

BTO 2005.038
juli 2005

Workshop CARE-W

Jon Røstum, 15 juni 2005



The image is a screenshot of a presentation slide. At the top left, there is a SINTEF logo. The main title of the slide is 'Computer Aided REhabilitation of Water networks', with 'CARE' in a purple box. Below the title, on the left, is the name 'Dr Jon Røstum'. On the right is a photograph of two sections of a large pipe; the left section is heavily corroded and blocked with dark material, while the right section is clean and shows the internal structure. At the bottom, the text reads 'SINTEF Water and Environment' and 'E-mail: jon.rostum@sintef.no'.

SINTEF

W **CARE** **Computer Aided REhabilitation of Water networks**

Dr Jon Røstum

SINTEF Water and Environment
E-mail: jon.rostum@sintef.no

BTO 2005.038
juli 2005

Workshop CARE-W

Jon Røstum, 15 juni 2005

© 2005 Kiwa N.V.
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een
geautomatiseerd
gegevensbestand, of
openbaar gemaakt, in enige
vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch,
mechanisch, door
fotokopieën, opnamen, of
enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de
uitgever.

Kiwa N.V.
Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Tel. (030) 606 95 11
Fax (030) 606 11 65
www.kiwa.nl

Colofon

Titel

Workshop CARE-W
Jon Røstum, 15 juni 2005

Projectnummer

11.1532.100

Projectmanager

W.J.M.K. Senden

Opdrachtgever

BTO

Kwaliteitsborger(s)

E.J.M. Blokker

Auteur(s)

R.H.S. Beuken

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar

Inhoud

	Inhoud	1
1	Inleiding	3
2	Presentatie CARE-W	5
2.1	Een 'vrolijk' begin	5
2.2	Inleiding CARE-W	5
2.3	Performance indicator tool	7
2.4	Long-term planning tool	7
2.5	Failure forecasting modules	7
2.6	Reliability models	7
2.7	Annual rehabilitation planning tool	8
2.8	Implementatie van CARE-W	8
3	Conclusies en aanbevelingen	11
I	Slides Presentatie CARE-W	13

1 Inleiding

In het kader van het project COST C19 'Pro-active risk management of urban infra structure' heeft Kiwa Water Research op woensdag 15 juni 2005 een workshop georganiseerd over het CARE-W programma. Deze workshop werd gegeven door Dr. Jon Røstum van SINTEF uit Noorwegen. SINTEF is als onderzoeksinstituut betrokken bij de ontwikkeling en vermarkting van CARE-W.

CARE-W staat voor Computer Aided Rehabilitation of Water Networks en is recent ontwikkeld door een consortium van Europese onderzoeksinstituten en waterbedrijven. CARE-W is een pakket dat bestaat uit een aantal modules die waterbedrijven kunnen ondersteunen in het beheer van leidingnetten. Het doel van deze workshop was om betrokkenen bij het beheer van leidingnetten op tactisch niveau (asset managers) diepgaand te informeren over CARE-W.

Onderstaande personen hebben aan de workshop deelgenomen:

1. Rik Mars (WLB)
2. Geert Kloosterman (TWM)
3. Kees Ruijg (DZH)
4. Adri Varkevisser (DZH)
5. Ferry Roman (DZH)
6. Tjakko Haaijer (BW)
7. Ad van Mol (BW)
8. Wim van Berkel (BW)
9. Karel Vangeel (PIDPA)
10. Felix Manikowski (WML)
11. Petra Holzhaus (WMD)
12. Henk de Kater (EVIDES)
13. Erick Oostermeyer (HMN)
14. Henk Harmens (HAD)
15. Eric de Vos (PWN)
16. Ronald Laverman (WLB)
17. Geert-Jan van Heck (WLB)
18. Erik Amting (Vitens)
19. Ralph Beuken, Christian Kivit, Mirjam Blokker (Kiwa)

Onderstaande personen namen deel aan de Platformgroep Bedrijfsvoering en hebben het eerste uur van de workshop bijgewoond:

1. Loek Stam (WLB)
2. Sjaak Verburg (Evides)
3. Eri salomé (H-Fl)
4. Ad de Waal Malefijt (DZH)
5. Eddy Postmus (WbGr)
6. Jan Vreeburg (Kiwa)

In Hoofdstuk 2 wordt de presentatie besproken. Een selectie van de relevante PowerPoint slides is gegeven in Bijlage I. In hoofdstuk 3 staan conclusies en aanbevelingen.

2 Presentatie CARE-W

In onderstaande paragrafen wordt een korte weergave gegeven van de presentatie van Jon Røstum. Voor de PowerPoint slides wordt verwezen naar Bijlage I. Het rapport van het CARE-W consortium over het programma is beschikbaar op WatNet (doorlinken op WatNet, kennis, waterinfrastructuur, asset management, projecten, actief, COST C19). Voor verdere informatie over CARE-W wordt verwezen naar de website:

<http://care-w.unife.it/intro.html> .

2.1 Een 'vrolijk' begin

Als opfrisser begint Jon zijn presentatie met een aantal foto's waarin een auto in een plas rijdt. De plas blijkt veroorzaakt te zijn door een lek in de waterleiding. Dit lek is echter zo diep dat de auto er bijna helemaal in verdwijnt. Het is een extreem voorbeeld waartoe een lek in de waterleiding kan leiden.

2.2 Inleiding CARE-W

CARE-W is een gezamenlijk onderzoeksinitiatief met als doel het opzetten van een Europees framework voor het in goede staat houden van waterdistributienetwerken. Het project is medegefinancierd door de Europese Commissie, in het kader van het 5^{de} Kaderprogramma voor Onderzoek en Ontwikkeling.

Het CARE-W consortium bestaat uit 11 onderzoekspartners en 13 eindgebruikers, die samen 8 Europese landen vertegenwoordigen. Centrale coördinatie vindt plaats door SINTEF uit Noorwegen.

De onderzoekspartners zijn:

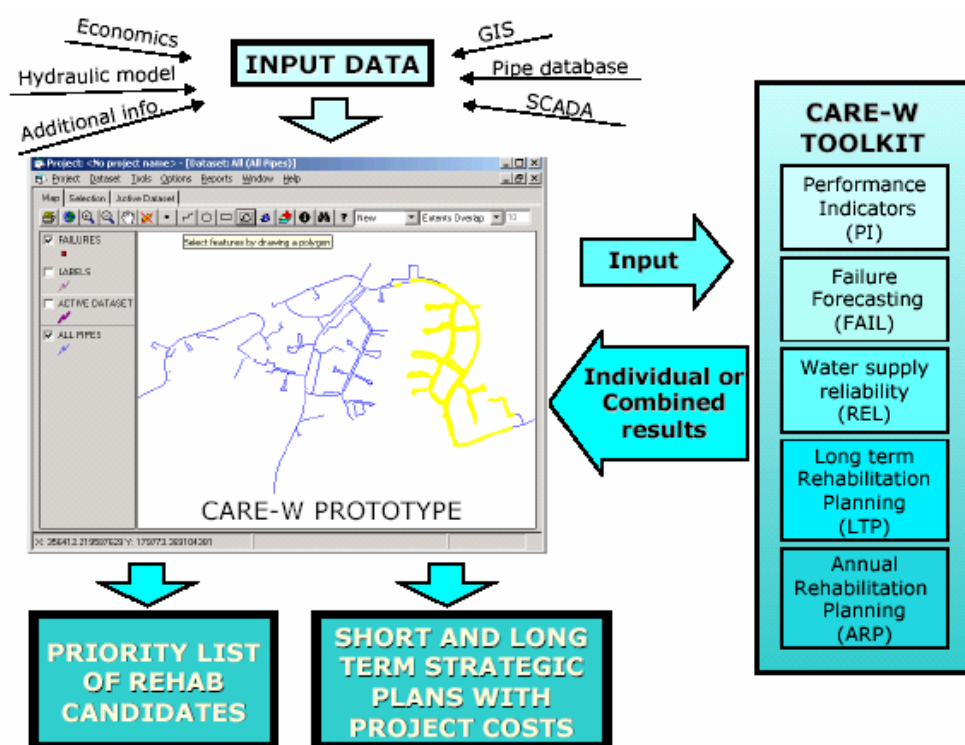
- SINTEF, Foundation for Industrial and Technical Research, Trondheim, Noorwegen
- NTNU, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Noorwegen
- Brno University of Technology, Tsjechië
- Cemagref, Bordeaux, Frankrijk
- Dresden University of Technology, Dresden, Duitsland
- INSAVALOR, Lyon, Frankrijk
- LNEC, National Civil Engineering Laboratory, Lissabon, Portugal
- WRc, Water Research Centre, Swindon, Verenigd Koninkrijk
- University of Bologna, Bologna, Italië
- University of Ferrara, Ferrara, Italië
- AGAC, Reggio Emilia, Italië

De waterbedrijven van Bristol (UK), Brno (Cz), Codigoro (It), Dresden (D), Ferrara (It), Lausanne (Zw), Lyon (Fr), Oeiras Amadora (Port), Oslo (No), Reggio Emilia (It), Roubaix-Tourcoing (Fr), Stuttgart (D) and Trondheim (No) hebben opgetreden als eindgebruikers en hebben onderdelen van de ontwikkelde tools getest.

CARE-W is een softwarepakket dat bedrijven ondersteunt in het nemen van beslissingen over onderhoud en vervanging van het leidingnet. Een

schematisch overzicht van de opzet van CARE-W is gegeven in Figuur 1. Het pakket bestaat uit tools voor het toekennen van prestatie-indicatoren, het voorspellen van aantallen leidingbreuken en het berekenen van de betrouwbaarheid van de levering van water. Op basis hiervan kunnen zowel de investeringsbehoeften voor de lange termijn, als de jaarlijkse rehabilitatieprojecten worden geselecteerd en geprioriteerd. Projecten kunnen worden geanalyseerd door een 'rehabilitation manager' die verschillende manieren van rehabilitatie vergelijkt voor geselecteerde leidingen.

Informatie is zoveel mogelijk afgestemd op databases en GIS systemen die reeds in gebruik zijn bij waterbedrijven. Resultaten van de programma's worden gepresenteerd in een GIS-viewer.



Figuur 1: Overzicht van CARE-W

Jon benadrukt dat resultaten van CARE-W altijd met zorg geïnterpreteerd moeten worden. In veel gevallen is de invoerdata niet volledig correct en ook geven de tools slechts een beperkte benadering van de werkelijkheid. De kracht van CARE-W is dat het een vastomlijnde methode aanreikt, waarbinnen tools zijn ontwikkeld. Door te werken volgens die methode zullen beslissingen genomen worden over het vervangen van leidingen op rationele gronden en op consequente wijze. Een van de opmerkingen die Jon in dit verband maakt is:

It is better to be roughly right,
than precisely wrong!

2.3 Performance indicator tool

De Performance Indicator (PI) tool ondersteunt het waterbedrijf door het meten van de prestaties van het netwerk. De PI-tool is afgeleid van de door het IWA ontwikkelde systeem van performance indicators. De PI-tool kan ingezet worden om vergelijkingen te maken:

- tussen verschillende bedrijven (bijvoorbeeld bij benchmarking),
- tussen delen binnen een bedrijf (bijvoorbeeld voor het toewijzen van middelen) en
- om ontwikkelingen van indicatoren in de tijd te volgen.

Er is een groot aantal indicatoren opgesteld met betrekking tot het beheren van distributieleidingen. Deze indicatoren zijn in de PI-tool overzichtelijk gerangschikt en beschreven. Jon geeft een voorbeeld van Stockholm, waarbij de indicatoren zijn ingevoerd per zone in het distributienet. Via een GIS-viewer krijgt Stockholm inzicht in de score van indicatoren per distributiegebied en het verloop van indicatoren in de tijd.

2.4 Long-term planning tool

Long Term Planning (LTP) geeft informatie over de hoogte en spreiding van investeringen voor de rehabilitatie van leidingen op lange termijn. De module LTP is een vertaling van het programma KANEW, dat is ontwikkeld door de Universiteit van Dresden.

2.5 Failure forecasting modules

Failure Forecasting (FAIL) berekent de waarschijnlijkheid dat een breuk zal optreden in een individuele leiding op basis van gerapporteerde storingen. Volgens Jon Røstum kan met een storingendatabase van 5 jaar al een goede voorspelling gemaakt worden. De vraag is of dit ook geldt voor de Nederlandse situatie waar slechts weinig storingen voorkomen. Jon liet een voorbeeld zien van een klein netwerk met ongeveer 200 leidingen. Het model FAIL bepaalt met een statistische benadering dat er in dit voorbeeld een significante relatie is tussen enerzijds het aantal storingen en anderzijds de lengte van de leiding en het leidingmateriaal. Het model kwantificeert ook de significantie. Met behulp hiervan kan voor de toekomst een prognose worden gemaakt van het aantal storingen voor alle leidingen. In de praktijk kunnen voor elk onderzoeksgebied verschillende parameters significant zijn met wisselende coëfficiënten.

2.6 Reliability models

Water Supply Reliability (REL) combineert de kans op het optreden van een breuk met de hydraulische functie van de leiding binnen het netwerk. Deze berekening resulteert in een betrouwbaarheidsindex van de leiding. In CARE-W zijn drie verschillende modellen opgenomen waarmee een betrouwbaarheidsberekening kan worden uitgevoerd. Voor de Nederlandse waterbedrijven lijkt het programma Aquarel het meest interessant. Aquarel is gebaseerd op het wijdverspreide leidingnetberekeningsprogramma Epanet. De output van de tool FAIL genereert een voorspelling van de kans op leidingbreuk. Aquarel neemt één voor één elke leiding uit bedrijf en berekent met behulp van een drukafhankelijke berekening de verminderde levering op alle knopen. Bij deze berekening wordt ook rekening gehouden met aanwezige bergingsvolumen in het net. Per leidingtype wordt een waarde

voor de mean time to repair (MTTR) opgegeven. Aquarel drukt de betrouwbaarheid van een leiding uit als een functie van de kans op een leidingbreuk, de effecten voor de levering tijdens een breuk en de duur van de breuk (MTTR).

2.7 Annual rehabilitation planning tool

Annual Rehab Planning (ARP) is een instrument dat leidingen selecteert die op korte termijn gerehabiliteerd moeten worden. Deze selectie is gebaseerd op een multi-criteria analyse waarin outputdata van REL, FAIL en andere bedrijfsinformatie wordt gewogen. In Figuur 2 is een overzicht gegeven van de beschikbare criteria in de ARP-tool.

