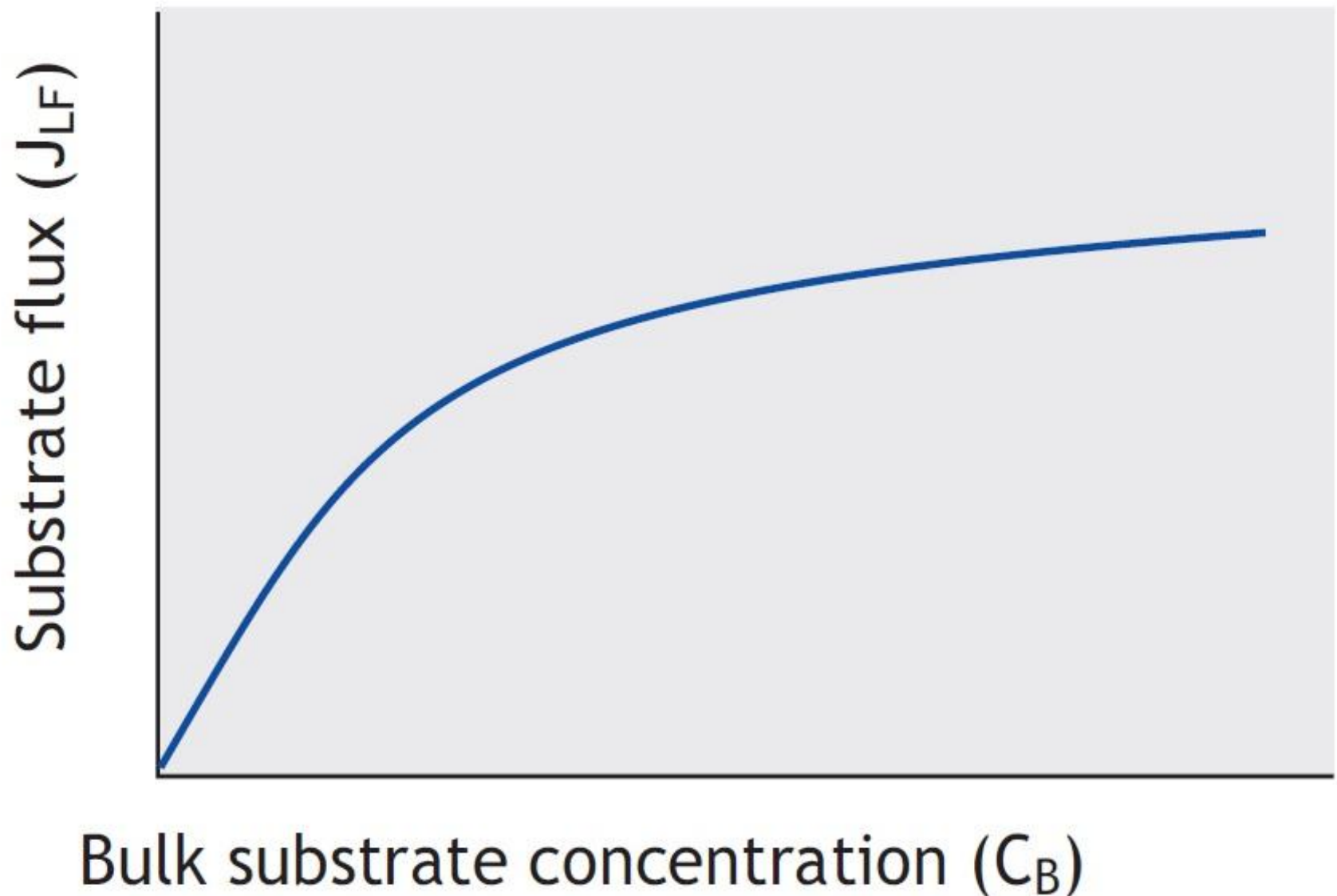
Характеристики на биофилмите

- Масовият пренос на субстрати и акцептори на кислород в рамките на биологичната ципа е базиран на молекулярна дифузия
- Процесът е по-бавен в сравнение с процеса на усвояване на субстрата, водейки до формиране на субстратен градиент
- Последствието от този градиент е, че отстраняването на органичните вещества от отпадъчната вода е лимитиран от скоростта на транспортирането им в биофилма
- От друга страна, субстратния градиент позволява формирането на различни биологични ниши в зависимост от локалните концентрации на органични вещества и акцептори на кислород
- Установяването на зависимостта на субстратния градиент е необходимо за да се разбере цялостното действие на системата

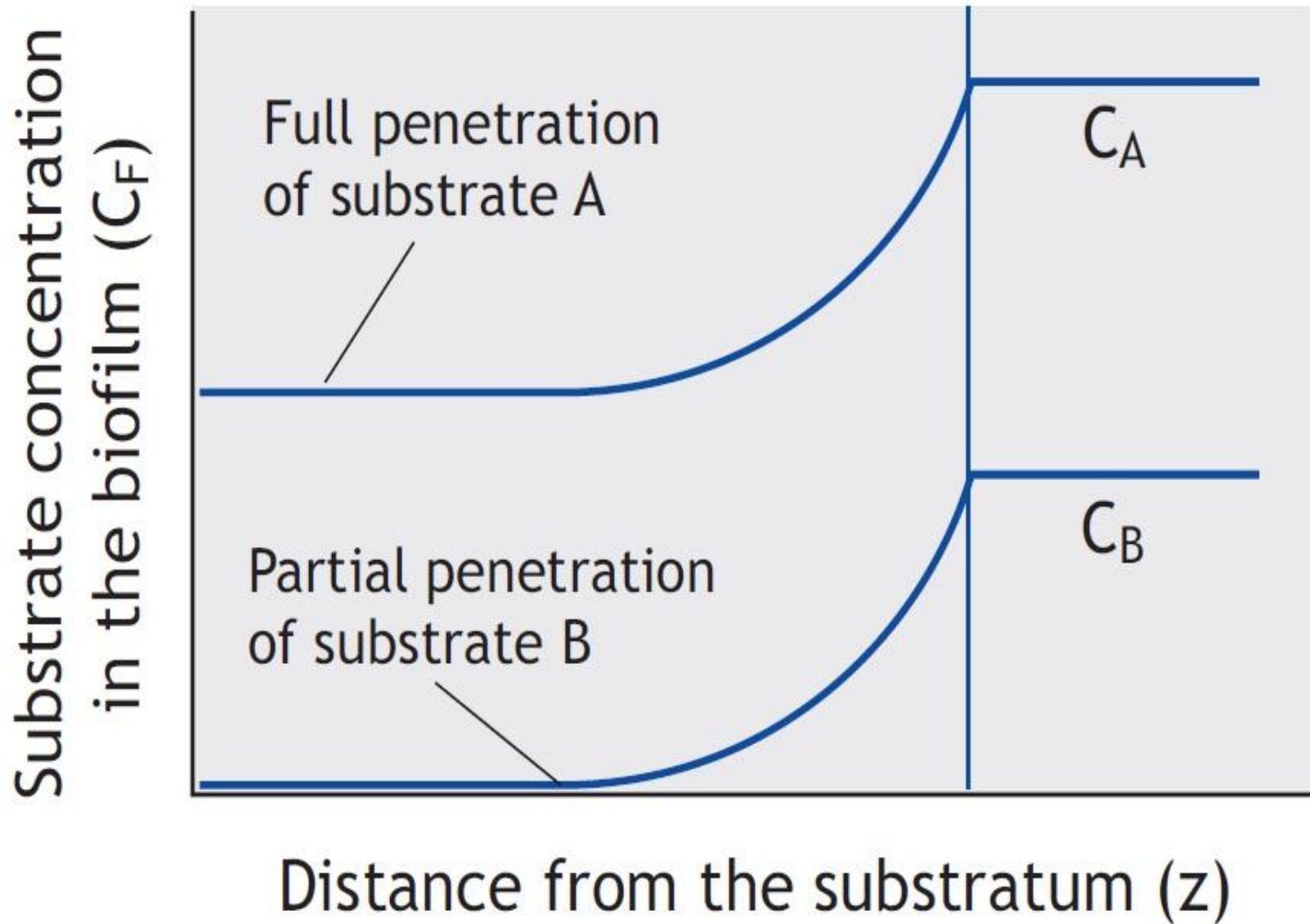
Обосновка за моделирането на биофилми и как да изберем подходящ математичен подход за моделиране

- Разработени са редица от математически модели за проектиране на съоръжения с прикрепена биомаса, които се различават по:
 - процесите, протичащи в биофилма
 - информацията, получена от модела
 - ресурсите, необходими за решаване на модела
- Те варират от прост анализ до комплекси мултидименсионни числени модели. Изборът на модел е предхождан от ясно дефиниране на конкретната необходимост.
- Изборът на правилния подход е свързан с необходимата детайлност и сложност на модела. Най-често за окисление на въглеродните съединения е достатъчен хомогенен, еднодименсионален модел. За оценка на конкуренцията между хетеротрофни и автотрофни микроорганизми за необходимия субстрат и местоположение е необходим подход, описващ разпределението на микроорганизмите в слоя биомаса.

