

### النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

تلعب النباتات المائية عدة أدوار ضمن أحواض المعالجة بالنباتات المائية والدور الرئيسي للنباتات المائية هو طبيعة عملها كمحفزات لعمليات التنقية. إن عملية التنقية تنتج عن مزيج من العمليات الميكروبية و الكيميائية و الفيزيائية. إن النباتات لا تلعب دورا هاما في الإزالة المباشرة لبعض المكونات مثل النتروجين والفوسفور أو المواد العضوية ولكن يمكن الحديث عن المساهمة بالتخلص من 10% - 20 منها أثناء فترة نمو النباتات. و بنفس الوقت فان النباتات تعطي دعما فعالا للنمو البكتيري على الجذور بمنطقة الجذر كما أن الهواء يتم توجيهه إلى منطقة الجذور ضمن النبات بواسطة آليات متعددة. كما أن النباتات تلعب دورا في الحفاظ على الناقلية الهيدروليكية ضمن الأحواض وهذا يمنع الجريانات القصيرة من الحدوث.

توجد أنواع مختلفة من النباتات المستخدمة في المعالجة تم تصنيفها ضمن مجموعات النباتات العائمة ذات الجذور المثبتة في التربة، النباتات ذات الجذور المغمورة والسوق والأوراق الظاهرة، النباتات المغمورة كليا بالمياه، النباتات القصبية ذات البنية الخشبية، النباتات القصبية ذات البنية العشبية، والنباتات الطافية ذات الجذور المعلقة ... الخ، وعادة يتم استخدام النباتات المتوفرة في منطقة إنشاء المحطة نظرا لتكيفها مع ظروف المنطقة. العديد من علماء البيئة و النباتات أطلقوا تعابير متنوعة على النباتات التي تنمو في الأراضي الرطبة.

#### 1- Emergent Macrophytes:

و هي النباتات الكبيرة ذات الجذور المغمورة و السوق الطويلة و الأوراق الظاهرة . و تعتبر هذه النباتات شائعة الاستخدام ضمن الأراضي الرطبة و السبخات حيث تنمو ضمن منسوب مياه بعمق 0.5 متر أسفل التربة إلى مياه سطحية بعمق 1.5 متر أو أكبر. ومن الأمثلة على هذه النباتات القصب (Phragmites) ونبات (Typha). إن الجذور والسوق الأرضية (Rhizomes) في هذه النباتات توجد بشكل دائم ضمن منطقة الترسبات و بحالة لاهوائية هي بحاجة للحصول على الأكسجين من الهواء عبر أجزاء النبات الهوائية لاستمرار النمو. و بشكل مشابه فإن الأوراق التي تكون تحت سطح الماء عليها أن تكون قادرة على التنفس اللاهوائي لفترة قصيرة حتى تتأمن البيئة الجوية الهوائية (Aerial Habitat) لاسما و أن محتوى الأوكسجين ضمنى الماء منخفض جدا "إذا ما قورن بالهواء الجوي.

#### 2- Submerged Macrophytes:

و هي نباتات كبيرة مغمورة بالماء، و هي تنمو بمختلف الأعماق شرط وصول الضوء إليها. و تنتمي إلى مجموعة النباتات متغايرة الأطوار (Heterogenous Group) وجودها ضمن المياه بشكل دائم و ضعف الضوء ضمن المياه أدى إلى حدوث تغييرات في بنيتها بحيث أصبحت تتكيف مع النمو و التكاثر ضمن المياه و هي مغمورة.

### 3- النباتات الطافية الحرة Floating Leaved Macrophytes::

وهي النباتات الطافية ذات الأوراق و تتضمن النباتات الطافية الحرة أو الطافية ذات الجذور . هذا النوع من النباتات يعيش على سطح الماء و له أنواعا "كثيرة حسب الظروف البيئية المناسبة .و غالبا "ما تكون النبتة على سطح الماء و جذورها تمتد ضمن الماء و هذه الجذور إما أن تكون قصيرة او طويلة نوعا ما وهناك نوع من هذه المجموعة يدعى " Eichhornia crassipes " يتصف بأنه النبات الأسرع نموا "في العالم .