Points of view	Criteria
Co-ordination	Co-ordination-score - COS(i)
Repair costs	Annual Repair Costs - ARC(i)
Water losses	Water losses index - WLI(i)
	Predicted Water Interruption - PWI(i)
Water interruptions	Predicted Critical Water Interruption - PCWI(i)
	Predicted Frequency of Water Interruption - PFWI(i)
	Damage due to Flooding in Housing areas - DFH(i)
	Damage due to Flooding in Industrial areas - DFI(i)
Damages and disruptions	Damage due to soil movement - DSM(i)
	Traffic disruptions - DT(i)
	Damage and/or disruption on other infrastructure DDI(i)
Water quality	Water quality deficiencies index - WQD(i)
Hydraulic reliability	Hydraulic criticality index - HCI(i)
Rehabilitation costs	Unit cost of rehabilitation - UCR(i-j)
	info1
	info2
	info3
	info4
	info5

Figuur 2: Overzicht van de beschikbare criteria in ARP

Voor alle leidingen wordt volgens een opgezette procedure de score bepaald voor alle relevant geachte criteria. Per leiding wordt een profiel bepaald, dat wordt afgezet tegenover twee referentieprofielen. Vervolgens worden leidingen ingedeeld in 6 prioriteitscategorieën.

2.8 Implementatie van CARE-W

CARE-W is een pakket dat de gebruiker ondersteunt bij het prioriteren van maatregelen voor vervangen of onderhouden van leidingen. De kwaliteit van de voorspelling is vanzelfsprekend afhankelijk van de kwaliteit van de invoergegevens. In de praktijk blijkt dat het gereedmaken en het controleren van de invoergegevens een aanzienlijk onderdeel is in het maken van een voorspelling. Jon Røstum gaf aan dat uit ervaring blijkt dat 75% van de inspanning gericht is op het bewerken en controleren van data en slechts 25% op de analyse. Met name op gegevens afkomstig van een leidingeninformatiesysteem zal een grondige foutenanalyse moeten plaatsvinden. Fouten als verkeerd ingevoerde jaartallen, materiaalcodes en diameters zullen verbeterd moeten worden. Daarnaast is ook de kwaliteit van

de storingenregistratie van belang; welke gegevens zijn opgenomen en hoe is de betrouwbaarheid? Een ander aandachtspunt met betrekking tot registratie van storingen is of deze gerelateerd worden aan een adres (postcode en huisnummer) of aan een leiding. In het eerste geval zal een vertaalslag genaakt moeten worden van adres naar leiding, wat in bepaalde gevallen (hoekhuis met een leiding voor en naast het huis) een behoorlijke inspanning kan vergen.

3 Conclusies en aanbevelingen

Gezien de hoge opkomst kan geconcludeerd worden dat de belangstelling voor dit onderwerp groot is. Tijdens de afsluiting van de workshop werd door de aanwezigen aangegeven dat men in het algemeen positief staat ten opzichte van een tool als CARE-W. De aanwezigen gaven ook aan dat de waterbedrijven hun informatievoorziening op een dusdanig niveau hebben dat het implementeren van CARE-W mogelijk wordt geacht. Verdere oriëntatie op CARE-W werd door de aanwezigen zinvol geacht.

Opgemerkt moet worden dat er naast CARE-W ook andere pakketten bestaan ter ondersteuning van het vervanging- en onderhoudsbeleid. Hierbij valt te denken aan zoals PARMS (ontwikkeld door SCIRO, Australië), LEADA (ontwikkeld door Yorkshire Water) of WARP (ontwikkeld door NRC, Canada).

Een aantal bedrijven maakt op dit moment gebruik van het in het BTO ontwikkelde Kennissysteem Levensduurbepaling (KSLB). Tijdens de workshop is de vraag gesteld of CARE-W complementair is aan het KSLB of dat het dit kan vervangen. Vooralsnog lijken beide systemen complementair. Het KSLB richt zich op het verzamelen van specifieke informatie over leidingen waarbij relatief veel informatie wordt vergaard over een beperkt aantal situaties. Hiermee wordt inzicht verkregen in de processen die van invloed zijn op de leidingconditie. Bij CARE-W staat een statistische analyse van storingen centraal. Hierbij wordt geen aandacht gegeven aan de mechanismen die storingen veroorzaken. Op basis van de storingsanalyse wordt een betrouwbaarheid voorspeld voor alle leidingen.

Op basis van de workshop, de bestaande contacten met SINTEF en de positieve reactie tijdens de workshop bevelen wij de waterbedrijven aan om zich verder te oriënteren op de mogelijkheden van implementatie van een programma, zoals CARE-W, voor het ondersteunen van beslissingen voor vervanging en onderhoud. Een eerste stap hierin is het krijgen van een beter inzicht in:

- Wat zijn de eisen die CARE-W stelt aan invoerdata en in hoeverre kunnen Nederlandse waterbedrijven hieraan voldoen?
- Welke onderdelen van het CARE-W pakket sluiten aan bij de wensen van bedrijven?
- Welke kosten zijn verbonden aan de aanschaf van het CARE-W pakket?
- Welke kosten (inspanningen) voor de bedrijven zijn verbonden aan het implementeren van CARE-W?
- Wat is een realistisch tijdstraject voor het implementeren van CARE-W?
- Wat is de ondersteuning die het CARE-W consortium kan leveren bij verdere implementatie en gebruik, wat zijn hierbij de voorwaarden en is het gewenst dat Kiwa hierin een rol speelt.

De vraag doet zich voor of het zinvol is om op dit moment de contacten aan te halen met CARE-W of dat eerst een verdere analyse gemaakt dient te

worden van de overige bestaande pakketten. Het lastige in deze discussie is dat een goede evaluatie van een pakket pas mogelijk is nadat het is getest. Voorgesteld wordt om enerzijds nauwere gesprekken aan te gaan met CARE-W met als doel zicht te krijgen in de mogelijkheden van een dergelijk pakket. Anderzijds dient ook oriëntatie op andere pakketten plaats te vinden. In het BTO Investeringsprognose zal hier verdere aandacht aan worden besteed.

