

# Constructed Wetlands

07/07/2002

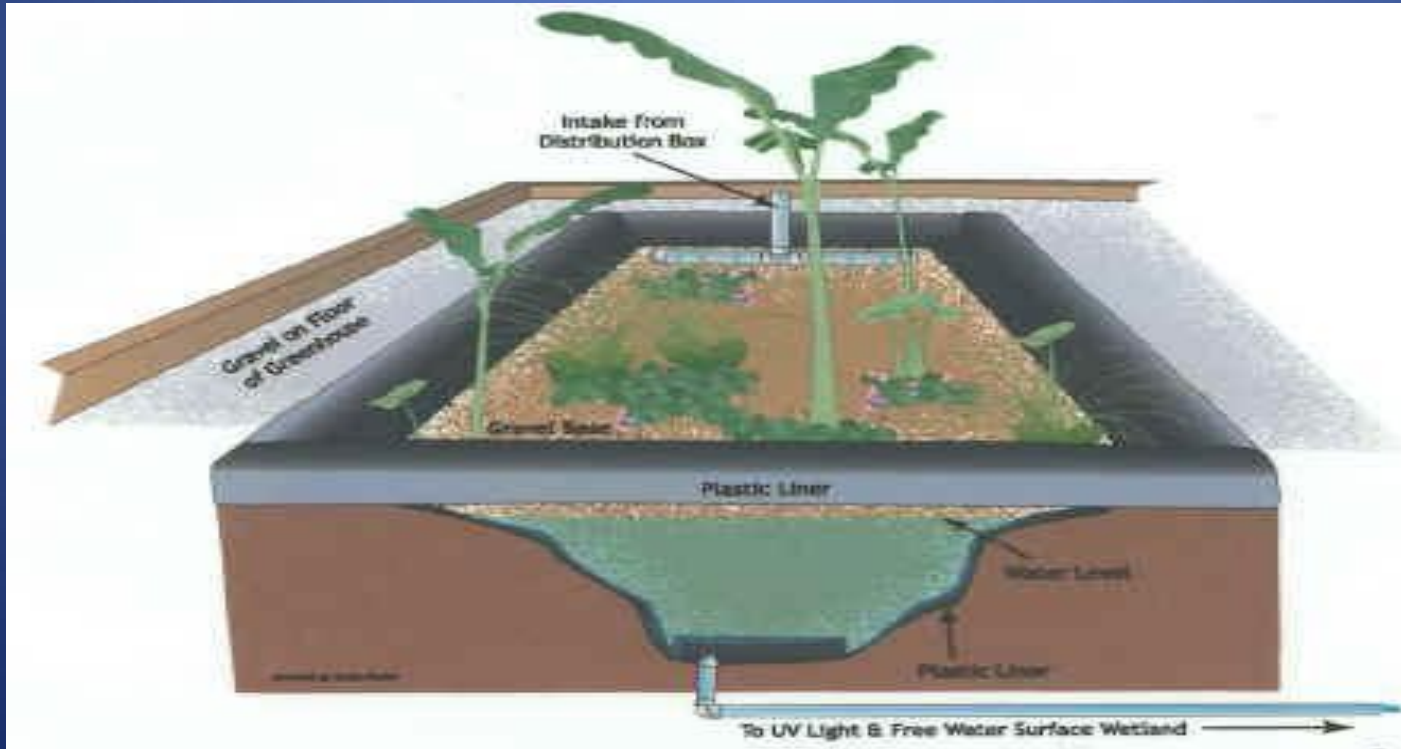
# المستنقعات (الأراضي الرطبة) المبنية

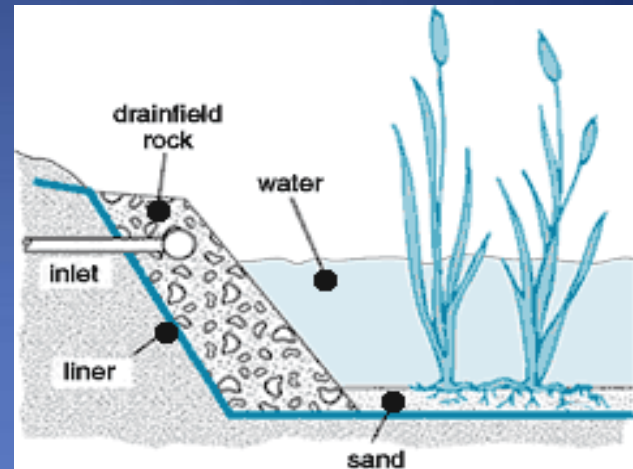
07/07/2002

Constructed wetlands are engineered wetlands that have saturated or unsaturated substrates, emergent/floating/submergent vegetation, and a large variety of microbial communities that are purposely built for water pollution control.