Снижение на субстрата като функция на концентрацията му в отпадъчните води



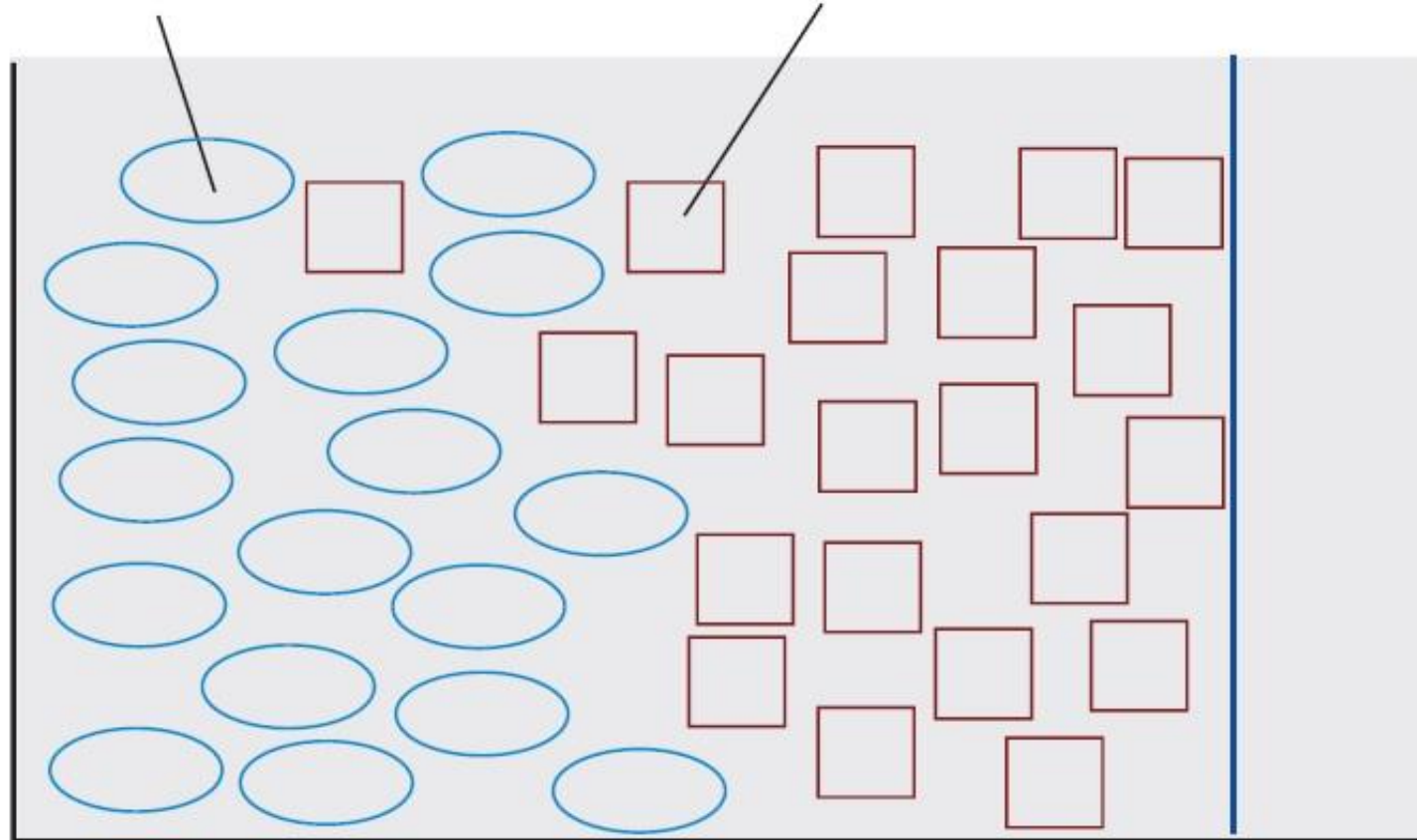
Многокомпонентна дифузия



Разпределение на микроорганизмите

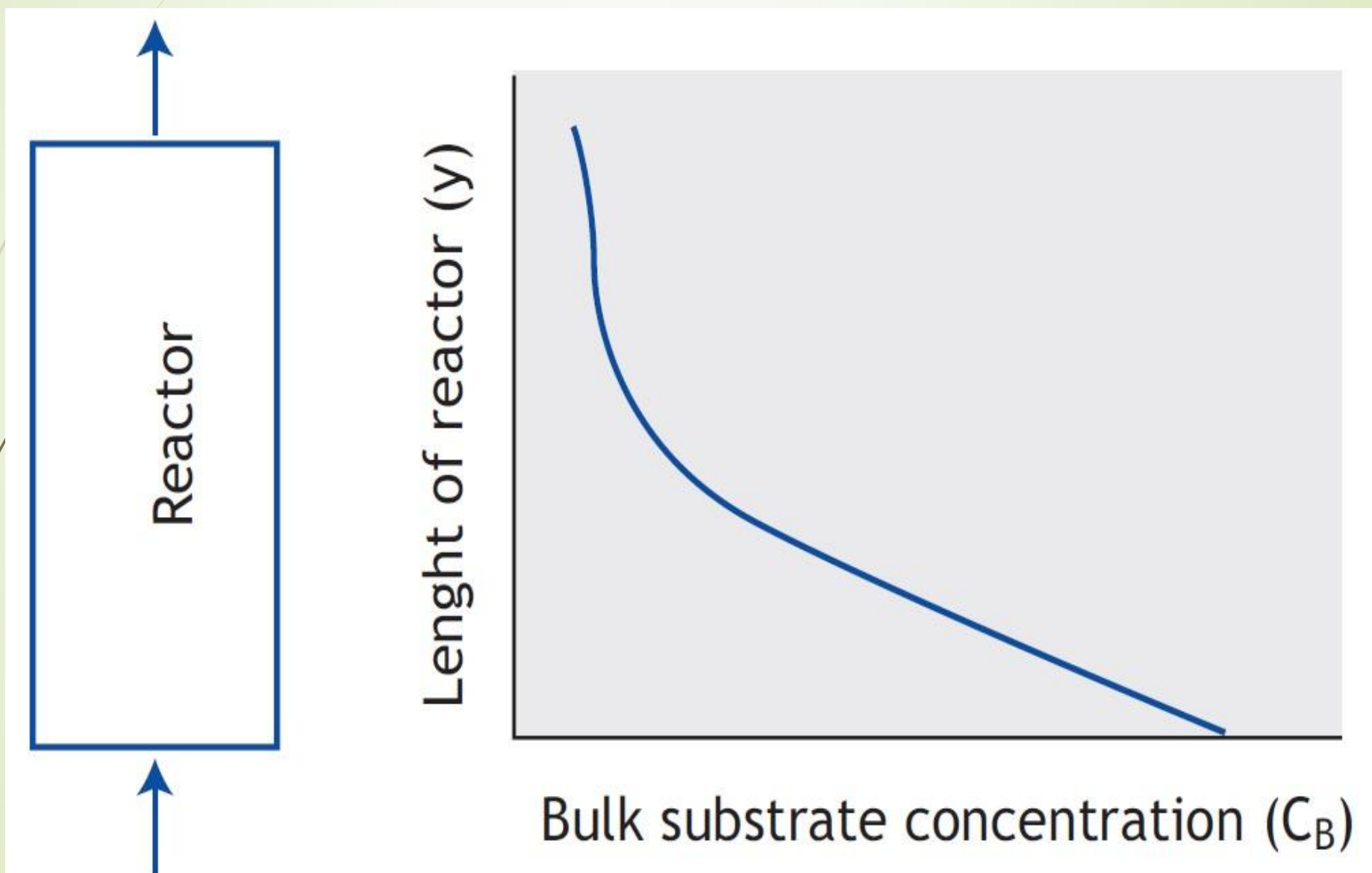
Organism A dominates at
bottom of biofilm