I Slides Presentatie CARE-W

SINTEF

W CARE **Computer Aided REhabilitation
of Water networks**

Dr Jon Røstum



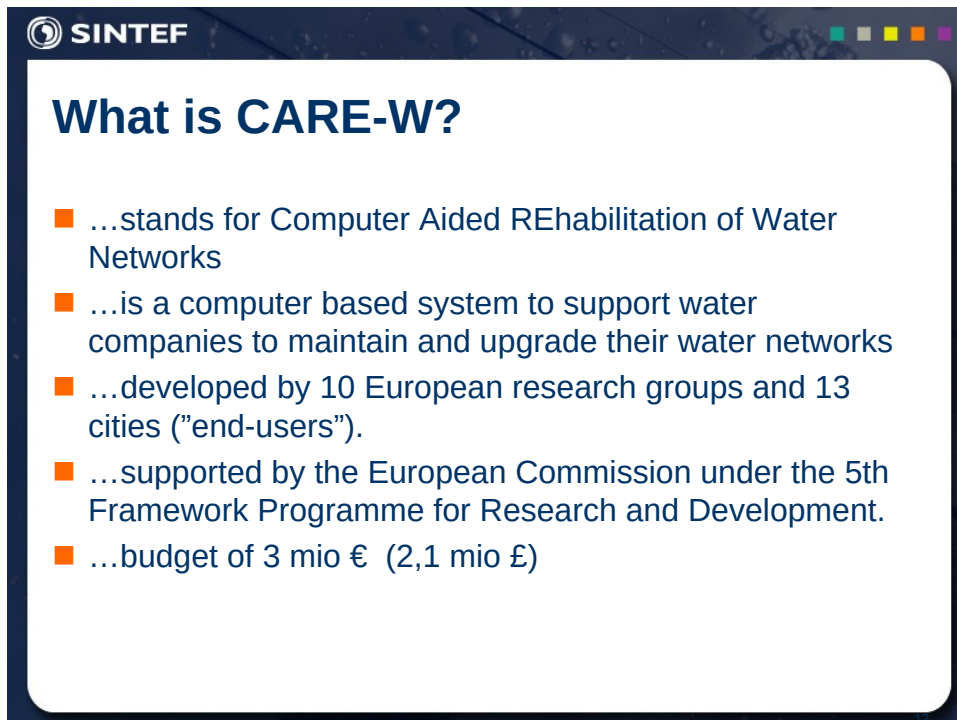
SINTEF Water and Environment
E-mail: jon.rostum@sintef.no

1. Een 'vrolijk' begin



2. Inleiding CARE-W

11



SINTEF

What is CARE-W?

- ...stands for Computer Aided REhabilitation of Water Networks
- ...is a computer based system to support water companies to maintain and upgrade their water networks
- ...developed by 10 European research groups and 13 cities ("end-users").
- ...supported by the European Commission under the 5th Framework Programme for Research and Development.
- ...budget of 3 mio € (2,1 mio £)

CARE-W Philosophy

RE-ACTIVE APPROACH

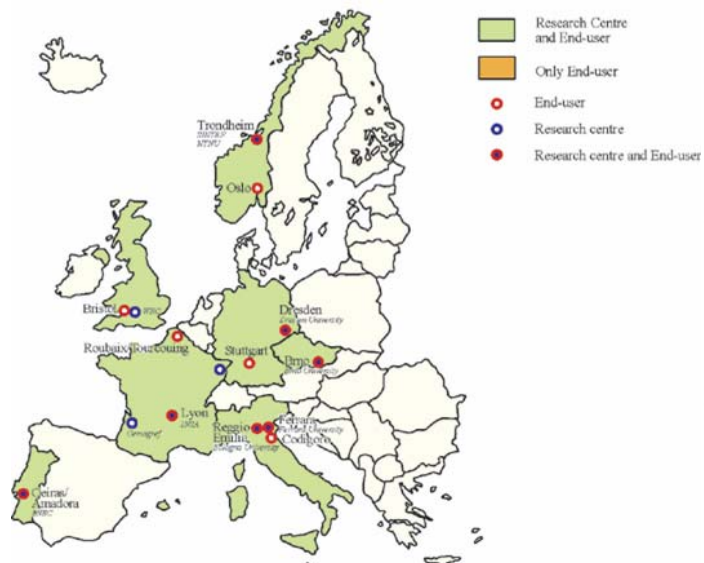


PRO-ACTIVE APPROACH



Our mission: Develop methods and integrated software supporting efficient rehabilitation decisions

Consortium CARE-W

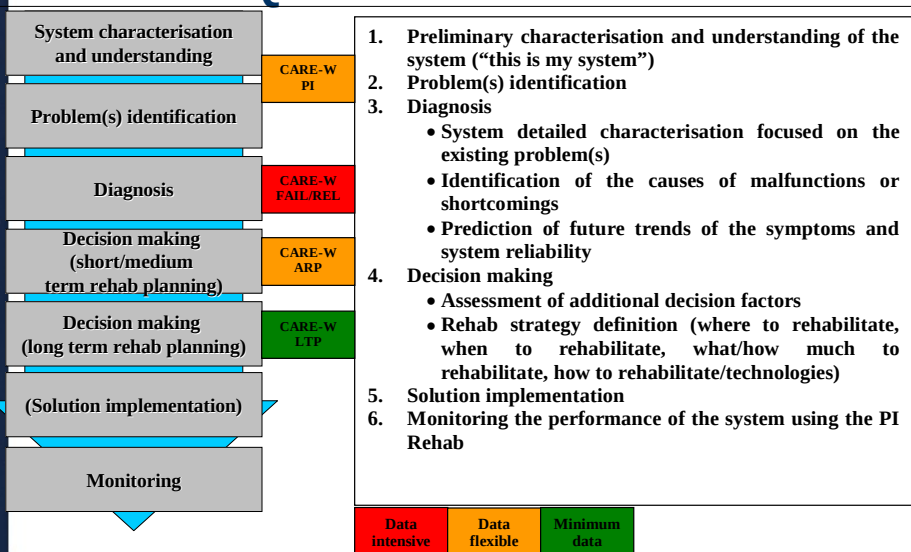


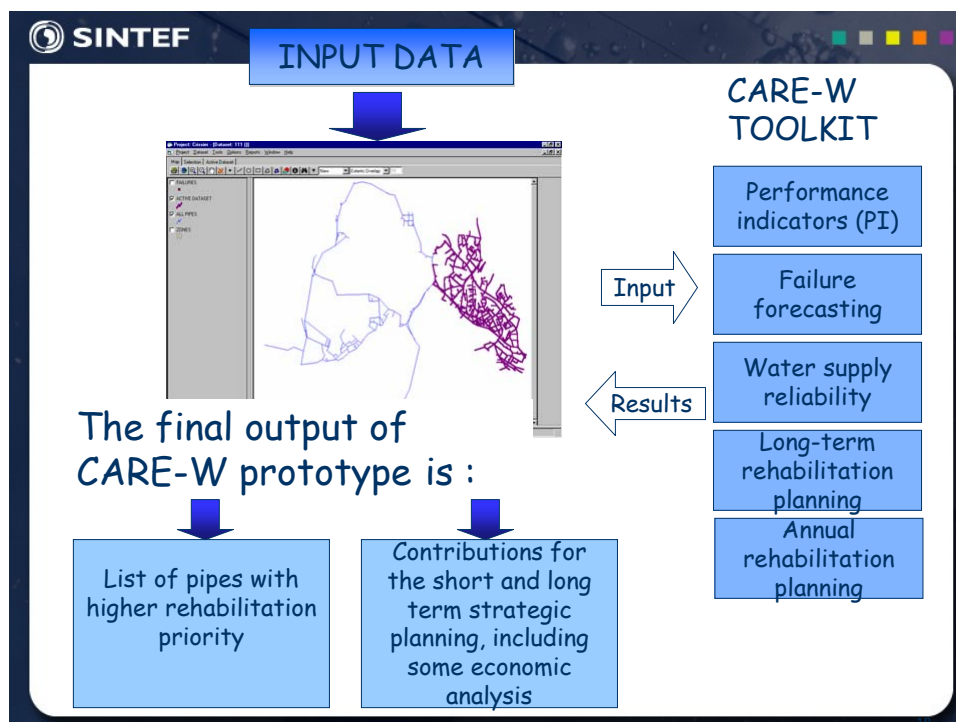
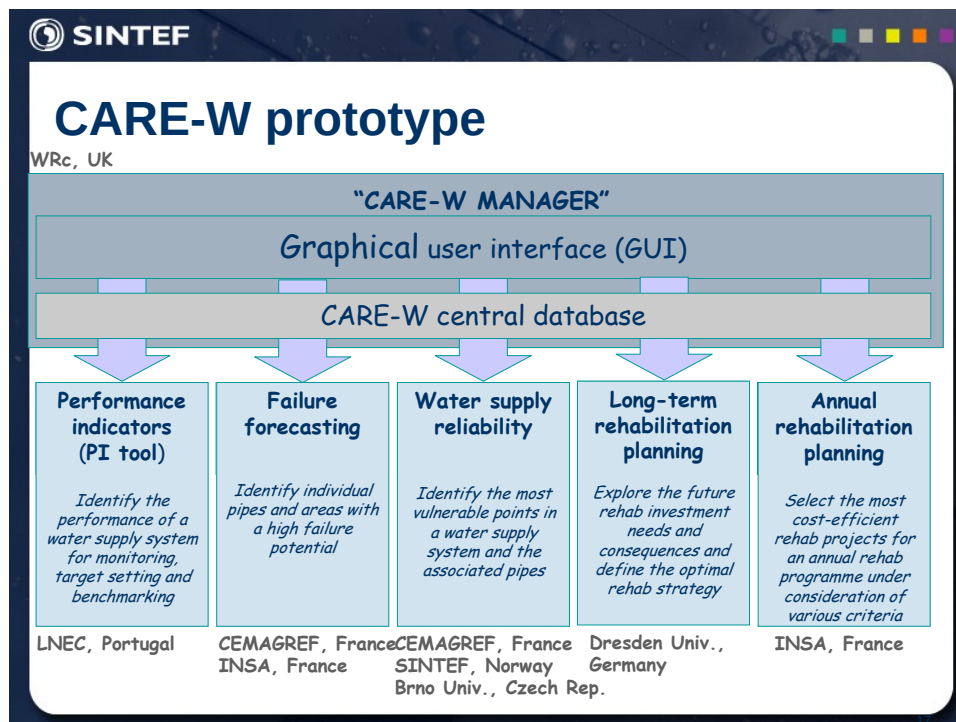
Agenda