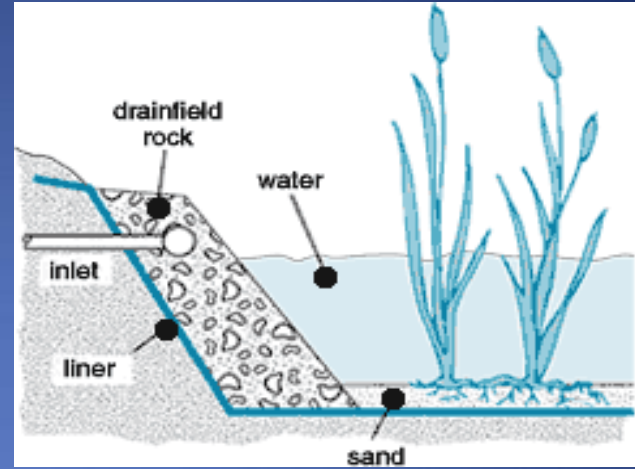
المستنقعات المبنية هي مستنقعات تم بناؤها هندسيا وبها مواد ترشيح مغمورة او غير مغمورة بالمياه وبها ايضا نباتات اما مائية او غير مائية وكائنات حية دقيقة تم ايجادها بغرض معالجة المياه العادمة





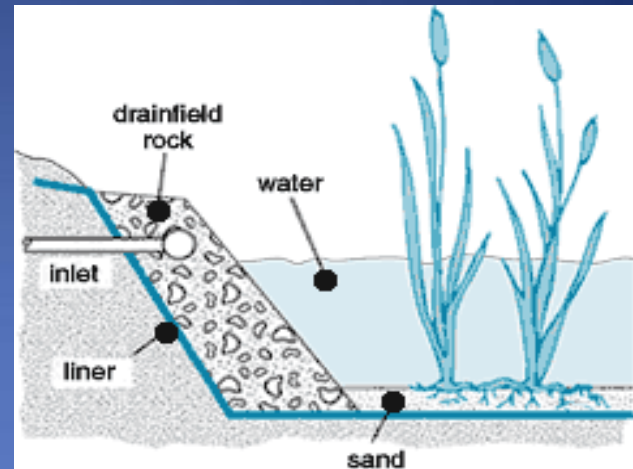
A constructed wetland is comprised of the following five major components:

- Basin
- Substrate
- Vegetation
- Liner
- Inlet/Outlet arrangement system.

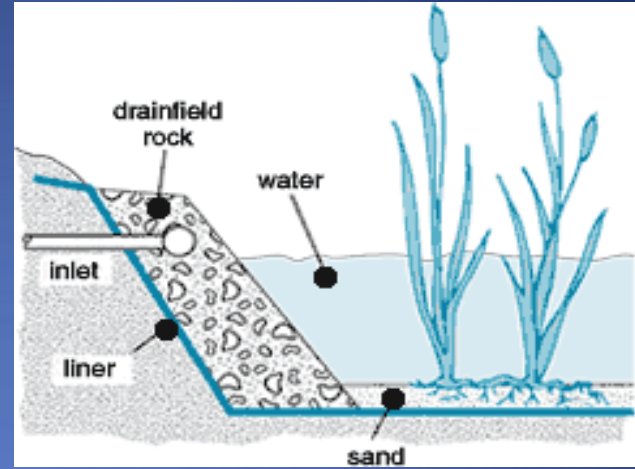


وتتكون المستنقعات المبنية من خمسة عناصر رئيسية هي التالية:

- حوض
- مواد الترشيح
- الغطاء النباتي
- طبقة مانعة للتسرب
- انظمة للتحكم بالمدخل / المخرج.



- The liner :keeps the wastewater inside the system while allowing groundwater to remain uncontaminated.
- The inlet : usually drainified rock that spreads the wastewater across the width of the wetland.
- Plants that can grow at optimum efficiency should be used, cattails, bulrushes, reeds, and sedges.
- The outlet (underdrain system) can simply be a slotted pipe covered with distribution media and moves the treated effluent out of the wetland.
- Substrate: support for plant roots, water storage and flow, and underdrain



- الطبقة المانعة للتسرب تبقي الماء داخل النظام وتمنع تلوث المياه الجوفية
- المدخل يوزع الماء على عرض الاراضي الرطبة وعادة ما يكون حصى او حجارة مكسرة
- نباتات ملائمة للضروف الرطبة مثل القصب ونباتات اخرى
- المخرج يمكن ان يكون انبوب مثقب داخل طبقة مواد الترشيح ليصرف الماء الى الخارج
- طبقة مواد الترشيح: لينمو بها جذور النبات، ولخزن الماء وجريانه وتصريفه



There are two basic types of constructed wetlands, surface flow and subsurface flow.