أساسيات و مبادئ إزالة الملوثات بمحطات المعالجة بالنباتات

#### 1- دور النباتات المائية في محطات المعالجة بالنباتات :

يعتبر وجود النباتات الكبيرة كالقصب مثلا "أحد أهم السمات المميزة لمحطات المعالجة بالنباتات مقارنة مع الأنظمة الطبيعية الأخرى المستخدمة لمعالجة مياه المجاري مثل برك الأكسدة .تمتلك النباتات التي تنمو ضمن محطات المعالجة بالنباتات الأراضي الرطبة العديد من المزايا الخاصة بعملية المعالجة مما يجعلها عنصرا "أساسيا "في مثل هذه المحطات .الجدول التالي يلخص دور النباتات ضمن محطات الأراضي الرطبة محطات المعالجة بالنباتات:

خصائص النبات	الأهمية في المعالجة
أنسجة النبات المحاطة بالهواء الجوي	ضوء خفيف نمو منخفض للعوالق النباتية. تأثير التغير الطفيف بالمناخ العزل الحراري أثناء طقس الشتاء. سرعة الرياح المنخفضة تخفض من خطر قلع النباتات بقوة الرياح. منظر جمالي لمحطة المعالجة. تخزين المغذيات ضمنها
أنسجة النبات المغمورة ءابامل	تأثير الترشيح تطرد إلى الخارج المواد المترسبة الكبيرة. سرعة المياه المنخفضة زيادة معدل الترسيب. Biofilm تؤمن مساحة سطحية لنمو الطبقة البيولوجية. تطرح الاكسجين المنحل للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات. تستهلك المغذيات
الجذور و أشباه الجذور(الجدومور) ضمن وسط الفلتر أو التربة	تؤمن ثباتية سطح الفلتر التربة تمنع الوسط من الانسداد في الأحواض ذات الجريان الشاقولي تحرر الأكسجين مما يساعد على النتجة. تستهلك المغذيات. تحرر مضادات حيوية

إن وجود النباتات ضمن حوض المعالجة يؤدي الى عدة فوائد:

- 1- توزيع و تخفيض سرعة التيار المائي و هذا ما يساعد على تأمين ظروف أفضل لعملية ترسيب المواد الصلبة المعلقة
  - 2- كما أن الجزء العلوي من النبات فوق السطح يؤدي الى تخفيف سرعة الرياح قرب سطح التربة او الماء بدوره يؤمن شروط مناسبة لترسيب المواد الصلبة المعلقة و يحسن إزالة المواد الصلبة في أحواض النباتات ذات الجريان الحر.
  - 3- كما أن النباتات تحد من نفاذ الضوء إلى الماء مما يقلل من نمو الطحالب .
  - 4- كما أن النباتات تلعب دورا " هاما في العزل الحراري للحوض و خصوصا "في فصل الشتاء عندما يكون الطقس باردا" عندما تغطي النباتات بالثلج فإنها تشكل عزلا حراريا تاما " و هذا ما يساعد في حماية التربة من الصقيع . و هذه الميزة مهمة جدا "في الأحواض ذات الجريان تحت السطحي .
  - 5- بينما نجد أن النباتات تمنع الانسدادات في الأحواض ذات الجريان الشاقولي حيث تتم تغذية الحوض من السطح العلوي، كما أن حركة الرياح تؤدي بالنباتات الى مساعدة المياه بالدخول الى ضمن الحوض عبر الفراغات التي يصنعها ساق النبات نتيجة الاهتزازات المتكررة.
  - 6- تقوم الأوراق و سوق النباتات المغمورة بالماء بتأمين سطوح لنمو الكتلة البيولوجية عليها .كما أن أنسجة النباتات المغمورة بالماء تستعمر من قبل الطحليبات والبكتريا حيث تقوم الطحالب باستهلاك المغذيات و بتزويد المياه بالأكسجين المنحل نتيجة التركيب الضوئي و تقوم البكتريا بهضم المواد العضوية.
  - 7- تقوم الجذور و أشباه الجذور بتأمين سطوح التصاق تنمو عليها الكتلة البكتيرية لتشكل الطبقة البيولوجية حيث تطرح أوكسجين و تتم أكسدة الملوثات بالإضافة إلى النتجة.
- و قد أوضحت الدراسات أن العدد الكلي للكائنات الدقيقة على محيط الجذر ولمسافة 1mm بدءا سطح الجذر تزيد عشرة مرات عن تلك الموجودة على مسافة 15-20 mm بدءا "من السطح و قد أظهرت الدراسات المجهرية أن التجمعات البكتيرية تغطي ما يعادل من 10% - 5 من مساحة سطح الجذر.
- إن وجود الفجوات الكثيف مع الفواصل بينها يؤدي إلى الحفاظ على التكامل الهيكلي للنبات و يحصنها من أي أثر سلبي للماء عليها .فالماء يمكن أن يحتل حجما "نتج 60 % من الحجم الكلي للأنسجة الخلوية .إن هذه الفراغات تلعب دور مخازن للأوكسجين الذي ينتقل بدوره ليتحرر للوسط عبر الجذور و عبر الجزاء المغمورة من النبات.