CARE-W Scope and overview

- **CARE-W PI** (PI = Performance indicators. *How is my system performing?*)
- **CARE-W LTP** (What are the future investment needs? *10-20 years from now?*)
- **CARE-W FAIL** (Which pipes are most likely to fail and what is the failure rate in 2 years?)
- **CARE-W REL** (Which pipes are most critical?)
- **CARE-W ARP** (How should I rank my rehab projects?)

DATA REQUIREMENTS



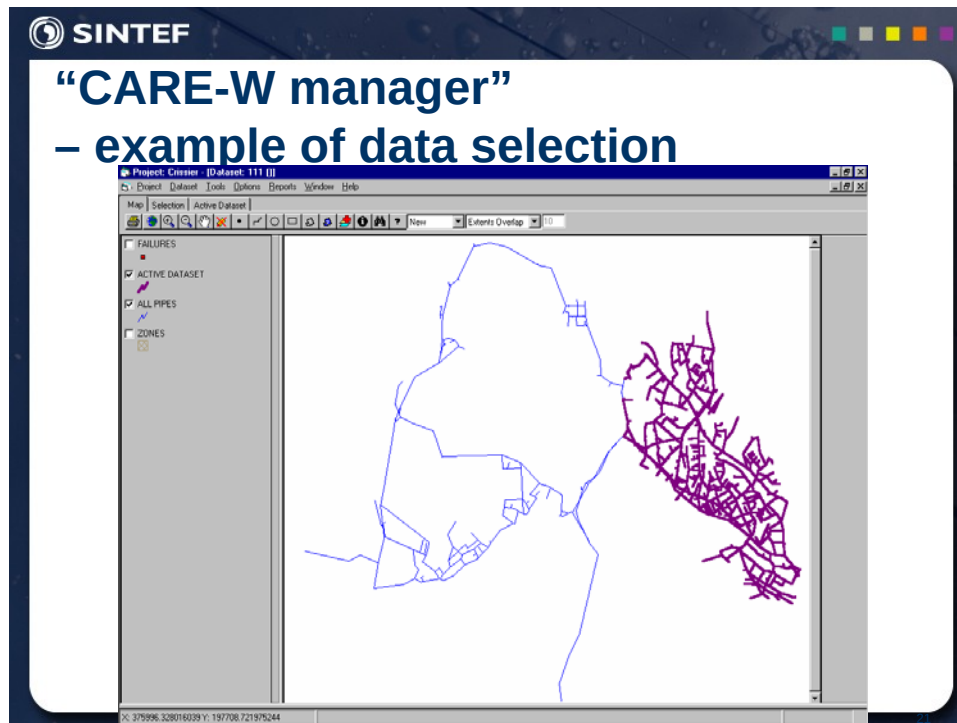


CARE-W: different tools for different situations



“CARE-W manager”

- Manages a central database
- Contains an imbedded GIS
- Allows for data import/export
- Is an integrating platform for all the individual modules
- Allows to generate the input files and run any of the associated applications
- Allows for graphical data input and results representation.



3. Performance indicator tool

Performance indicator tool (PI)

- PI system based on IWA manual (Alegre et al.)
- Extended with more PI's on rehabilitation planning
- Full PI reports (PI, UI, EI) available at public CARE-W web site (<http://care-w.unife.it>)
- Provides a systematic way of dealing with PI (benchmarking, trends, spatial analysis (zonewise))

Op15 Mains rehabilitation

Op15 - Mains rehabilitation (%/year) Length of transmission and distribution mains rehabilitated during the year / total mains length x 100

$$Op15 = D18/C6 \times 100 \text{ or } Op15 = Op16 + Op17$$

C6 - MAINS LENGTH (IWA PI variable)

UNIT OF EXPRESSION: km	REFERENCE DATE: <i>[dd.mm].yy</i>	TYPE: Real
DEFINITION: Total transmission and distribution mains length (service connections not included).		
COMMENT: Mains that are not yet in use or have been put out of service on a permanent basis shall not be accounted for.		

D18 - MAINS REHABILITATION (IWA PI variable)

UNIT OF EXPRESSION: km/year	PERIOD: <i>[dd.mm].yy-1 - [dd.mm].yy</i>	TYPE: Real
DEFINITION: Length of transmission and distribution mains rehabilitated during the year.		
COMMENT: This variable includes not only D19 and D20 but also the length of mains rehabilitated with other techniques.		