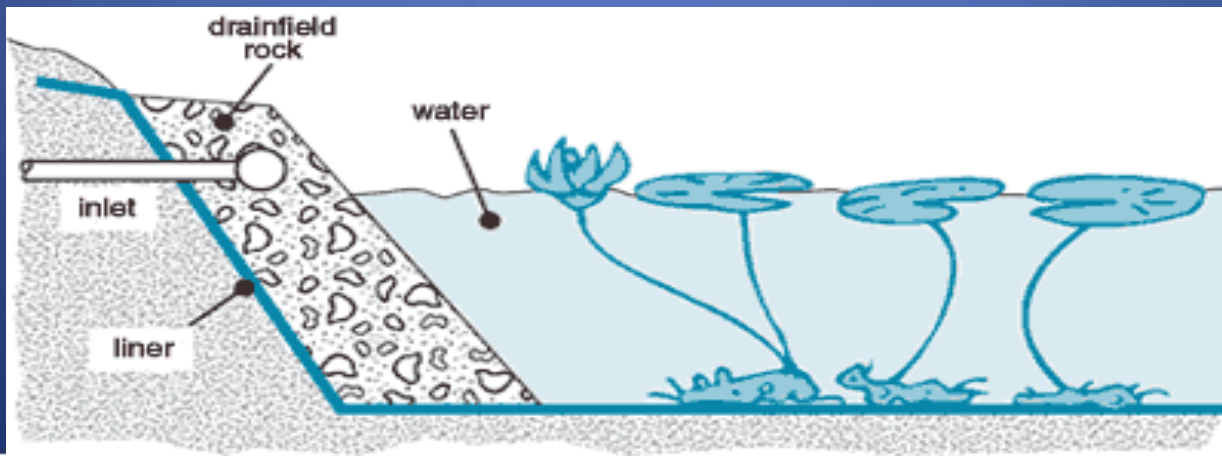
In a surface flow constructed wetland, water flows over a vegetated surface from inlet to outlet. Can be constructed on variety of soils including mud and clay. Water flows through system slowly, allowing suspended particles to be removed by sedimentation

Advantages:

- better habitat for wildlife

Disadvantages:

- require a large amount of land
- inefficient purification in winter
- attract a lot of mosquitoes
- smell bad



## مستنقعات الجريان السطحي

وهي تشبه المستنقعات الطبيعية في مظهرها لأنها تحتوي على النباتات المائية التي تضرب بجذورها في طبقة التربة الموجودة في الجزء السفلي من المستنقعات والمياه تتدفق من خلال أوراق الشجر وسيقان النباتات

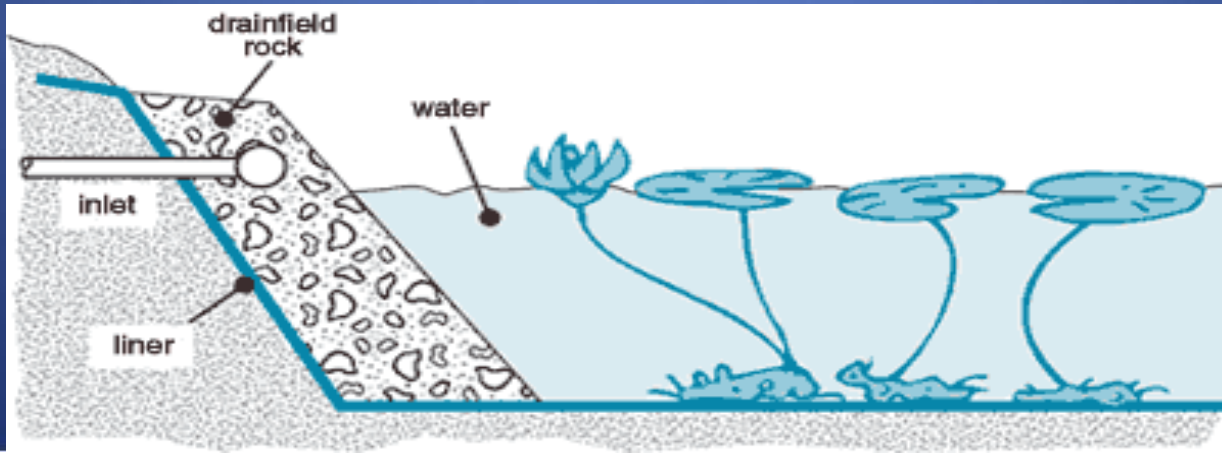
حسنتها : بيئة مناسبة للكائنات، الكلفة المنخفضة

