NEPTUN

NEPTUN



AFSLUTNINGSKATALOG
INTERREG PROJEKT NEPTUN

Overblik over
resultater og prototyper til brug for vand- og klimatilpasningsektoren.

©2023



Indhold

5
Forord

6
Vandteknologi

18
Klimatilpasning

24
Lighthouse of Competence

25
Living Labs

26
Skitseprojekter

28
Regn den ud

PARTNEREKREDSEN I NEPTUN



Vi er stærkere sammen!

I 2020 gik Danmark og Tyskland sammen i NEPTUN projektet, for at styrke eksporten inden for vandsektoren og ruste begge lande mod fremtidens klimaforandringer.

Siden starten har flere end 40 aktører, herunder virksomheder, forsyninger og universiteter fra Danmark og Nordtyskland, samarbejdet om at udvikle innovative vand-, spildevand- og klimatilpasningsløsninger.

Flere end 15 løsninger er blevet udviklet gennem tværnationale samarbejder som f.eks. et Early Warning System, en metode til at separere mikroplast fra spildevand og opspore fejltilslutninger.

NEPTUN projektet adskiller sig fra mange andre Interreg projekter, ved at insistere på udvikling af konkrete løsninger på konkrete vand- og klimaudfordringer. Gennem samarbejder på tværs af den dansk-tyske grænse har vi sikret løsninger, der er nemme at udbrede og implementere andre steder i verdenen.

Det er et projekt, som vi kan være stolte af, og som vi skal bygge videre på i fremtidige initiativer.

Kataloget du har i hånden lige nu, er et udpluk af de innovations-samarbejder og resultater, der er skabt i NEPTUNs treårige levetid. Resultater, vi håber, vil inspirere dig.

God læselyst!



Lotte Lindgaard Andersen
Projektleder, NEPTUN



Vandteknologi

- Innovationssamarbejder

Opsporing af fejltilslutninger - nemmere og billigere

Op til 5-10 % af uvedkommende vand i regnvands- og spildevandskloakken stammer fra fejltilslutninger, som i dag kræver mange ressourcer at identificere. Dette innovationsprojekt har formået at udvikle og teste to prototyper, der kan lokalisere fejltilslutninger.

Spildevandsselskabet BlueKolding har sammen med Syddansk Universitet og virksomhederne WASYS og Aquasense testet og udviklet mobile og prisbillige løsninger, der kan identificere fejltilslutninger i skelbrønde ved private hjem.

Prototyperne

Prototyperne blev testet før, under og efter fem regnhændelser. Begge løsninger gav gode resultater og data ved målingerne i både regn- og spildevandsskelbrønde.

Begge prototyper er færdigudviklet, valideret og kan nu anvendes af andre spildevandsselskaber.

Prototyperne har en forventet levetid på 5-10 år, kan genbruges og flyttes fra lokation til lokation når det er nødvendigt. Dette giver spildevandsselskaber et let og håndterbart måleudstyr til registrering af fejltilslutninger.

Partnere i samarbejdet:

Aquasense we make better sense

BlueKolding

SDU

WASYS SYSTEM SOLUTION PARTNER



©2020 Palle Peter Skov, Kolding

Aquasenses prototype

+ En sensor, der nedsænkes fra vejniveau
+ Måler vandhastigheden (m/s) i et fast interval
+ Data sendes til logger og sammenholdes med regnhændelser

WASYS' prototype

+ En fastmonteret sensor på en stang
+ Måler temperatur, vandniveau og vand til stede i brønd
+ Data sendes til et open-source system

Overløbshåndtering og kommunikation

Når det regner voldsomt, kan der opstå overløb, hvor urenset spildevand løber ud i vandløb og fjorde. Det skyldes, at kloaksystemet i Danmark ikke er dimensioneret efter nutidens regnhændelser. Et problem, der skal tages hånd om og som skal kommunikeres ud til borgerne af forsyningsselskaberne.

Sammen med SDU og Middelfart Spildevand, har virksomhederne WASYS og Kalb skabt et databaseret kommunikationskoncept, der gør det muligt at følge med i overløb og de tiltag spildevandsforsyninger foretager. Konceptet inddeler overløb i tre kategorier alt efter risikoen for miljøpåvirkning. På den måde skabes der bedre forståelse og bindeled mellem borger og forsyningsselskaberne, da større og uundgåelige overløb bliver kommunikeret.