Example of a PI tool window

PI/UI Manager: Trondheim Network, from beginning of 09/2002 to end of 09/2002

Select PI/UI:

Trondheim Network-PI

- Water Resources
- Physical
- Operational
 - Op15
 - Op16**
 - Op17
 - Op18
 - Op19
 - Op22
 - Op24
 - Op25
 - Op26
 - Op26a
 - Op26b
 - Op26c
 - Op26d
 - Op26e
 - Op27
 - Op28
 - Op29
 - Op5
- Quality of Service
- Financial

Trondheim Network-UI

- Physical Assets
- Water Volume
- Operational
- Quality of Service
- Financial

PI properties

Code: **Op16** Name: Mains relining

Concept: Length of mains relined during the year / total mains length x 100

Comment:

Processing Rule: $Op16 = D19/C6 \times 100$

Unit: %/year I/wA PI Code: Op16

Target min: Target max:

Group: Operational indicators

Subgroup: Rehabilitation

OK Cancel

Detailed PI result analysis

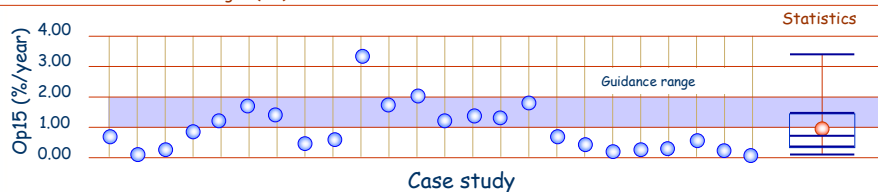
Op15 - MAINS REHABILITATION (%/year)

Concept: Length of transmission and distribution mains rehabilitated during the year / total mains length x 100

Processing rule: $Op15 = D18/C6 \times 100$

Variables: D18 - Mains rehabilitation (km/year)

C6 - Mains length (km)

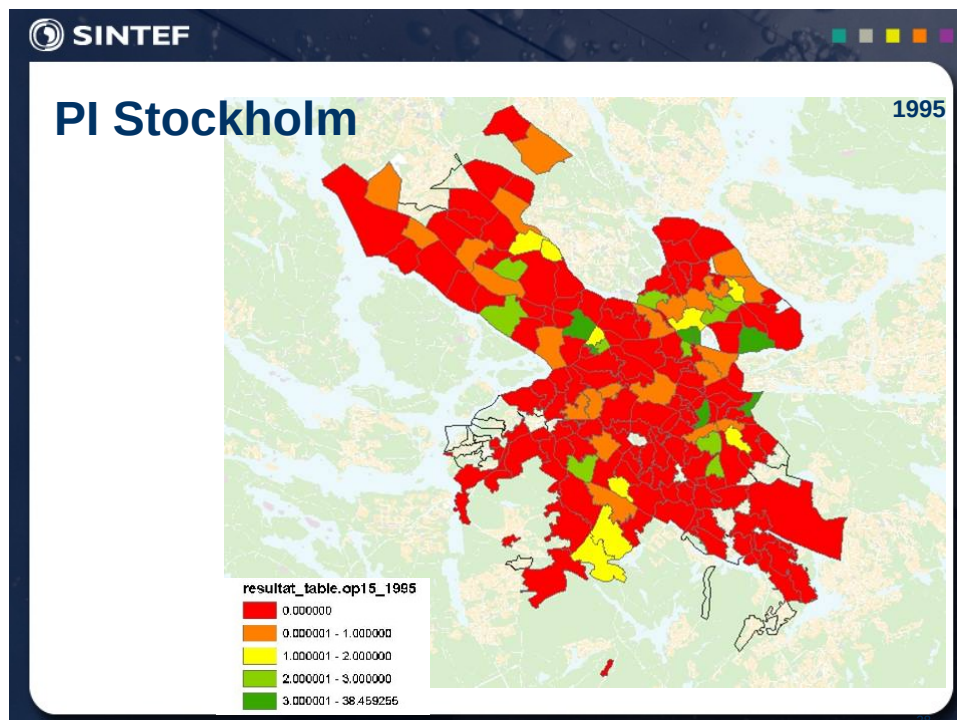
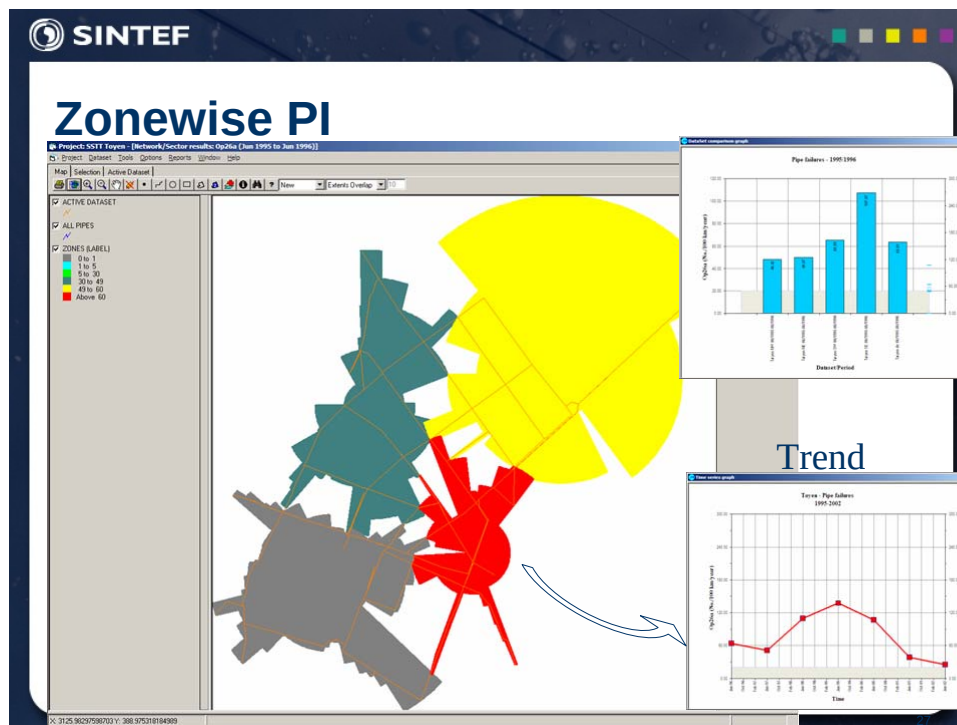