مساؤها : - مساحة كبيرة

- معالجة غير كافية بالشتاء

- الذباب والبعوض

- الرائحة



## • مستنقعات الجريان تحت السطحي

• وهذا النوع لا يشبه المستنقعات الطبيعية لأن ليس بها مياه دائمة

• تحتوي على طبقة من مواد الترشيح ( مثل الصخور المكسرة والأحجار الصغيرة والحصى، والرمل أو التربة) التي قد زرعت بالنباتات المائية.

• عند تصميمها وتشغيلها بشكل صحيح، مياه الصرف الصحي تبقى تحت السطح

• تتدفق المياه العادمة في اتصال مع جذور النباتات، وغير مرئية أو متاحة للحياة البرية

• في هذه المادة التدريبية سنعتبر فقط المستنقعات المبنية ذات التدفق تحت السطحي

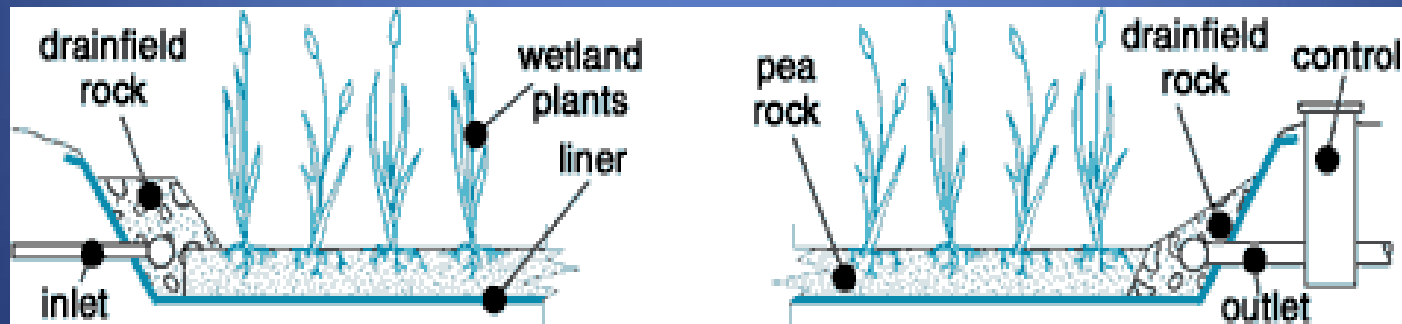
In subsurface flow constructed wetlands, the water traveling through the system is below the gravel substrate.

Advantages:

- Limits exposure risk to people and animals
- Reduces attraction for mosquitoes

Disadvantages

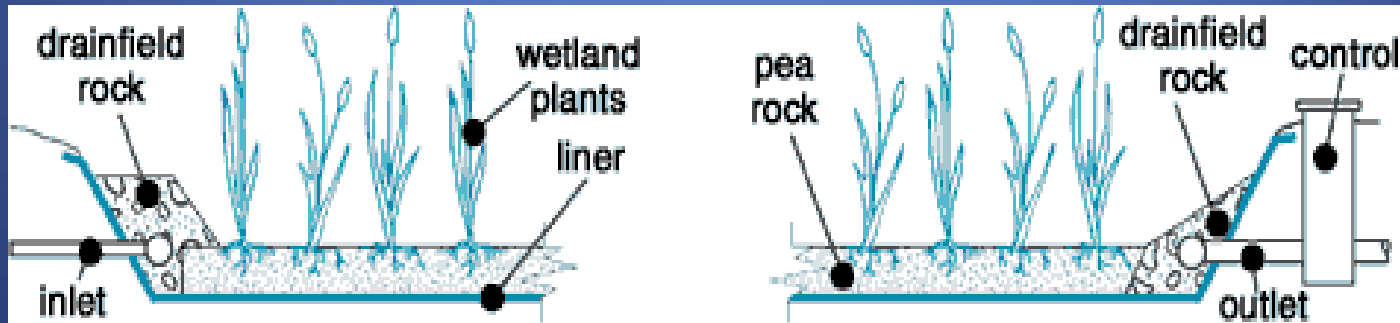
- More expensive



(remember a couple advantages/disadvantages for quiz)