آليات إزالة الملوثات و فعالية أحواض المعالجة بالنباتات :

الإزالة العاملة في المسطحات المائية الاصطناعية ولمختلف ملوثات مياه الصرف الصحي وتشمل هذه الآليات

**Physical Sedimentation**

● الترسيب الفيزيائي

**Chemical Precipitation**

● الترسيب الكيميائي

**Adsorption**

● الامتزاز

**Microbial Metabolic Activities**

● الفعاليات الميكروبية الايضية

هناك عمليات معقدة بحيث تتنوع من عمليات بيولوجية إلى فيزيائية و كيميائية تجري ضمن أحواض المعالجة بالنباتات و ذلك من اجل تحسين مواصفات المياه الخارجة من الحوض .هذه الآليات تعتمد على التفاعلات المتبادلة بين مياه المجاري و الكائنات الدقيقة والنباتات ووسط الفلتره .يتم أكسدة المواد العضوية و تحليلها لمواد بسيطة و منتجات ثانوية و ذلك عبر الطبقة الرقيقة البيولوجية التي تتشكل على سطوح مادة الفلتر و على سوق وجذور النباتات والتي تحتاج لتتكون مدة تصل بين ثلاثة إلى ستة شهور .كما أن المواد الصلبة المعلقة فيتم حجزها عبر عمليات الترسيب و الفلتره و من ثم يتم تحلل الجزء العضوي منها بينما يبقى الجزء غير العضوي محجوزا "ضمن الفلتر .بالنسبة للمغذيات فإن عمليات النترجة تكون منخفضة في الأحواض ذات الجريان الأفقي بسبب قلة الأوكسجين اللازم لذلك بينما تحصل النترجة بشكل جيد ضمن أحواض المعالجة ذات الجريان الشاقولي بسبب توفر الأوكسجين، و يتم استنفاد استهلاك قسم من النتروجين عبر النباتات و أما الفوسفور فيتم التخلص من جزء منها عبر الامتصاص الكيميائي لها عبر وسط الفلتر و جزء أقل يمتص عبر النباتات .كما يتم التخلص من أغلبية العوامل المرضية عبر حجزها ضمن مادة الفلتر عبر عمليات ترسيب و الفلتره و الامتصاص أو عبر افتراسها من قبل كائنات متنوعة أو بالموت الطبيعي، و تتراوح نسبة إزالتها بين 90-99.9%

ان فاعلية الإزالة ضمن هذه الأحواض تعتمد بشكل أساسي على معدل التحميل السطحي الهيدروليكي و على نوع مادة وسط الفلتره . و كلما زادت درجة حرارة موقع المحطة كلمة زادت فاعلية إزالة المواد العضوية عبر التحلل البيولوجي .وعلى العموم فإن الآليتان الرئيسيتان في أغلب أنظمة المعالجة بالنباتات هي عمليات فصل المواد إن مجمل هذه التفاعلات و عمليات التحول تقود إلى إزالة جزء من الملوثات بالإضافة إلى حجز قسم منها ضمن وسط الأحواض .هذه المواد المحجوزة تتعرض لعمليات تحول في بنيتها و تركيبها و هذه التغييرات تؤدي غرض المعالجة بشكل فعال و على سبيل المثال فالتحول البيوكيميائي للمواد العضوية يؤدي إلى تحويلها كتلة خلوية جديدة بالإضافة إلى منتجات أخرى مثل الغازات كثاني أكسيد الكربون و غاز الميثان. وعلى العموم فإن الآليتان الرئيسيتان في أغلب أنظمة المعالجة بالنباتات هي عمليات فصل المواد الصلبة من السوائل (Liquid/Solid Separations) و عمليات تحول الملوثات و المكونات ضمن مياه المجاري (Transformations) (Constituents). تتضمن عمليات الفصل كل من الترسيب و الفلتره و الامتصاص و الادمصااص و التبادل الشاردي

و التعرية والترشيح. أما عمليات التحول فربما تتضمن التفاعلات الكيميائية و تفاعلات الأوكسدة و الإرجاع و تفاعلات الحموض والأسس و عمليات التخثير والترسيب بالإضافة إلى مختلف التفاعلات البيوكيميائية هوائية- لاهوائية. إن مجمل هذه التفاعلات و عمليات التحول تقود إلى إزالة جزء من الملوثات بالإضافة إلى حجز قسم منها ضمن وسط الأحواض . هنالك العديد من العوامل التي يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار عند تصميم منظومات المسطحات المائية الاصطناعية. ومن أهم هذه العوامل :-

### ❖ نوع المنظومة System type

هنالك نوعان رئيسيان من أنواع نظم المسطحات المائية الاصطناعية وكما يلي:-

- (1) منظومات السطح المائي الطليق (Free surface system)
- (2) منظومات الجريان تحت السطح (Sub surface system)

الأشكال ( 1و2) تبين تفاصيل هذه المنظومة

### ❖ حالة الموقع Site condition

وتشمل:-

- (1) طوبوغرافية المنطقة
- (2) العوامل الهيدرولوجية والمناخية
- (3) خصائص التربة
- (4) نوع استخدام الأرض