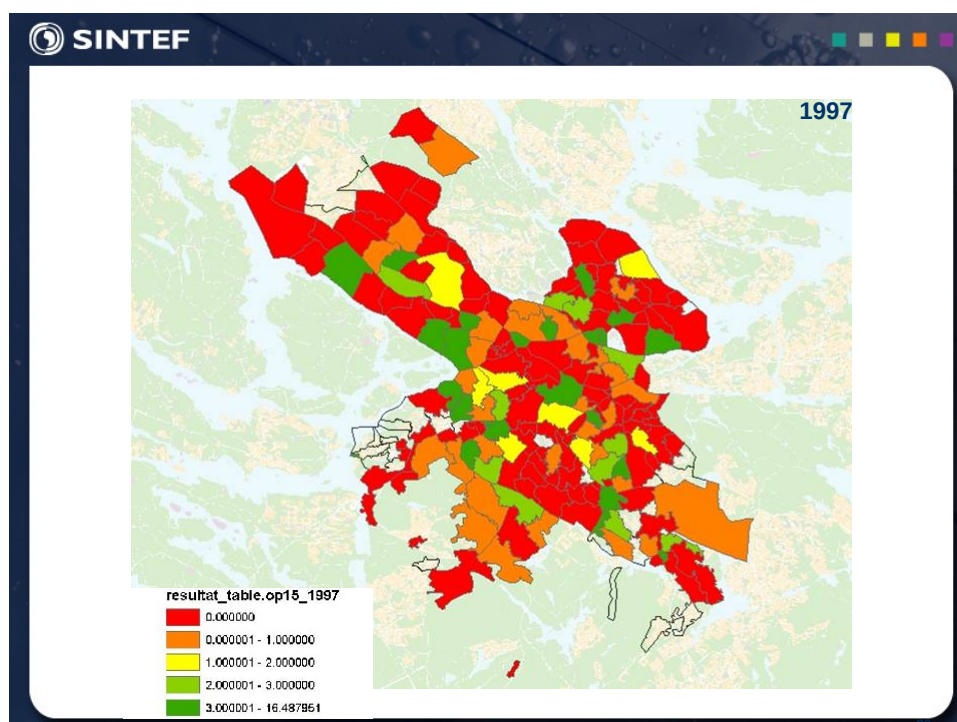
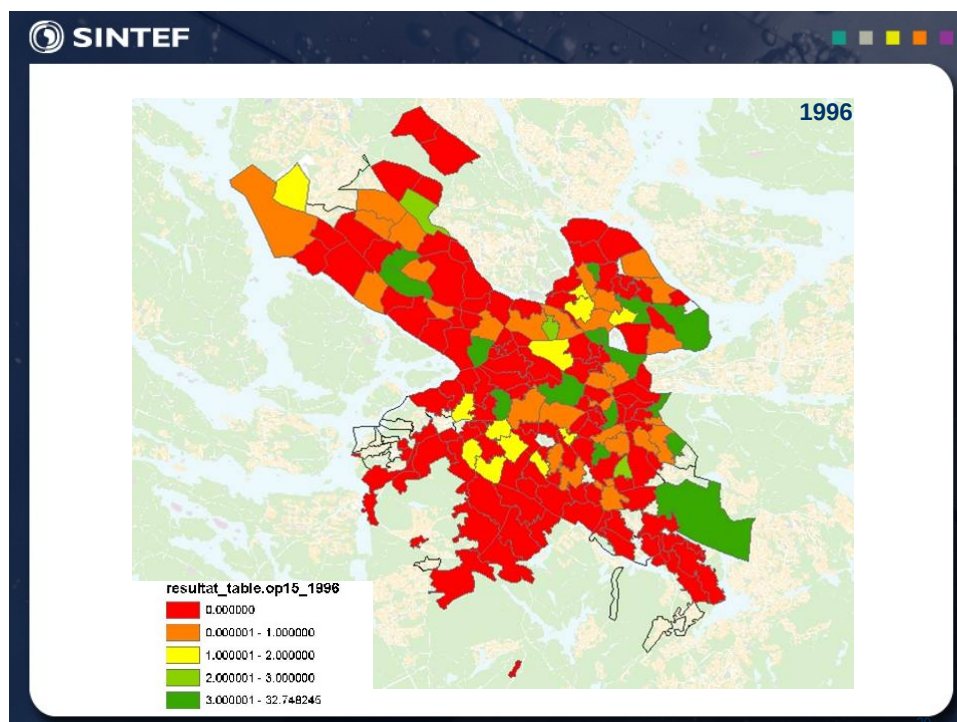
Comments: The mean value of the results collected is 0.91% of mains rehabilitated per year and 50% of the case studies are situated in the range from 0.25 to 1.3% of mains rehabilitated per year. As it might be expected, a significant number of case studies present relatively low rehabilitation rates, corresponding in average to a mains lifetime of 110 years.

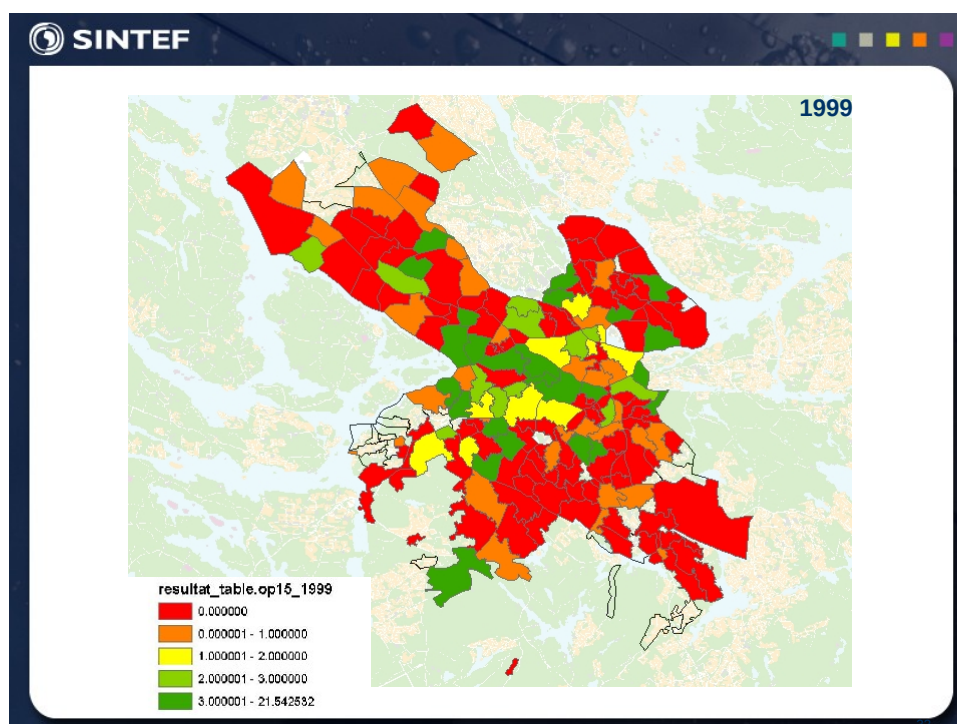
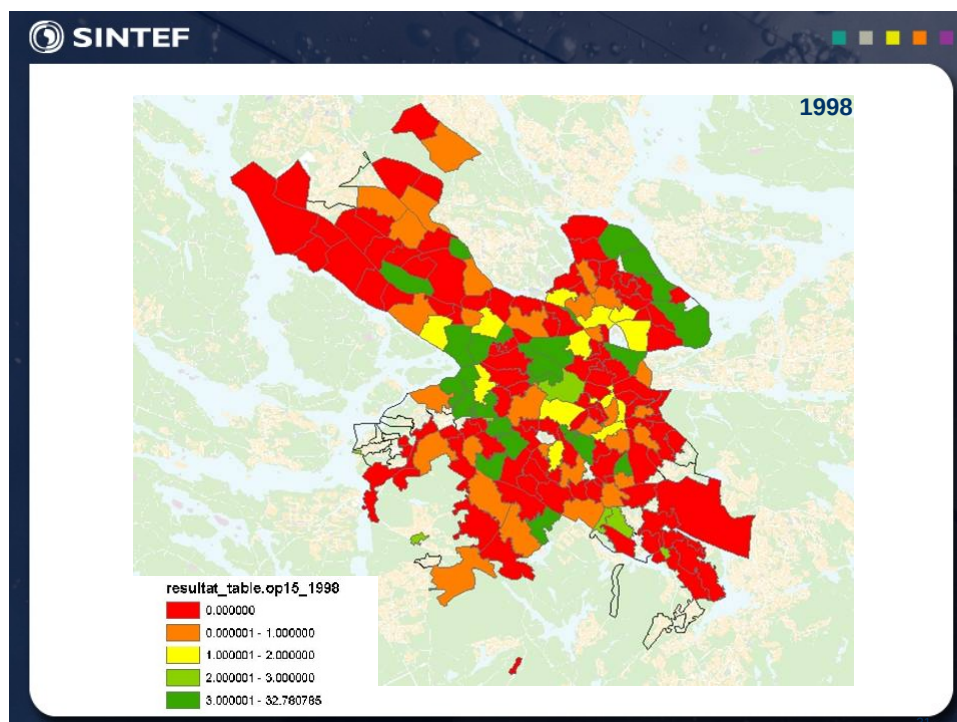
Difficulties: A few end-users had difficulties with D18 (Mains rehabilitation). This difficulty seems to be due to the lack of record, not to the complexity of the variable itself, and nobody recommended abandoning this PI due to assessment difficulties.