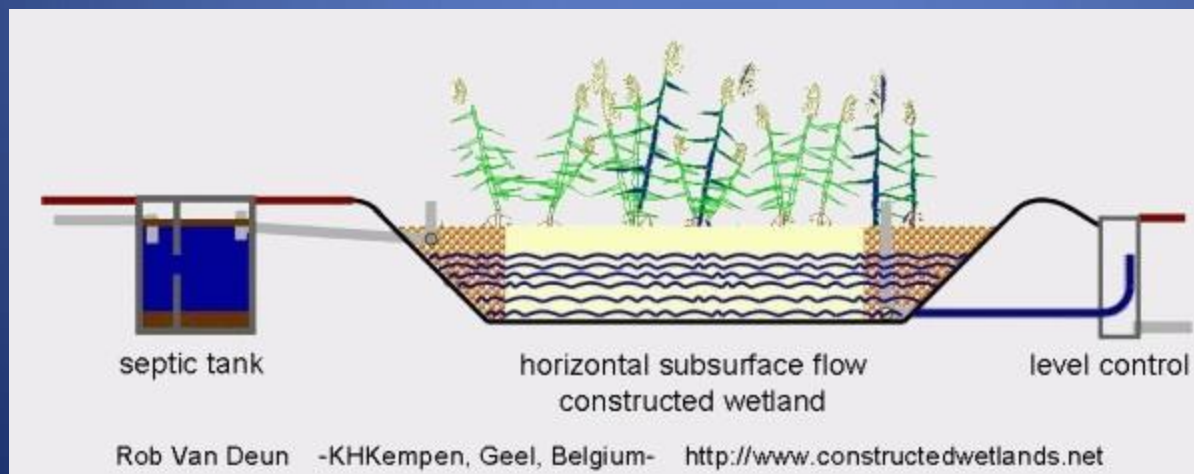
في الجريان تحت السطحي يجري الماء تحت سطح طبقة مواد الترشيح  
الحسنات : تقليل الاتصال مع الانسان والحيوان  
تقلل من البعوض والذباب

المساوى : مكلفة



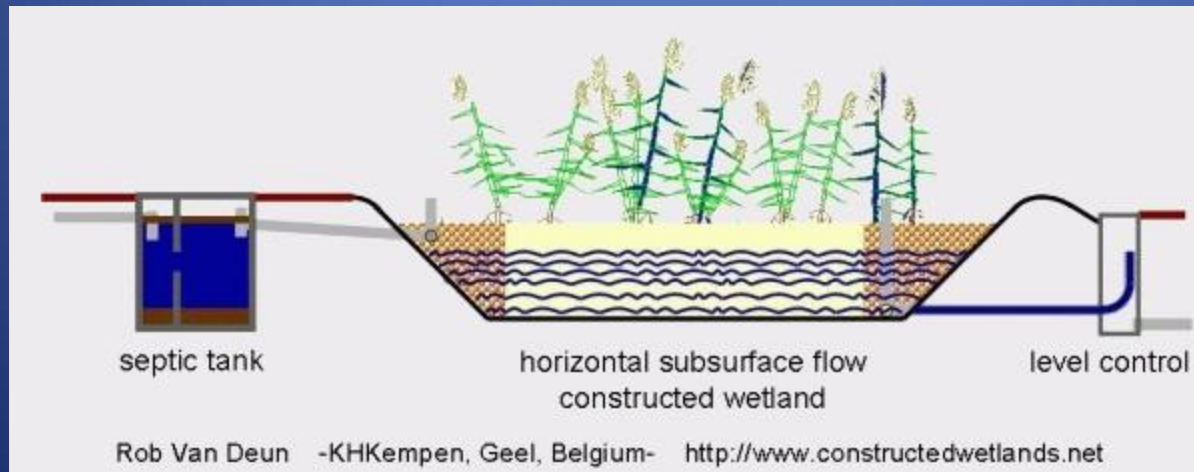
# Subsurface flow constructed wetlands

- Can be divided into horizontal and vertical systems.
- In a horizontal flow system, water continuously flows horizontally through substrate from inlet to outlet