Kommunikationsmodellen gør det mere transparent for borgerne

Konkret betyder det, at borgerne på forsyningens hjemmeside kan se, hvor der sker overløb, og hvilke aktioner, der iværksættes for at mindske miljøpåvirkningen.

Kommunikationsmodellen giver en større transparens og åbenhed i forsyningens kommunikation ved overløb. Samtidig vil dataene og modellen kunne danne grundlag for, hvordan kommuner og beslutningstagere skal prioritere overløb i fremtiden.



Eksempel på modellen

Ud fra en rød, gul, grøn kategorisering kan Middelfart Spildevand nemmere og mere enkelt fortælle om de risici et overløb har for vandmiljøet.

Modellen har fået data fra overløb ved Gamborg Fjord og Store Å i Middelfart Kommune.





Partnere i samarbejdet:

WASYS SYSTEM SOLUTION PARTNER

SDU

C A U Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Middelfart Spildevand

kalb.

Bedre Carbon og Fosfor genanvende
- resultater fra planteforsøg med biochar

Fosfor og vand er afgørende for produktion af fødevarer. Dog estimeres det, at fosforreserven er opbrugt indenfor 50-100 år. Samtidig er fosfor et stof, som ikke udvindes i EU, hvilket gør forsyningssikkerheden mere usikker i fremtiden.

Danske AquaGreen har udviklet en måde at gøre spildevandsslam fra renseanlæg mere anvendeligt til brug i landbruget. Ved at tørre og opvarme spildevandsslam under iltfrie forhold, produceres der både overskudsvarme og biokul (biochar) med indhold af fosfor og carbon.

Sammen med Aalborg Universitet, Syddansk Universitet og Leibniz Universitet Hannover, er der gennemført planteforsøg med det formål at undersøge fosfortilgængelighed samt jordforbedring ved brug af biokul fra pyrolyse.



Pyrolyseret slam



Pulveriseret biokul

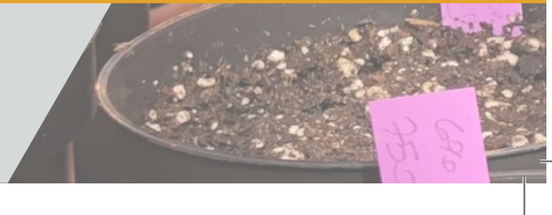
Partnere i samarbejdet:

Leibniz Universität Hannover

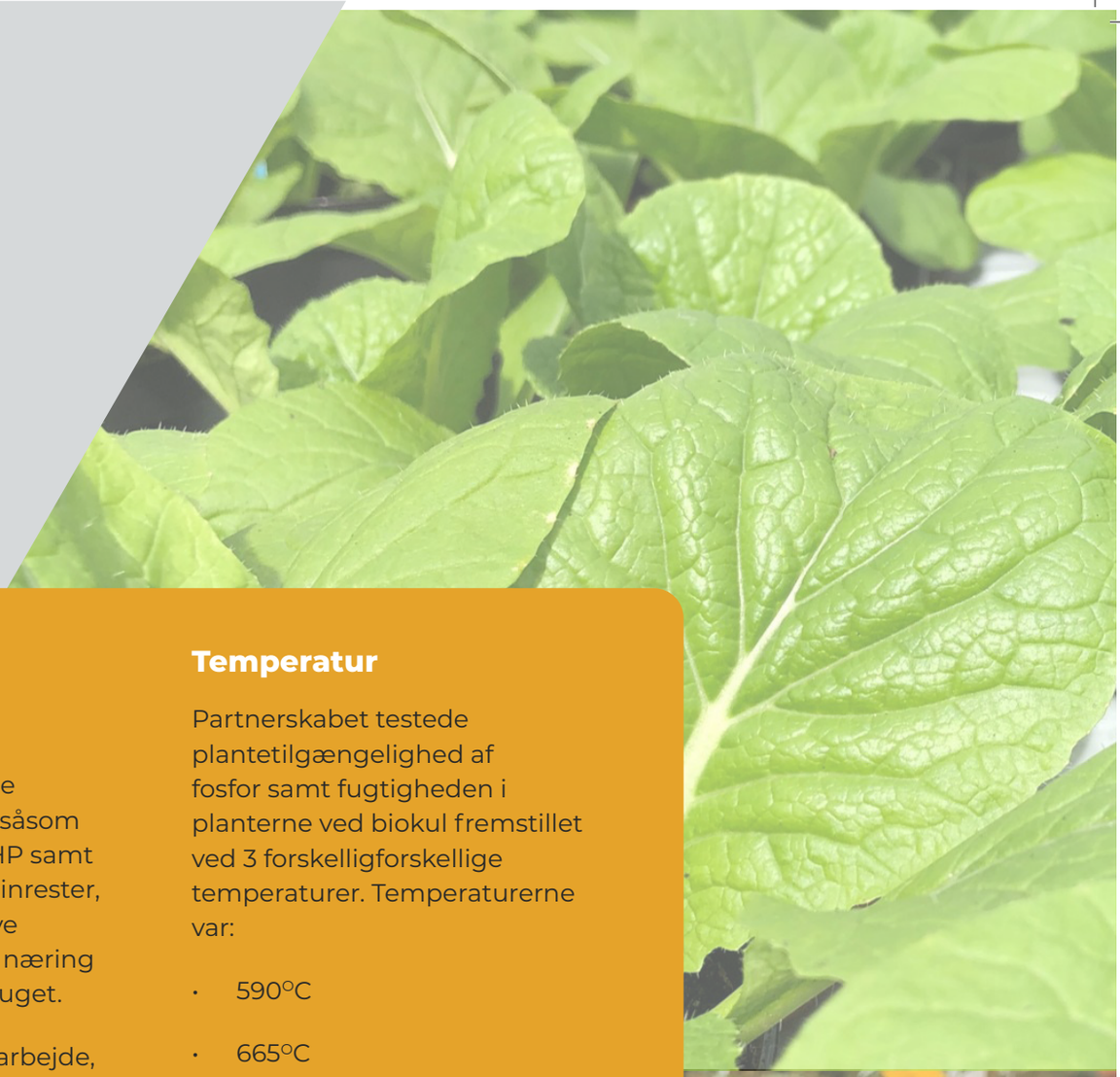
AquaGreen

AALBORG UNIVERSITET

SDU



delse
ar



Pyrolyse fjerner skadelige stoffer

Pyrolyseprocessen fjerner mange skadelige miljøfremmede stoffer såsom LAS, PFAS, PCB og DEHP samt tungmetaller og medicinrester, og gør det muligt at lave spildevandsslam om til næring for planter og til landbruget.

I dette innovationssamarbejde, har partnerne undersøgt muligheden for om biokul fra pyrolyseret spildevandsslam kan anvendes som en del af fosfor-genanvendelsen i lande som Tyskland, der har restriktioner på dette område iht. EU-regulativet 2009/1009 samt Direktivet 86/278/ECC.

"I kontrolleret miljø viste resultaterne en effekt på fugtigheden i jorden"
- Mette Hedegaard Thomsen, AAU

Partnerskabet har i kontrollerede test skabt resultater, der viser, at biokul kan være en del af løsningen på fosfor genanvendelse.

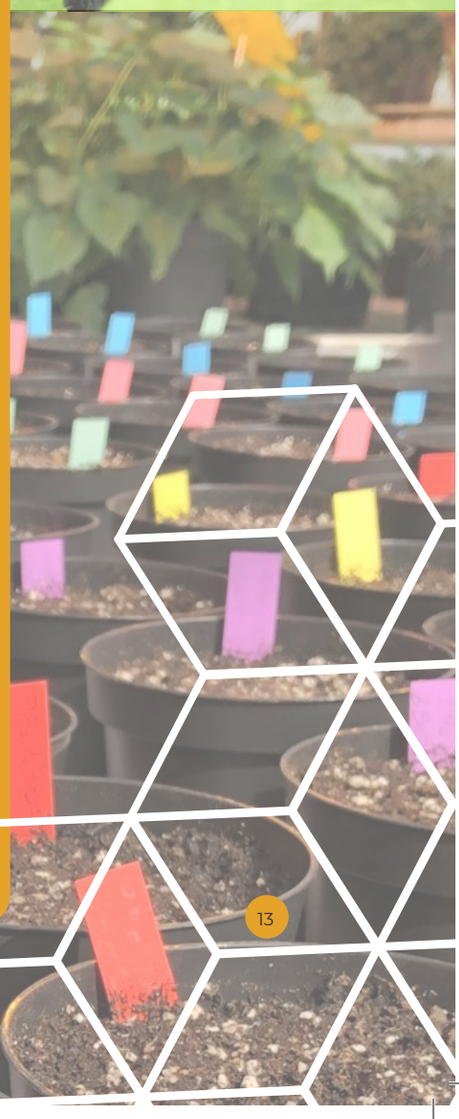
Temperatur

Partnerskabet testede plantetilgængelighed af fosfor samt fugtigheden i planterne ved biokul fremstillet ved 3 forskelligforskellige temperaturer. Temperaturerne var:

- 590°C
- 665°C
- 765°C

Forsøgene viste, at jordens egenskab til at holde på fugtigheden i jorden steg med stigende temperatur, samt at der indholdet af fosfor i planterne steg med øget tilsætning af biokul.

Dog er der behov for langtidsstudier for at vurdere om fosfor fra pyrolyseret slam kan være en brugbar ressource i landbruget.



Optimering af kloaksystemer - Smart styring af vandstrømme

Med klimaændringer forekommer kraftige regnhændelser hyppigere og i længere tid. Samtidig er kloaksystemerne ofte ikke bygget til at håndtere de store regnmængder, hvilket fører til oversvømmelse af lavtliggende bynære områder.

I et innovationssamarbejde er forskellige modelbaserede optimeringsmetoder blevet udviklet og testet - med Flensborg by som case. Med dette værktøj har man kunne forudsige, hvor og hvornår bassiner skal tømmes eller kan fyldes op.

Dette er en smart styring af vandstrømme og udnyttelse af oplagringskapaciteten i systemet.

Computerstøttet optimering

Ved at anvende historiske data, sensor måling af vandstanden i hele systemet samt den gratis tilgængelige software SWMM kan vandstrømningen og afstrømningen i regnvandsystemet estimeres gennem computerstøttet optimering.

Den hydrauliske model modtager data hvert 10. min for at holde systemet opdateret, så de rette beskyttende tiltag kan foretages to timer før et potentielt skybrud. TBZ Flensborg siger, at de to timers forspring har stor betydning når der skal igangsættes tiltag. Tiltag som skal fordele eller forsinke vandstrømme, så der ikke sker oversvømmelse.

"Et forspring på 2 timer har stor betydning når der skal igangsættes tiltag - her kan modellen hjælpe os"

- TBZ Flensburg



Illustration af modellen

Partnere i samarbejdet:

LNH water

TBZ. FLENSBURG

CAU Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

hydro & meteo

VESCON AQUA GmbH

BENJAMIN REFSGAARD Civilingeniør

Læs mere om innovationssamarbejdet på: **www.neptun-vand.dk**

Mikroplast i byers vandsystem

Mikroplast er problematisk, da det ophober sig i fauna og optages af fisk og dermed også i fødevare til mennesker. På danske renseanlæg bundfælder ca. 98 % af mikroplasten og findes i bundslammet - men det er en langsommelig proces. Dette innovationssamarbejde har udviklet en early stage prototype, der på en cost effektiv måde kan fjerne mikroplast.

På Aalborg Universitets afdeling i Esbjerg har partnergruppen bygget et pilotanlæg, der vha. vortex-baseret cyklon system kan fjerne mikroplast ved indløbet af rensningsanlægget - uden biologisk eller kemisk nedbrydning.

Test og resultater fra laboratorieforsøgene har været givende, og på lang sigt vil prototypen og systemet blive videreudviklet og kommercialiseret af virksomheden VARYC.



Testforsøg

Testene er i første omgang udført med mikroperler og syntetisk vand i laboratorieforsøg.
Derefter er der brugt vandprøver fra renseanlæg som TBZ Flensborg, DIN Forsyning og Sønderborg Forsyning.

Hvorfor cyklonsystem?

Cyklonsystemer anvendes typisk til rensning af olieholdigt vand på boreplatforme. Metoden har potentiale i forhold til mikroplast, fordi oliedråber og mikroplast har en massefylde, som ligner hinanden.





Partnere i samarbejdet:

AALBORG UNIVERSITET

C|A|U Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

TBZ. FLENSBURG

Sønderborg Forsyning

DIN FORSYNING

VARYC



Klimatilpasning

- Innovationssamarbejder

Faldende grundvandsstand

Faldende grundvandsstand er blevet observeret i Nordtyskland. I dette innovationssamarbejde har partnerne analyseret, om klimaforandringer eller andre faktorer, kan være årsagen til faldende grundvandsstand.