### ❖ العوامل الفيزيائية Physical Design Factors

وتشمل:-

- (1) شكل وأبعاد المنظومة
- (2) مشاءات الدخول والخروج

### ❖ مكونات المنظومة Wetland Components

وتشمل:-

- (1) النباتات والأعشاب المائية المستخدمة
- (2) نوع التربة أو الأوساط المستخدمة

### ❖ المتغيرات العملياتية Process variables

وتشمل:-

- (1) معدل الحمولة العضوية (Organic Loading Rate):- ويقصد بها كتلة المواد العضوية لوحدة مساحة المنظومة لليوم (Kg/ha.day)
- (2) معدل الحمولة الهيدروليكية (Hydraulic Loading Rate):- ويقصد بها حجم مياه الصرف لوحدة المساحة السطحية لليوم (m<sup>3</sup>/ha.day)
- (3) زمن الاستبقاء الهيدروليكي (Hydraulic Relation Time)
- (4) عمق الماء (FWS only)

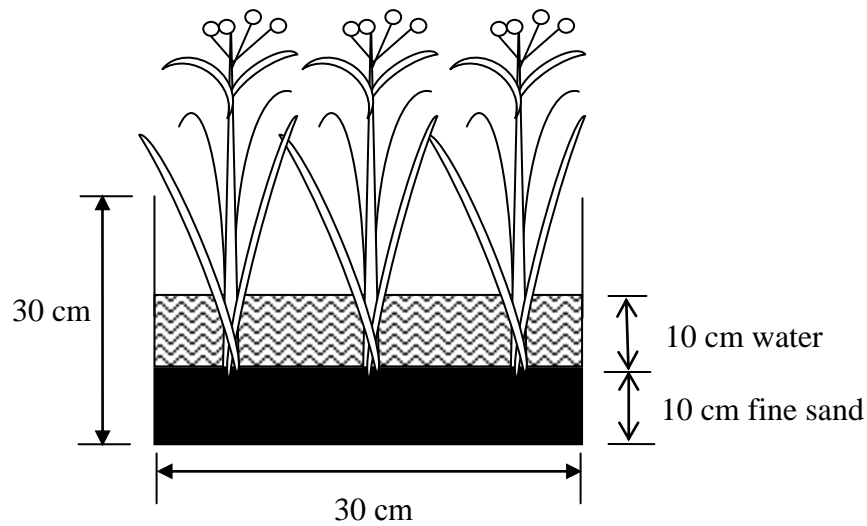


Figure 1: Aquarium setup for free water surface flow system

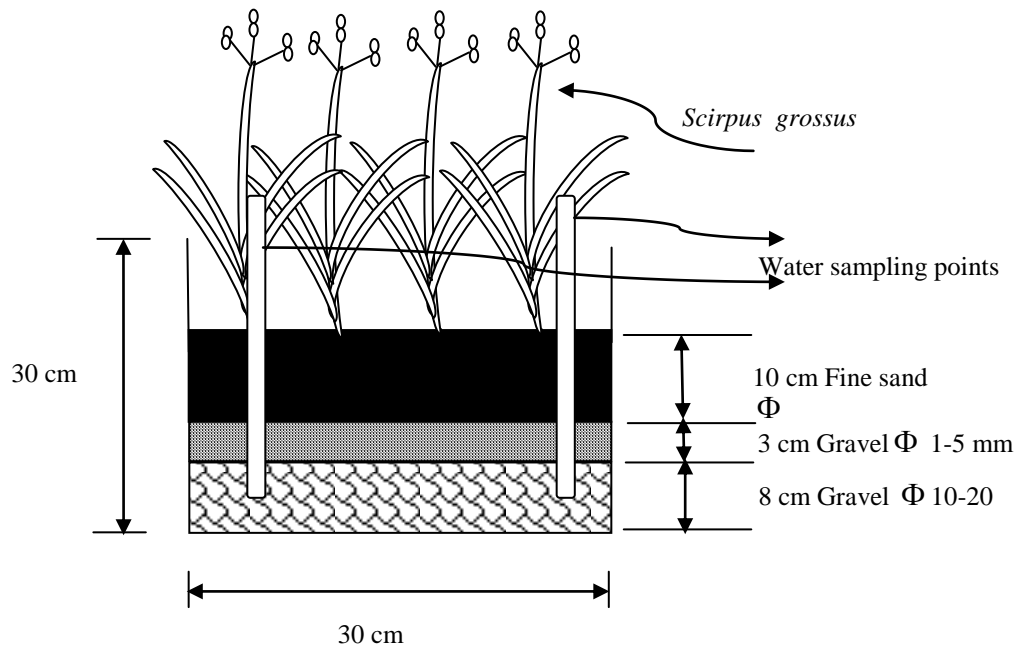


Figure 2: Diagram of an aquarium for the sub-surface flow system