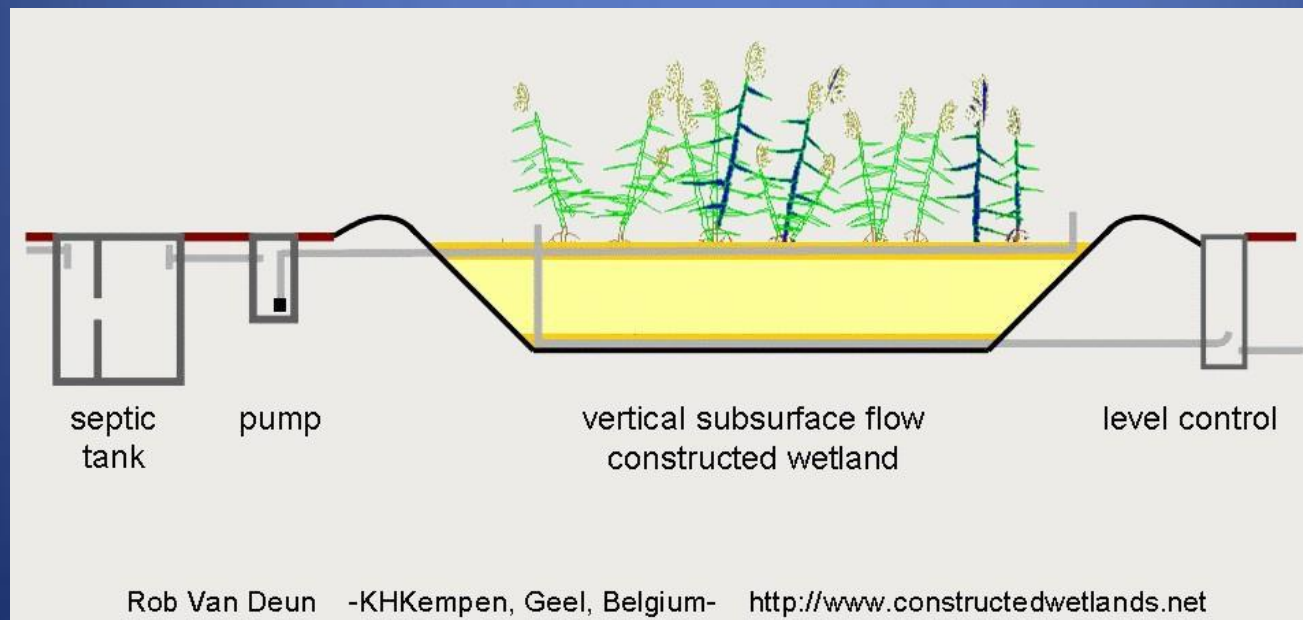


# المستنقعات التحت سطحية

- تقسم الى تدفق افقي وتدفق عمودي
- في التدفق الافقي تتدفق المياه افقيا
- خلال مواد الترشيح من المدخل الى المخرج .

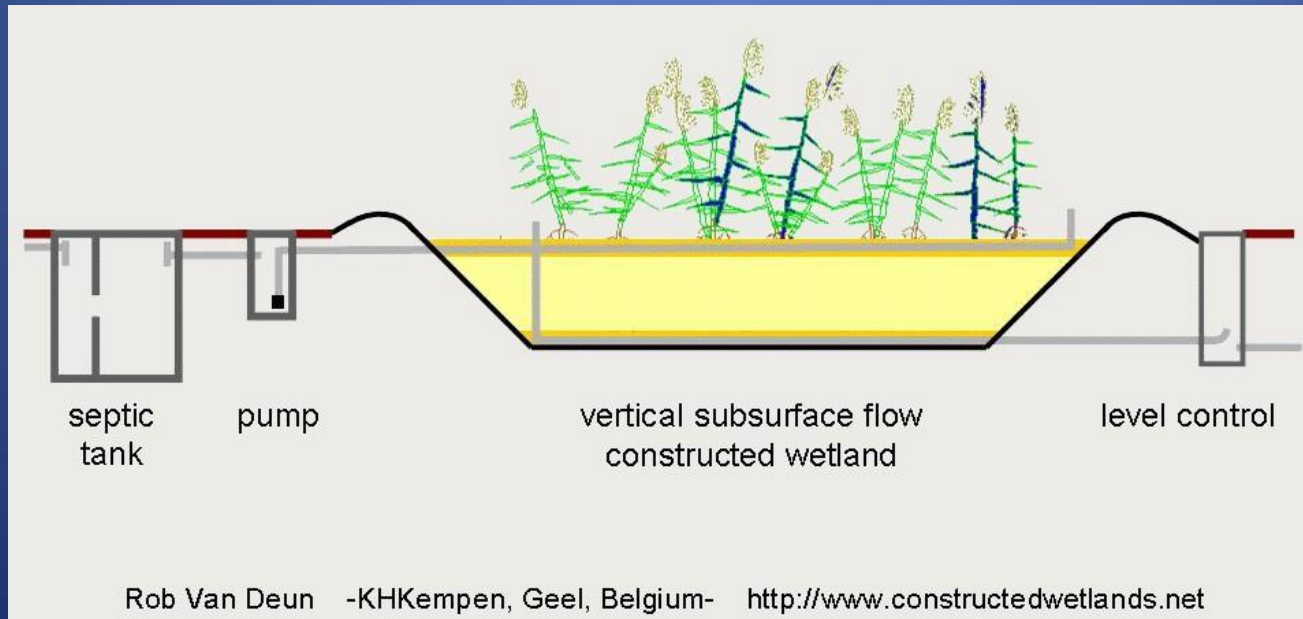


- A vertical flow system is watered intermittently and air is allowed to refill the wetland.