Vandværket Norderstedt har sammen med HGSim, Kiel Universitet og Mattle gennemført en omfattende analyse af aktuelle og fremtidige klimascenarier gennem en konceptuel 2D og 3D model. Dette er for at undersøge årsagen til faldende grundvandsstand og en mulig løsningsmodel til stabilisering heraf.

Analysen blev foretaget på Norderstedt vandværket i Tyskland, og viste, at selv i det tørreste år blev der genereret nok grundvand.

Vinter vs. sommer

I vintermånederne, hvor der falder tilstrækkelige mængder nedbør, blev grundvandsstanden genoprettet. Dog ligger tørre sommermåneder med mere vanding fra landbruget pres på vandreservoirerne. Dette kunne observeres ud fra nedbørsdata fra 2017 til 2020. Klimascenarierne frem til 2100 viser, at nedbøren og grundvandsdannelsen vil stige.

Innovationssamarbejdet har været med til at motivere Nordstedt vandværk til en mere bæredygtig håndtering og kontrol med kendte såvel som ukendte grundvandsindvindinger fra landbrug og industri - Indenfor indvindingsoplandet og i nærtliggende opland.



Partnere i samarbejdet:

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

HydroGeoSimulation GmbH

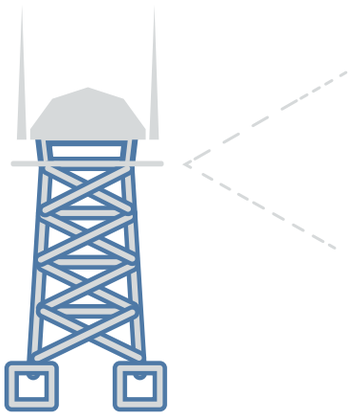
Mattle

Stadtwerke Norderstedt

Early Warning System

Skybrud bliver hyppigere og voldsommere i fremtiden med oversvømmelser af byer og lavtliggende områder som konsekvens. Gennem dette innovationssamarbejde har partnergruppen skabt en model, der kan forudsige og give varslinger for oversvømmelser.

I Tyskland oplever de i stigende grad ødelæggende kraftige regnskyl, der sætter hele kommuner under vand som en konsekvens af klimaændringerne. Derfor har NEPTUN partnerskabet udviklet en hydrodynamisk model og system til tidlig varsling, der forudsiger kraftig regn og igangsætter beskyttelsesforanstaltninger. Det kan automatisk styre ind- og udstrømning af vand i tilfælde af storm, og dermed reducere risikoen for oversvømmelser i bebyggede områder.

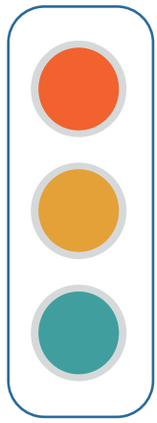


Når modellen forudsiger en overbelastning af kloaksystemet, sendes en varsling til operatøren

Modellen kan samtidig, hvis koblet op på forsyningers systemer, styre in- og outflow af vand. Dette minimerer risikoen for oversvømmelser.

En vejrradar måler andelen af skydråber i luften mens sensorer måler vandstanden i knudepunkter i kloaksystemet

Begge datasæt sendes til et computerprogram, der er koblet op på den hydrodynamiske model.





Systemet og modellen er offentligt tilgængelige og fleksible. Det hele er testet af i Flensborg by, og er klar til at blive implementeret i andre byer.

Partnere i samarbejdet:

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

LNH water

TBZ. FLENSBURG

KJARTAN RAVN CONSULT APS
Rådgivende Ingeniør

hydro & meteo



Optimal kontrol af diger og sluser

Øgede regnmængder i vintermånederne udsætter marskområder for oversvømmelse til stor frustration for landbrugs- og naturorganisationer. Samtidig betyder vandmængderne øget energiforbrug til at pumpe vandet væk.

Kiel Universitet har sammen med en partnergruppe udviklet en simulations software prototype, der kan styrke og optimere beslutningen om, hvornår dige sluser og -pumper i Nordtyskland og Danmark skal åbnes/lukkes og i hvilken grad. Prototypen er testet i Adamsiel i Nordtyskland.