Organism B dominates at
surface of biofilm



Distance from the substratum (z)

Цялостно действие на реактора с прикрепена биомаса





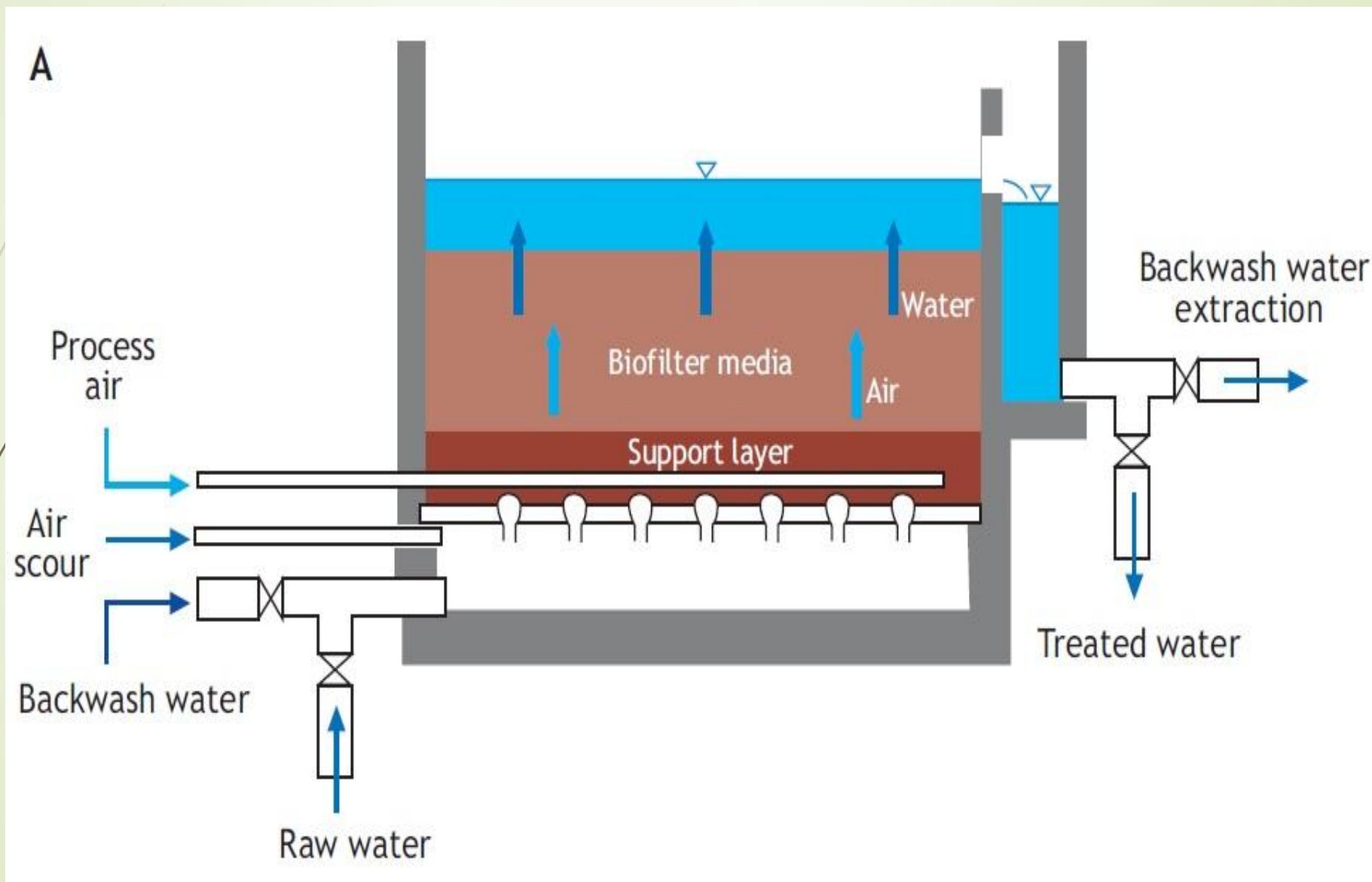
Реактори с прикрепена биомаса за биологично пречистване на води

- Класически съоръжения – капещи биофилтри и въртящи се биоконтактори
- Модерни съоръжения – потопени биореактори и биореактори с флуидизиран слой
- Интересът към реакторите с прикрепена биомаса е породен от факта, че може да бъде постигната по-висока концентрация на биомаса, което води до по-кратък времепрестой на третираната вода, в сравнение със съоръженията с активна биомаса със същата възраст на утайката. Въпросната висока концентрация се постига чрез използване на материал с висока специфична повърхнина.