• في المستنقعات ذات التدفق العمودي  
يتم سقاية النظام بشكل متقطع ليسمح  
للهواء بدخول المستنقع



# Water

- Large surface area and shallow depth, strong interaction with atmosphere through rainfall and evapotranspiration
- Hydrology effected by density of vegetation

# المياه

- مساحة سطحية كبيرة وارتفاع قليل وبالتالي هناك علاقة كبيرة بينها وبين الجو من خلال الامطار والنتح والتبخر
- هيدرولوجية المياه تتأثر بكثافة الغطاء النباتي

# Vegetation

- Root system provides habitat for remediating bacteria
- Transfer of O<sub>2</sub> through the rhizomes .
- Assimilate nutrients
- Hydraulic pathways in the substrate
- Plant litter provides thermal insulation and substrate to microorganisms, carbon source.
- aesthetics

# الغطاء النباتي

- الجذور مكان للبكتيريا التي تقوم بالمعالجة للعيش فيه
- تقوم بنقل الاوكسجين من الجو الى منطقة الجذور
- تستهلك النيتروجين والفسفور
- تؤثر على مسار المياه في طبقة المواد المرشحة
- تشكل عازل حراري ومصدر للكربون من خلال الاوراق المتساقطة
- منظر جمالي

# Substrate

- Permeability affects water movement
- Where chemical/biological transformations take place
- Storage for many contaminants

## طبقة المواد المرشحة

- النفاذية تؤثر على جريان المياه
- تحدث بها التغيرات الكيميائية والبيولوجية
- مكان لتخزين الملوثات

# Mechanisms

- Organic matter broken down by microorganisms, fermentation, or respiration and used as energy source or assimilated into biomass
- Sediments may settle to the bottom of constructed wetlands.
- Nitrogen can be converted into different forms depending on oxidation state of wetland.
- Denitrifiers that convert nitrate to  $N_2$  are heterotrophic and anaerobic while microbes that perform ammonification and nitrification are autotrophic and aerobic.



# طرق المعالجة

- المواد العضوية يتم تحطيمها بيولوجيا هوائيا او لا هوائيا ويتم استخدامها كمصدر للطاقة و انتاج احياء دقيقة جديدة
- المواد العالقة قد تترسب الى قعر الاراضي الرطبة
- النيتروجين قد يتحول الى عدة اشكال حسب حالة الاكسدة الموجودة بالاراضي الرطبة
- البكتيريا التي تحول النترات الى غاز نيتروجين تحتاج الى ظروف لاهوائية ومصدر كربوني عضوي بينما البكتيريا التي تحول النيتروجين العضوي الى امونيا او الامونيا الى نترات هي بكتيريا هوائية وتستخدم الكربون غير العضوي

# Mechanisms

- Particulate phosphorus can be removed through sedimentation while soluble phosphorus can be taken up by wetland plants.
- Metals: Settling, precipitation, adsorption , exchange, phytovolatilization , phytoaccumulation
- Some wetlands can even hold onto and remove pathogens

# طرق المعالجة

- الفسفور يتم ازالته اما بالترسيب اذا كان عالقاً او باستخدامه من قبل النباتات اذا كان ذائباً

- المعادن: الترسيب (settling) الترسيب (precipitation)، الامصاص، استخدامه من قبل النباتات

- قد تكون قادرة على ازالة مسببات الامراض

# Site Selection

- Near the source of pollution
- A lot of space
- Sloping, water can flow with gravity
- Above water table
- Not a floodplain

# اختيار الموقع

- قرب مصدر التلوث
- مساحة ارض واسعة
- منحدره بحيث ينحدر الماء بالجاذبية
- منطقة بعيدة عن المياه الجوفية
- منطقة بعيدة عن الفيضانات

# Concerns

- The efficiency of constructed wetlands in removing all of these types of pollutants is widely contested.
- Some report that attraction of wildlife and livestock makes constructed wetlands a source rather than treatment of pathogens and nutrients.
- Possible sites for bioaccumulation of metals.