Løsningen

Der er anvendt både hydrologisk modellering (SWMM) og en databaseret regressionsanalyse (ARX) til at forudsige udviklingen af vandstanden. Der er som datagrundlag anvendt meteorologiske data og prognoser samt aktuelt måling af vandniveau.

Udover at forudsige vandstanden kan modellen bruges som beslutningsværktøj i forhold til automatisering af drift af sluser og pumper, og dermed få en minimering af strømforbrug og driftsomkostninger.

Partnergruppen har sammen skabt en prototype, som ved brug af modeller kan understøtte beslutning om brug af pumper, eller anvendelse af andre sluser ved dige pumper og dræningssystemer.

Prototypen kan nemt overføres til andre lokationer og integreres i nye dige-pumper og dræningssystemer.

Partnere i samarbejdet:

CAU Christian-Albrechts-Universität zu Kiel · AALBORG UNIVERSITET · hydro & meteo · LNH water · VESCON AQUA GmbH · GRØNBECH · DHSV Eiderstedt



Databaseret analyse af pumpestationers effektivitet

Vandstanden i marskområder ved Vesterhavet står højt som følge af klimaforandringer. Pumpestationerne kommer på overarbejde med højt energiforbrug og driftsomkostninger som følge.

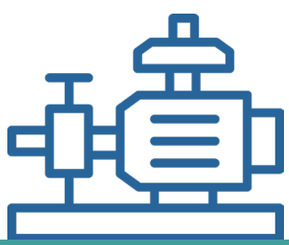
I dette innovationssamarbejde har partnerne udviklet en databaseret hydrologisk model, der giver en platform for optimering af pumpers effektivitet og begrænsning af energiforbruget.

Med en databaseret regressions model (ARX-modellering) analyseres relationen mellem vandniveauet og strømforbruget ved pumpestationer i tilknytning til DHSV Eiderstedt i Nordtyskland.

Resultat

Modellens kvantitative forudsigelser udføres dagligt med hjælp af vejrdata for de kommende 2-3 dage kombineret med måling af vandniveauet og energiforbruget. Partnerskabet har udviklet en model prototype, der kan forudsige energiforbruget og dermed hjælpe et pumpelaug til at tage strategiske beslutninger vedr. drifts- og energioptimering af pumperne i fremtiden.

Prototypen kan let tilpasses nye lokaliteter, og kan gøres endnu mere præcis ved at tilføje data fra sensormålinger.



Partnere i samarbejdet:

C A U Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

DHSV Eiderstedt

VESCON AQUA GmbH

GRØNBECH



Lighthouse of Competences

Lighthouse

For at sikre et afterlife af NEPTUN, er der skabt to fyrtårns projekter, hvor man som virksomhed og aktør indenfor vandbranchen, kan vidensdele og fremvise løsninger. 'Lighthouse of Competences' omfatter fysiske løsninger og en digital løsning.

Ved Green Tech Center i Vejle er der etableret en udstilling, hvor nogle af de prototyper, der er en del af NEPTUN kan ses. Centeret danner ramme som formidlings- og forsøgscenter for miljøteknologi og huser det fysiske 'Lighthouse of Competences'.

Det digitale 'Lighthouse of Competences' giver større mulighed for at dele viden og fremvise løsninger på tværs af den dansk-tyske grænse. Det foreligger som en skitse til implementering ved NEPTUN's afslutning.

©2018, Lisbeth Behrendt, Middelfart Kommune

Living Lab

Hvor løsninger bliver udviklet, testet og implementeret i samspil mellem virksomheder og problemejere.



Forurenet overfladevand

Middelfart Kommune har sammen med Green Solution etableret flydende planteøer i et regnvandsbassin som en del af "Klimabyen", hvor overfladevand fra veje ender.

Planterne skal være med til at optage næringsstoffer fra vandet og fungerer som en form for vandrensning. Samtidig medvirker planterne til at holde bassinet fri for alger og bidrager til at øge biodiversiteten. Øerne er anlagt med flerårige planter som gør planteøerne robuste om vinteren.

Sponge City

Kiel Universitet har testet konceptet "Sponge City", som handler om at forsinke eller opsamle overskydende regnvand under vejen. Disse tiltag kan forhindre oversvømmelse og samtidigt give merværdi via øget biodiversitet i byer.



Living Lab information kan findes på:
www.neptun-vand.dk

Skitseprojekter

Til inspiration og starthjælp til gennemførelse af vand- og klimatilpasningsløsninger.