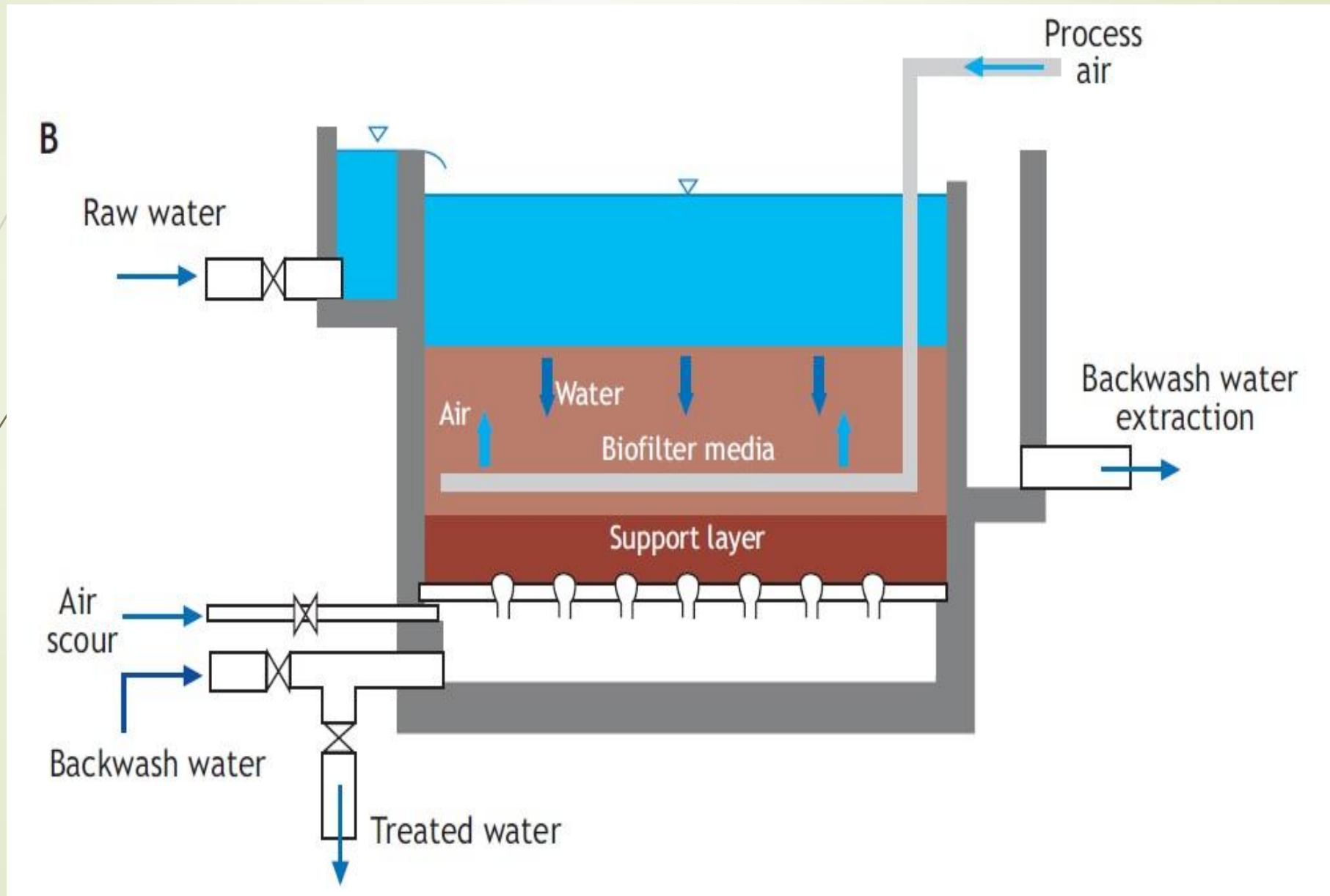
Потопени аерирани биофилтри

- Технологията се основава на използването на филтърен материал с малки размери (2 – 8 mm) и голяма специфична повърхнина (1 000 – 3 000 m²/m³), който е изцяло потопен
- За оптимална експлоатация на съоръженията е необходимо стриктно да бъде контролирана дебелината на биофилма, за да се избегне задръстване (колматиране) на филтърния материал
- Отстраняването на излишната биомаса се осъществява чрез периодично промиване на биофилтъра с вода или с вода и въздух
- За осъществяване на пречистването е необходимо в реактора да бъде подаван въздух, който да снабди системата с кислород

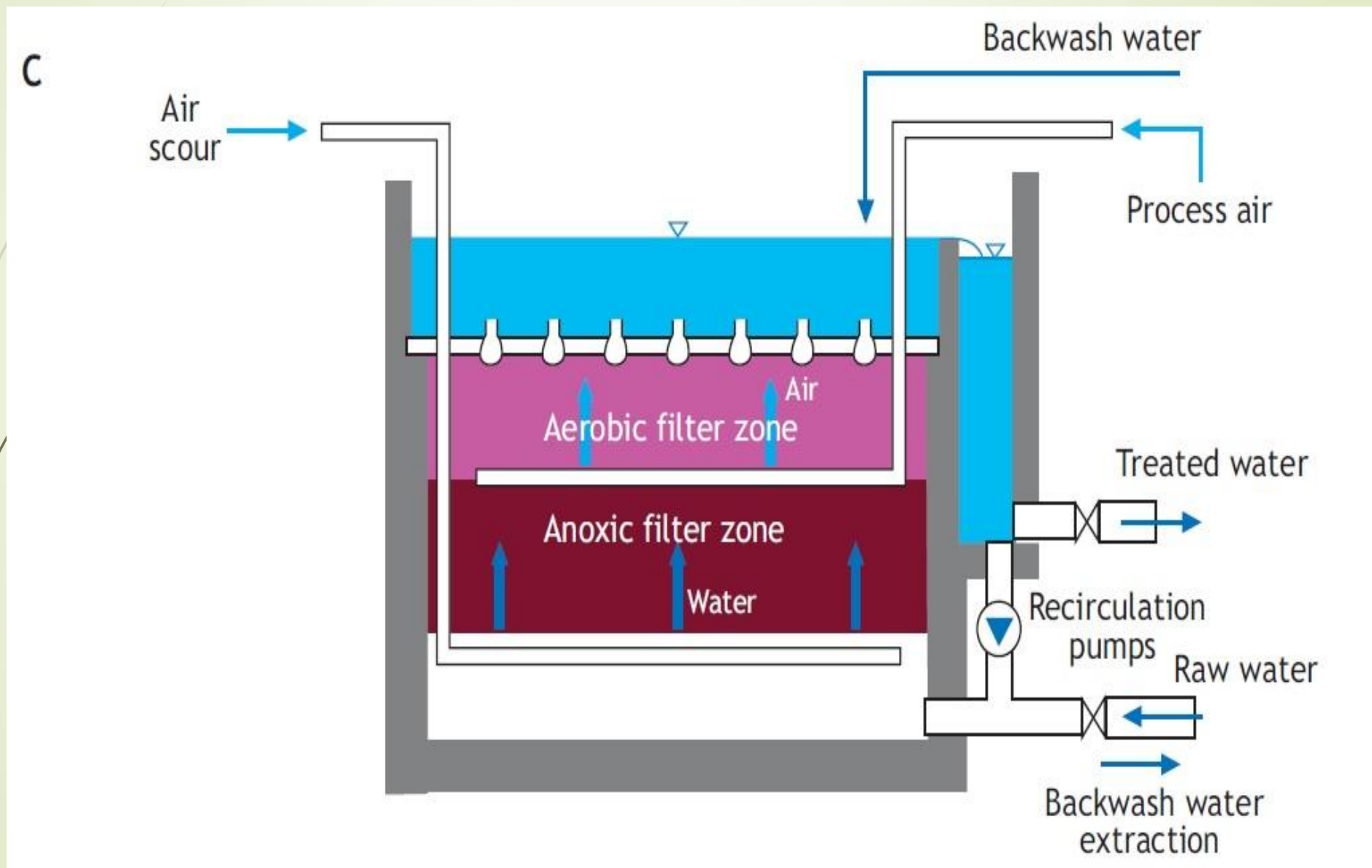
Технологична схема №1



Технологична схема №2



Технологична схема №3





Фактори, влияещи на производителността

- Факторите, влияещи на производителността на потопените биофилтри са сходни с тези, влияещи на производителността на останалите биологични процеси на пречистване. Тези, с най-голямо значение, са:
 - общо обемно натоварване
 - снижение на субстрата и повърхностно натоварване
 - хидравлично натоварване
 - концентрация на разтворен кислород

Общо обемно натоварване

- **Общо обемно натоварване** – представлява отношението на количеството подаден субстрат за единица време към обема на биореактора. Когато субстрата е органичен, параметъра се нарича **общо органично натоварване**

- $$TOL = \frac{F(S_{SO} + X_{SO})}{V_M}, \left(\frac{kgBOD_5}{m^3 \cdot day} \text{ или } \frac{kgCOD}{m^3 \cdot day} \right), \text{ където:}$$