# التخوفات

• البعض : فاعلية الاراضي الرطبة محل شك في ازالة الملوثات

• البعض : الاراضي الرطبة تجذب الملوثات والمغذيات بدل ازالتها نتيجة جذبها للحيوانات

• منطقة ممكنة لتجمع المعادن في النبات وبالتالي الحيوان

# Quiz

1) What are the reasons a sub-surface flow wetland may be favored over a surface flow wetland?

2) What are the things to consider when choosing a site for a constructed wetland?



# Answers

- 1) Limits exposure risk to people and animals  
does not attract as many mosquitos  
freezing over the winter time is not a problem  
requires less land  
doesn't smell as bad
- 2) Near the source of pollution  
A lot of space  
Sloping, water can flow with gravity  
Above water table  
Not a floodplain

## *Sizing based on equation*

$$A_h = Q_d (\ln C_i - \ln C_e) / K_{BOD}$$

- $A_h$  = Surface area of bed ( $m^2$ )
- $Q_d$  = average daily flow rate of sewage ( $m^3/d$ )
- $C_i$  = influent BOD5 concentration (mg/l)
- $C_e$  = effluent BOD5 concentration (mg/l)
- $K_{BOD}$  = rate constant (m/d)

$K_{BOD}$  is determined from the expression  $(K_T) (d) (n)$ , where,

- $K_T = K_{20} (1.06)^{(T-20)}$
- $K_{20}$  = rate constant at 20 °C ( $d^{-1}$ )
- T = operational temperature of system (°C)
- d = depth of water column (m)
- n = porosity of the substrate medium (percentage expressed as fraction)

$K_{BOD}$  is temperature dependent and the BOD degradation rate generally increases about 10 % per °C. Thus, the reaction rate constant for BOD degradation is higher during summer than winter. It has also been reported that the  $K_{BOD}$  increases with the age of the system. A typical value for  $K_{20} = 1.1 d^{-1}$ .

$$K_{BOD} = K_{20} (1.06)^{(T-20)} (d) (n)$$

$$A_h = [Q_d (\ln C_i - \ln C_e)] / [K_{20} (1.06)^{(T-20)} (d) (n)]$$

$$A_h = \frac{Q_d (\ln C_i - \ln C_e)}{K_{20} (1.06)^{(T-20)} (d)(n)}$$

## Example

population 400, flow 80 liters per person per day.

- $(Q) = 400 \times 80 / 1000 = 32 \text{ m}^3/\text{d}$
- BOD5 contribution = 40 g BOD5/person.d
- BOD5 concentration =  $40 \times 1000/80 = 500 \text{ mg/l}$
- 30% BOD5 removed by primary treatment
- BOD5 concentration to the wetland ( $C_i$ ) = 350 mg/l
- Effluent BOD5 concentration ( $C_e$ ) = 30 mg/l
- KBOD = 0.15 m/d for HF wetland and 0.2 m/d for VF wetland
- Area for horizontal flow wetland = 524.10 m<sup>2</sup>
- Specific area per PE for horizontal flow wetland = **1.31 m<sup>2</sup>**
- Area for vertical flow wetland = 393.08 m<sup>2</sup>
- Specific area per PE for vertical flow wetland = 0.98 m<sup>2</sup>

## Bed cross section area for horizontal flow wetland

- Darcy's law and should provide subsurface flow through the gravel under average flow conditions.
- Two important assumptions:
  - hydraulic gradient can be used in place of slope
  - the hydraulic conductivity will stabilize at  $10^{-3}$  m/s in the established wetland.

$$A_c = Q_s / K_f (dH/ds)$$

- $A_c$  = Cross sectional area of the bed (m<sup>2</sup>)
- $Q_s$  = average flow (m<sup>3</sup>/s)
- $K_f$  = hydraulic conductivity of the fully developed bed (m/s)
- $dH/ds$  = slope of bottom of the bed (m/m)
- For graded gravels  $K_f$  of  $1 \times 10^{-3}$  to  $3 \times 10^{-3}$  m/s.
- In most cases,  $dH/ds$  of 1% is used.

## Example

Find the bed cross sectional area required for the HORIZONTAL FLOW wetland that was calculated in the previous example

- $Q_s = 32 \text{ m}^3/\text{d} = 0.00037 \text{ m}^3/\text{s}$
- $K_f = 2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
- $dH/ds = 0.01$

Substituting the values in the above equation,

- $A_c = 18.52 \text{ m}^2$
- Considering the depth of the wetland as 0.4 m, the width of the wetland would be 46.30 m.
- Make 3 cells each with about 15 m width
- Length of the wetland = Plan area/width  
 $= 524.1/46.3 = 11.3 \text{ m}$