©2022, BlueKolding/WSP

Vejens vand i Vamdrup

Når det regner i Vamdrup, ledes regnvandet til kloakkerne sammen med spildevandet. Det resulterer i overløb, som kan forhindres vha. LAR-løsninger. LAR står for **L**okal **A**fledning af **R**egnvand.

BlueKolding har skabt et katalog over mulige regnvandsløsninger, så de kan overholde kommunens serviceniveau og skabe et grønnere Vamdrup.



©2016, Claus Fisker, Fredericia Kommune





©2015, Fredericia Kommune

Ullerup Bæk - en model for hele vandkredsløbet

Skitseprojektet har skabt en open-sourcemodel for hele vandkredsløbet, der kan identificere og afprøve projektforslag. Fordelen ved en åben og transparent model er bl.a. at styrke det faglige grundlag til udvælgelse af projekter som skal iværksættes.

Projektet er skabt i samarbejde mellem Fredericia Spildevand og Kjartan Ravn Consult.

Begge projekters katalog og viden kan findes på: **www.neptun-vand.dk/da/activities/test/**

Regn den ud
- LAR løsninger for bygningsejere



Find inspirationskataloget ved
at scanne QR-koden.



Når det regner på etagebyggeri

Klimatilpasning handler om de ændringer, vi kan gøre for at blive mindst muligt påvirket af klimaforandringer. Derfor er der behov for at store bygningsejere med tagarealer og pladser udfører **L**okal **A**fledning af **R**egnvand (LAR) på egne arealer og beskytter bygninger mod oversvømmelse ved skybrud.

Region Syddanmark, Learnmark, BlueKolding, Fredericia Spildevand og CLEAN har gennemført seminarer for store bygningsejere med inspiration til, hvordan man kommer i gang, og hvordan sådanne anlæg kan designes, dimensioneres og tilføre merværdi med biodiversitet, rekreative byrum, leg og læring. Alt viden er samlet i kataloget “Regn den ud” som du finder ved at scanne QR-koden.



Organisationer og virksomheder deltaget i NEPTUN

Økonomiske partnere:
- BlueKolding
- Christian-Albrecht-Universität zu Kiel
- CLEAN - Danmarks miljøklynge
- Fredericia Spildevand
- Green Tech Center
- Kreis Nordfriesland
- Learnmark Horsens
- Middelfart Kommune
- Region Syddanmark
- Stadt Flensburg
- Syddansk Universitet
- Aalborg Universitet

Netværkspartnere:
- DHSV Eiderstedt
- DHSV Südwesthörn-Bongisel
- FBR - Fachvereinigung Betriebs- und Regenwasser e.V
- IHK Flensburg
- Kreis Schleswig-Flensburg
- Maritimes Cluster Norddeutschland e. V.
- Middelfart Spildevand
- Odsherred Forsyning
- Region Sjælland
- Sønderborg Forsynin
- TBZ Flensburg
- WFG - Wirtschaftförderung Kreises Rendsburg-Eckernförde

Virksomheder:
- Aquagreen ApS
- Aguardio ApS
- Aquasense ApS
- Civilingeniør Benjamin Refsgaard
- Eco Island ApS
- FlowLoop ApS
- Grønbech & Sønner A/S
- HGSim-HydroGeoSimulation GmbH
- Hydro & meteo GmbH
- Kalb ApS
- Kjartan Ravn Consult ApS
- LNH Water A/S
- Mattle ApS
- NATOUR ApS
- PDV Systeme GmbH
- VARYC I/S
- Vescon Aqua GmbH
- Wasys A/S

Øvrige partnere:
- DANVA
- DBI - Dansk Brand- og sikringsteknisk institut
- DIN Forsyning
- Leibniz Universität Hannover
- Lemvig Vand
- Middelfart Spildevand
- Schleswig-Holstein
- Stadtwerke Norderstedt
- Teknologisk Institut



Kataloget er udarbejdet for Interreg projektet NEPTUN, der ledes af CLEAN - Danmarks miljøklynge. Alle foto og illustrationer tilhører CLEAN, hvor andet ikke er angivet.

NEPTUN er finansieret af Interreg Deutschland-Danmark med midler fra den Europæiske Fond for Regionaludvikling.
Læs mere på www.interreg5a.eu

Interreg
Deutschland - Danmark
EUROPEAN UNION