- S_{SO} и X_{SO} са концентрациите на лесно и бавно разградимия субстрат

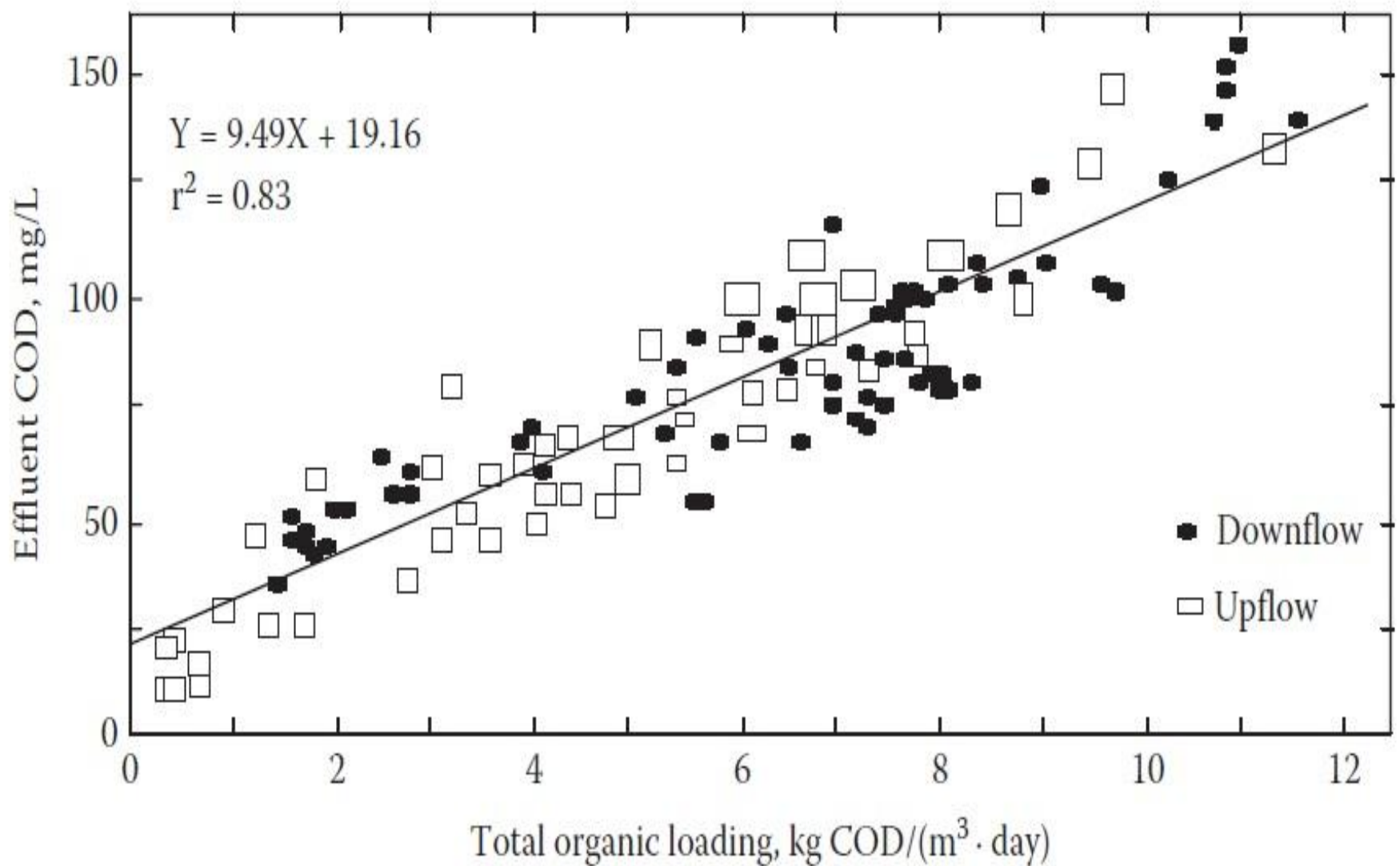
- F е водното количество

- V_M е обема на филтърния материал

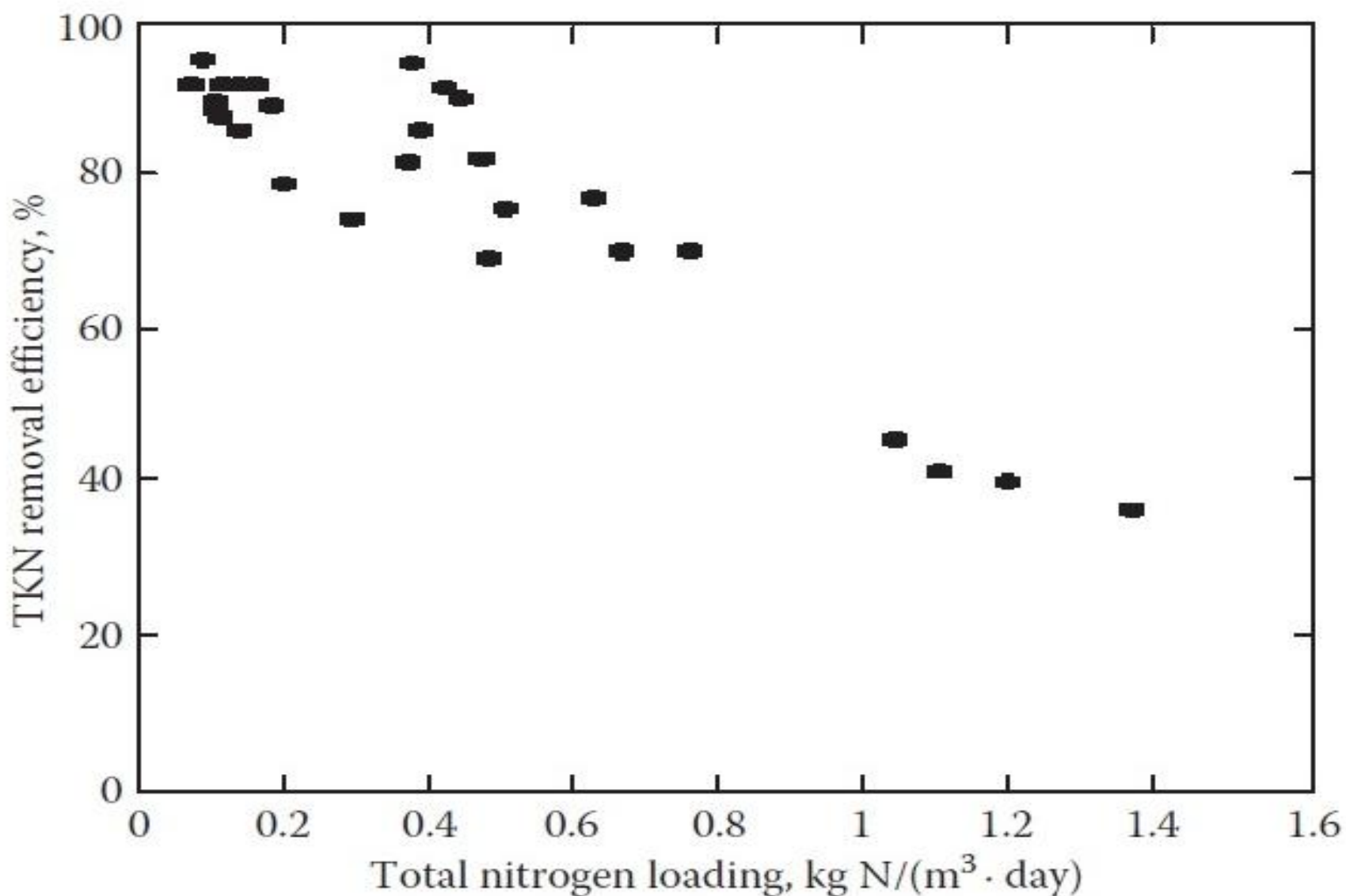
- **Общо натоварване по азот** – изчислява се по идентичен начин, като за субстрат се приема азот по Келдал (TKN).

- $$TNL = \frac{F(S_{NHO} + S_{NSO} + X_{NSO})}{V_M}, \frac{kgTKN}{m^3 \cdot day}$$

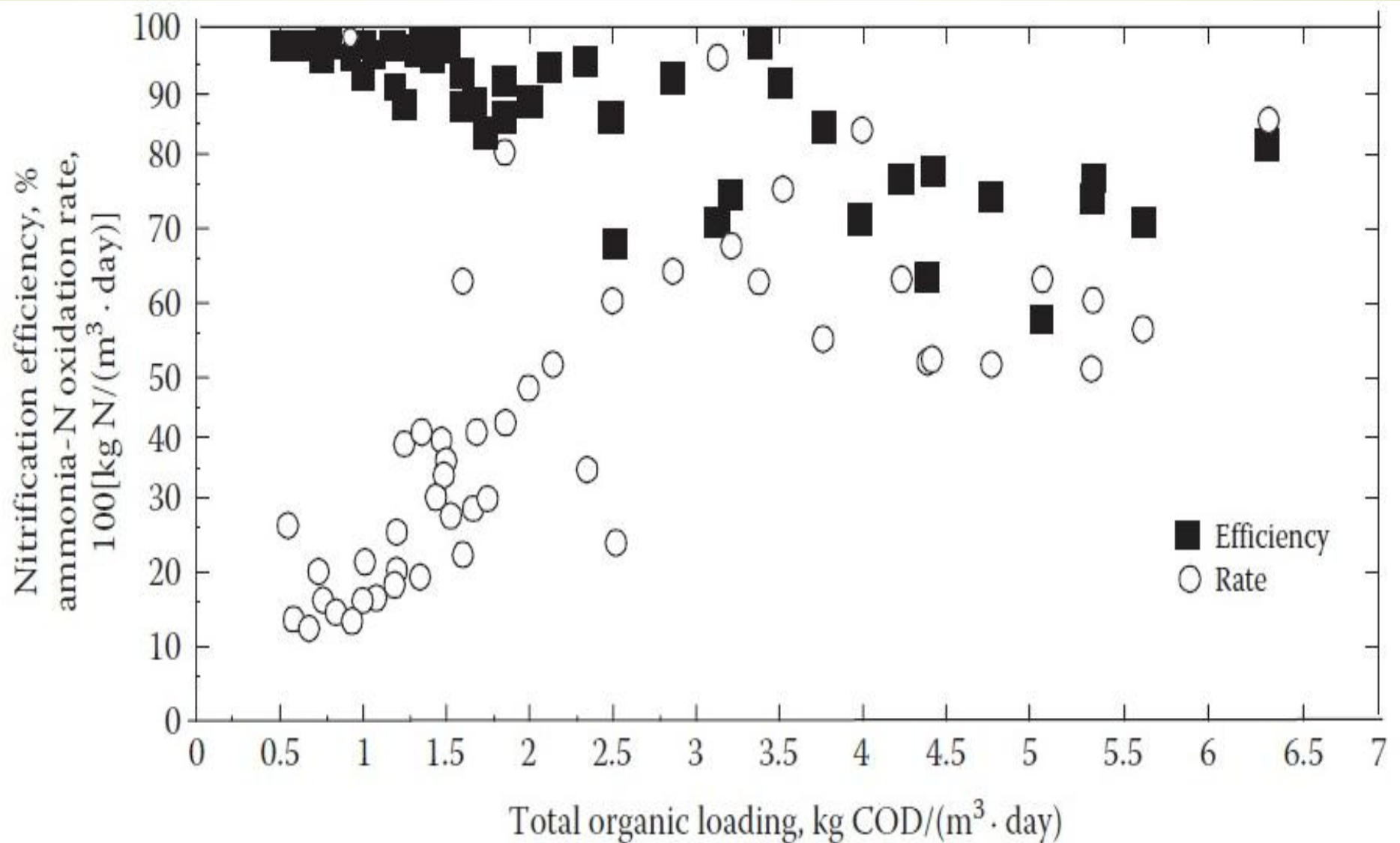
Връзка между общо органично натоварване и органично съдържание в пречистените води



Връзка между общо натоварване по азот и азотно съдържание в пречистените води



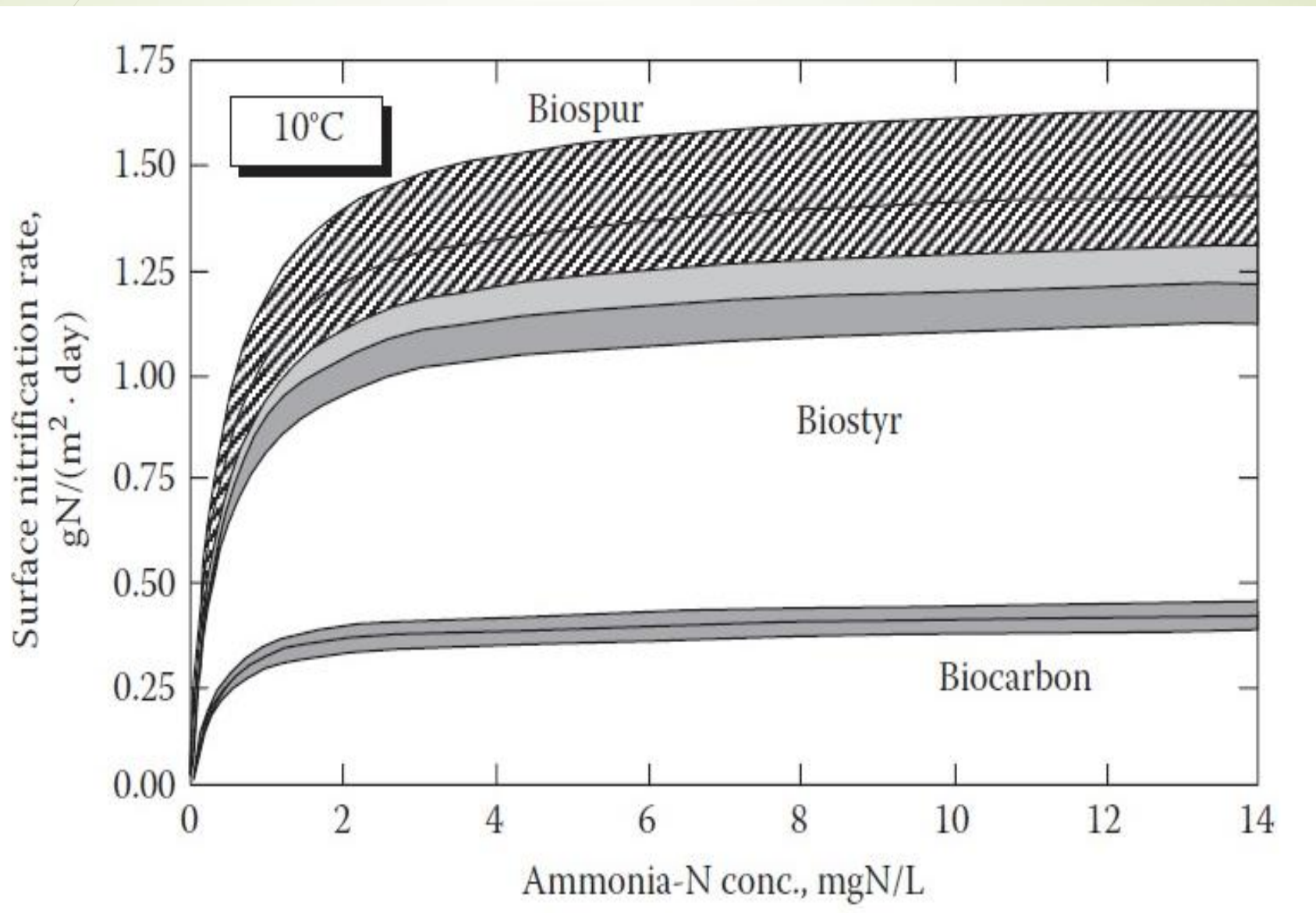
Връзка между общо органично натоварване и ефект на нитрификация (степен на окисление)



Повърхностно органично натоварване

- **Повърхностно органично натоварване** – представлява отношението на количеството подаден субстрат за единица време към специфичната повърхнина на филтърния материал на биореактора
- $SOL = \frac{F(s_{SO} + X_{SO})}{A_s}$, ($\frac{kgBOD_5}{m^3 \cdot day}$ или $\frac{kgCOD}{m^3 \cdot day}$) където:
- S_{SO} и X_{SO} са концентрациите на лесно и бавно разградимия субстрат
- F е водното количество
- A_s е специфичната повърхнина на филтърния материал

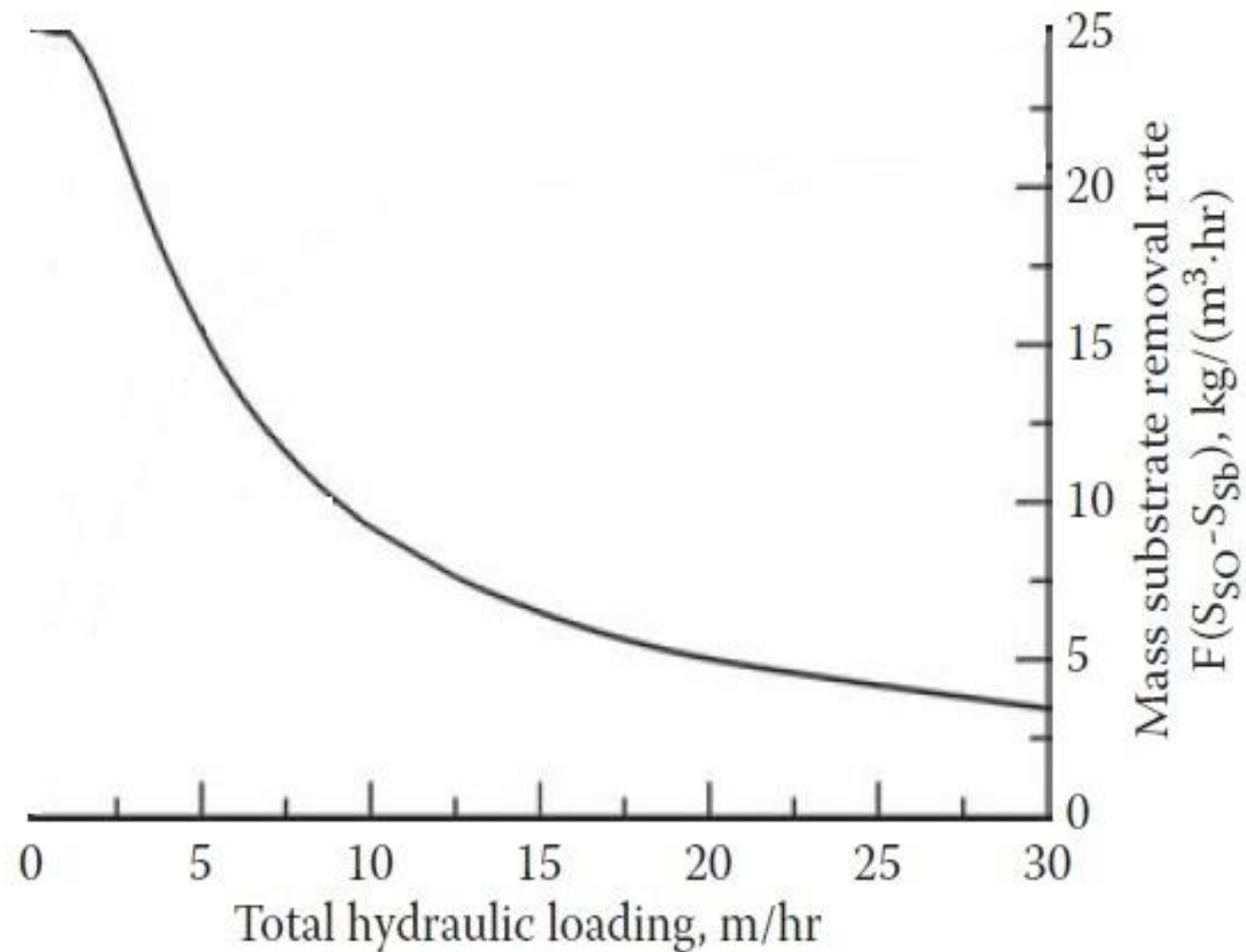
Връзка между концентрация на амонячен азот и повърхностна степен на нитрификация



Общо хидравлично натоварване

- **Общо хидравлично натоварване** – представлява обема вода, подаден към 1 m^2 от биофилтъра за единица време.
- $THL = \frac{F(1+\alpha)}{A_c}$, $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{day}} \right)$, където
- F е водното количество
- A_c е напречното сечение на биофилтъра

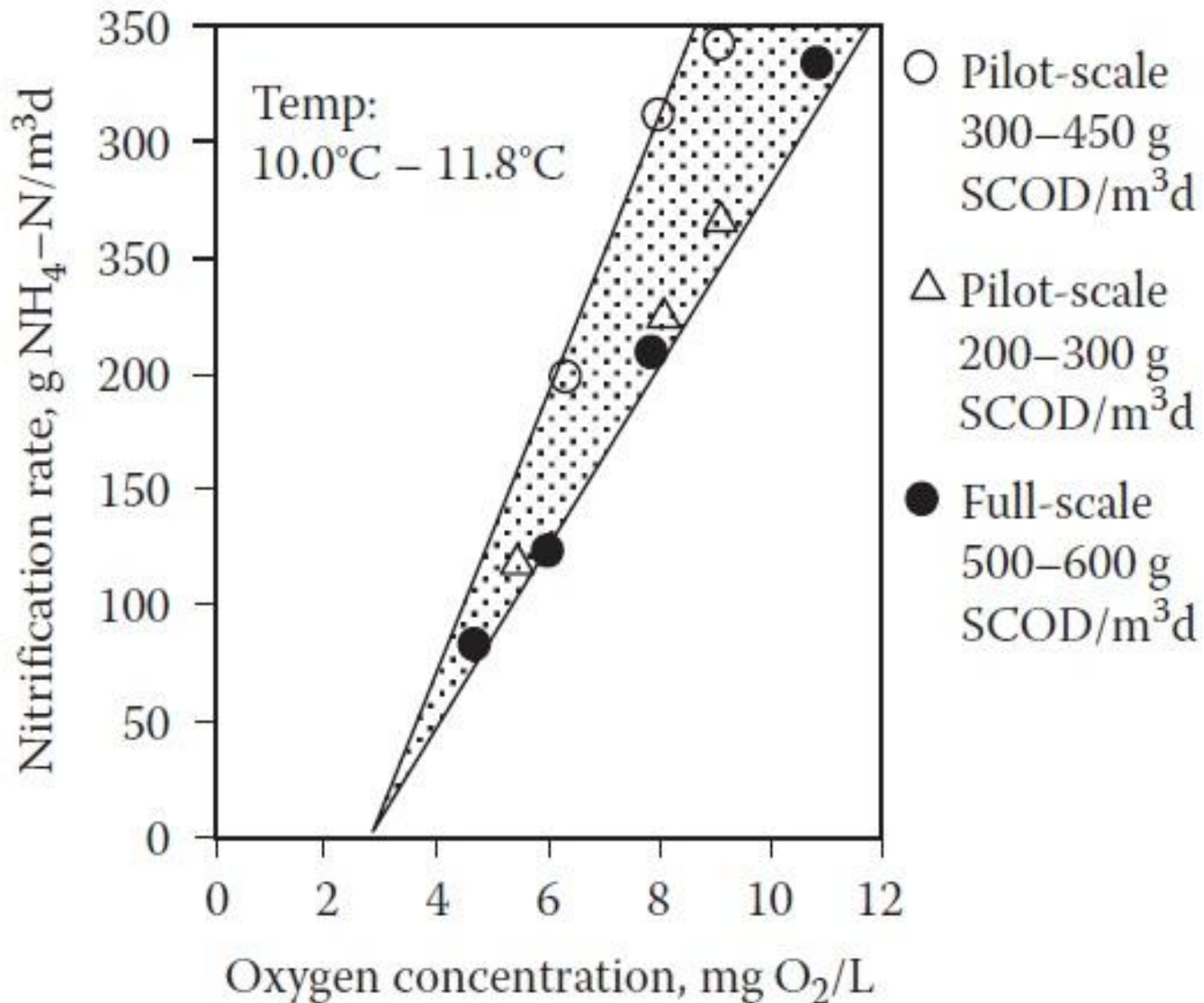
Връзка между общо хидравлично натоварване и скорост на снижение на субстрата



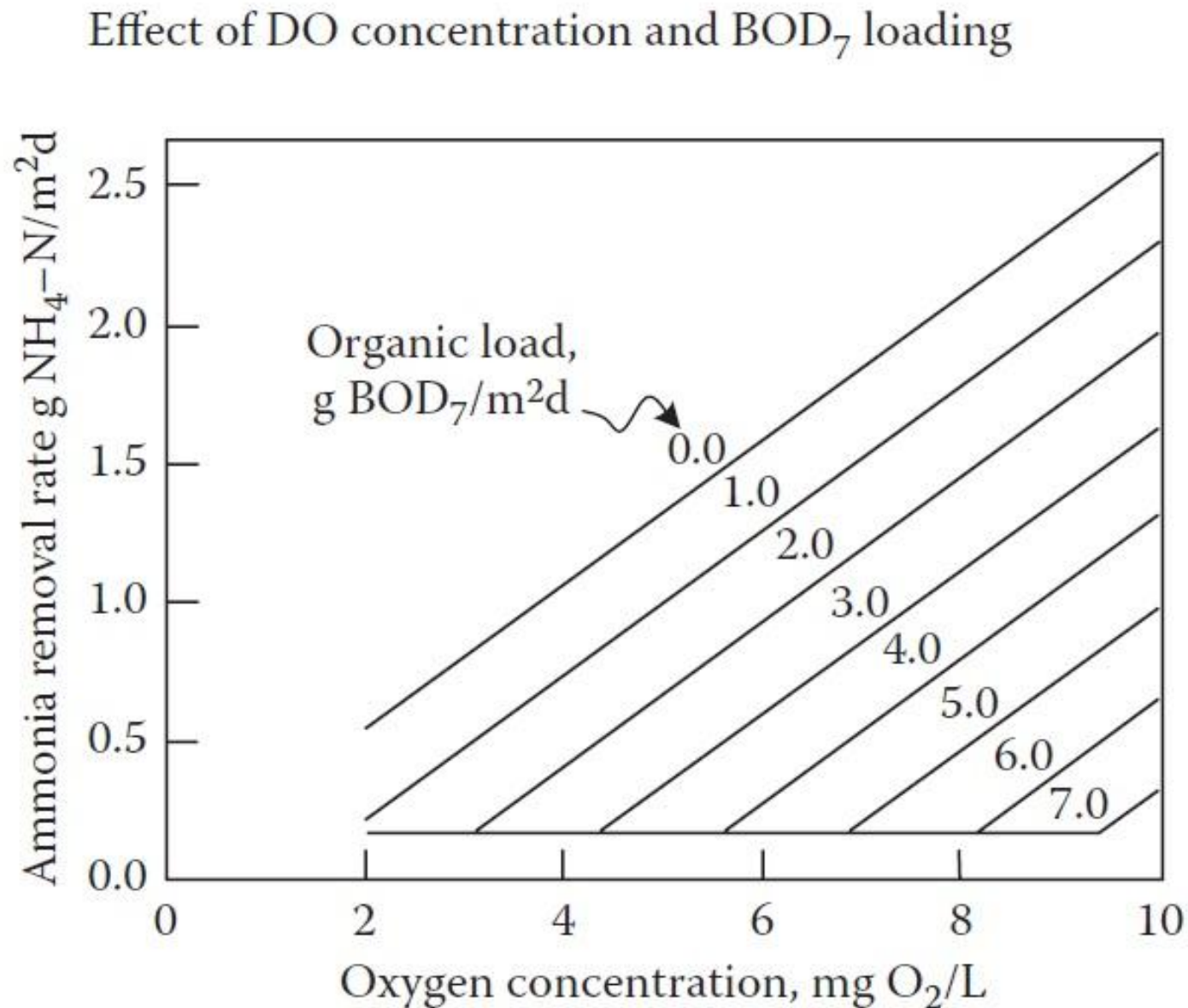
Концентрация на разтворен кислород

- **Концентрация на разтворен кислород** – в сравнение с биореакторите със суспендирана биомаса, при потопените аерирани биофилтри е необходима по-висока концентрация, за да се осъществи масовия транспорт на кислород във вътрешността на биофилма
- Концентрациите на електронни донори и електронни акцептори се изменят в дълбочина на биофилма. Това означава, че може да се осъществи процес на денитрификация, независимо от факта, че концентрацията на кислород в третираната вода е висока

Връзка между концентрация на кислород и скорост на нитрификация



Ефект на концентрациите на кислород и БПК при снижението на амонячен азот



Други фактори

- Както при всички биологични процеси, така и при потопените аерирани биофилтри, факторите, влияещи на процесите са много – температура, рН, наличие на субстрат и много други.
- Реакторите с прикрепена биомаса са по-устойчиви към температурните промени в сравнение с реакторите с активна утайка.
- Стойностите на рН трябва да бъдат в оптималните граници за съществуване и развитие на микроорганизмите.

Оразмеряване на потопени аерирани биофилтри

- Оразмеряването на потопени аерирани биофилтри е емпирично. Зависимостите между натоварване и производителност се използват за избор на обемните или повърхностните натоварвания
- Чрез този метод се определя обемът на филтърния материал, необходим за снижението на замърсителите до желаните стойности. Конфигурацията на биореакторите в последствие се избира спрямо хидравличното натоварване. Излишната биомаса и необходимия кислород за хетеротрофите се изчисляват на база прираст на биомаса ($Y_{n,T}$) и стехиометричния коефициент за необходимия кислород (Y_{O_2})
- При проектиране на процес на нитрификация, необходимостта от кислород (RO_A) също трябва да бъде определена

Оразмеряване на потопени аерирани биофилтри

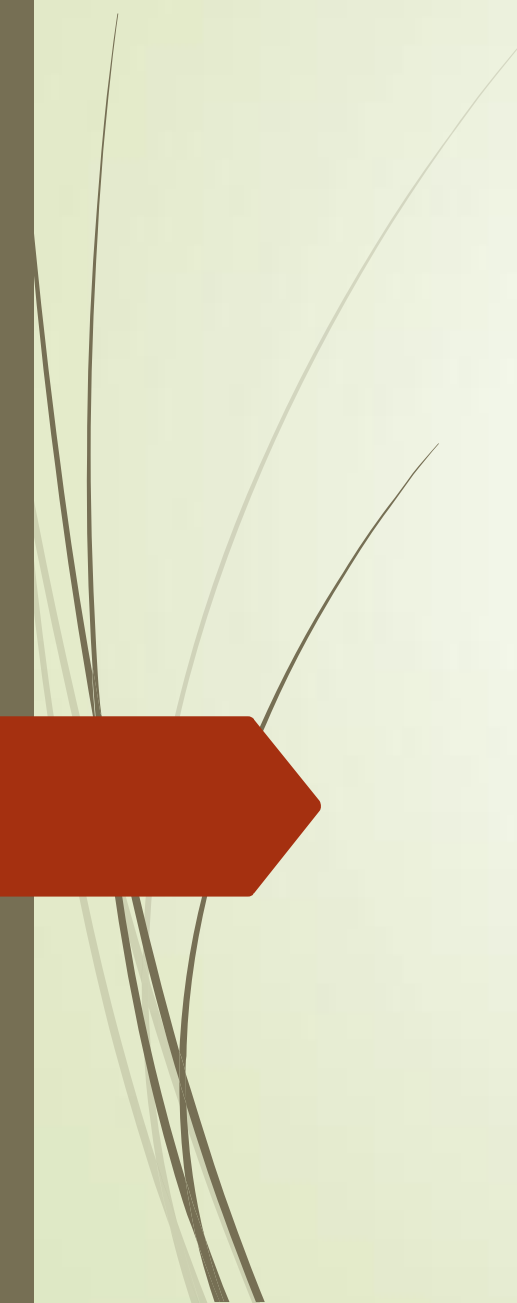
- Прираст на биомаса – $W_{M,T} = FY_{n,T}(S_{SO} + X_{SO})$
- Необходим кислород за снижение на органичните замърсители –
 $RO = FY_{O_2}(S_{SO} + X_{SO})$
- Необходим кислород за нитрификация –
 $RO_A = 4,57F \cdot (S_{N,a} - S_{NH})$
 - $S_{N,a}$ е концентрацията на азот по Келдал
 - $S_{NH} = 0,1Y_{n,T} = 0,025(COD_{in} - COD_{out})$

Обобщена методика за оразмеряване (1)

- Избор на технологична схема и определяне на натоварванията (минимална, максимална и обичайна температура; минимални, максимални, средни и оразмерителни стойности на постъпващата отпадъчна вода и концентрация на замърсителите; необходима степен на пречистване)
- При необходимост се преобразуват натоварванията (от БПК₅ се определя биоразградимото ХПК)
- Избор на концентрации на замърсители в пречистената отпадъчна вода
- Избор на типа реактор съгласно необходимата технология – окисление на органичните съединения, окисление на въглерод съдържащите съединения и нитрификация, нитрификация
- Определяне на необходимия обем на реактора

Обобщена методика за оразмеряване (2)

- Определяне на височината на филтърния материал спрямо хидравличното натоварване на биореактора
- Определяне на конструктивните размери на реактора
- Изчисляване на необходимия кислород и проектиране на аерационната система
- Определяне на излишната утайка
- Ако се предвижда предденитрификация, необходимо е да се определи обема на филтърния слой. В случай на постденитрификация, освен обема се изчислява и количеството метанол



Благодаря Ви за Вниманието