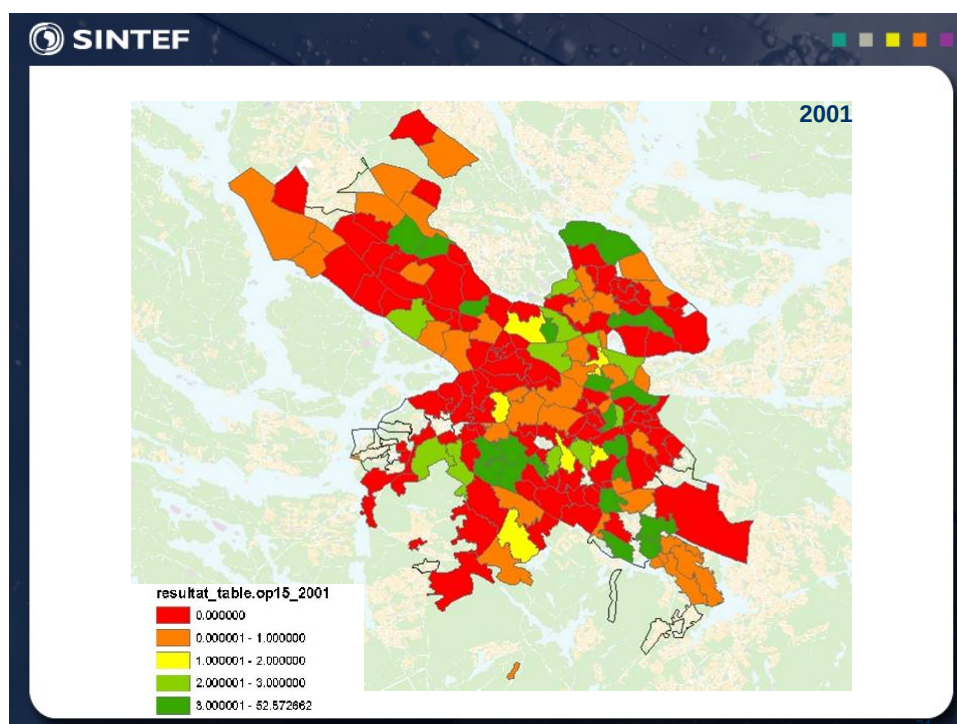
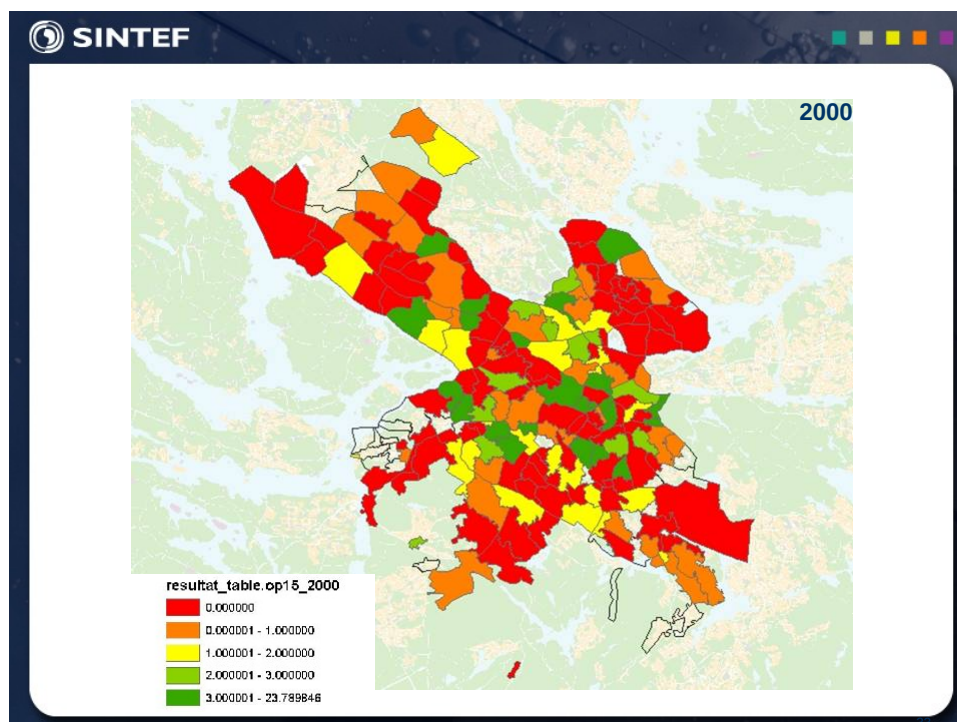
Relevance: This PI is considered essential or important by all end-users.

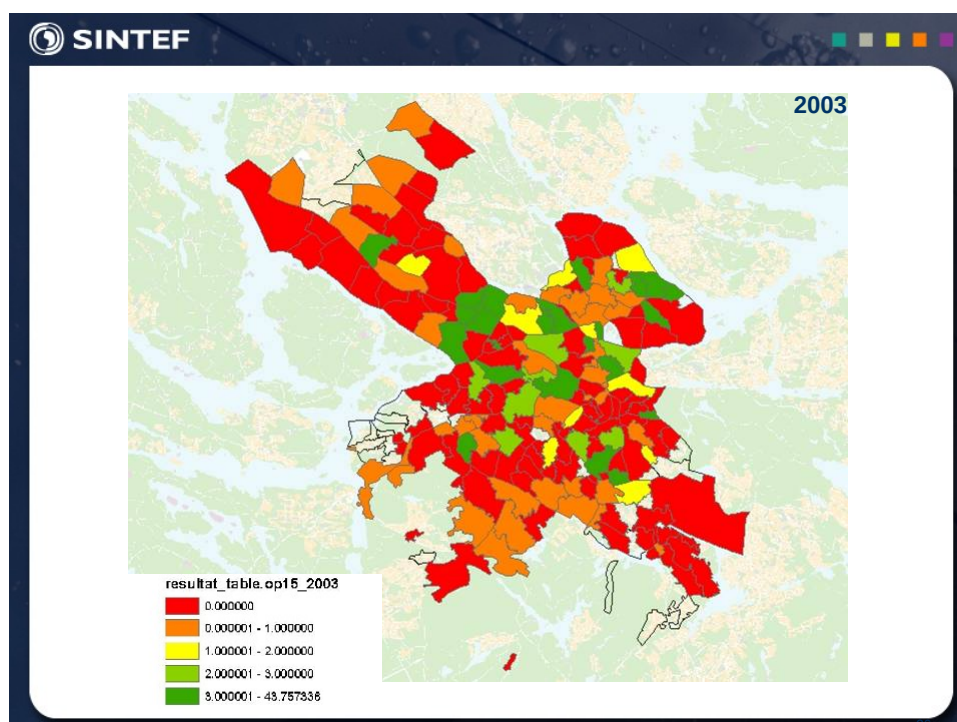
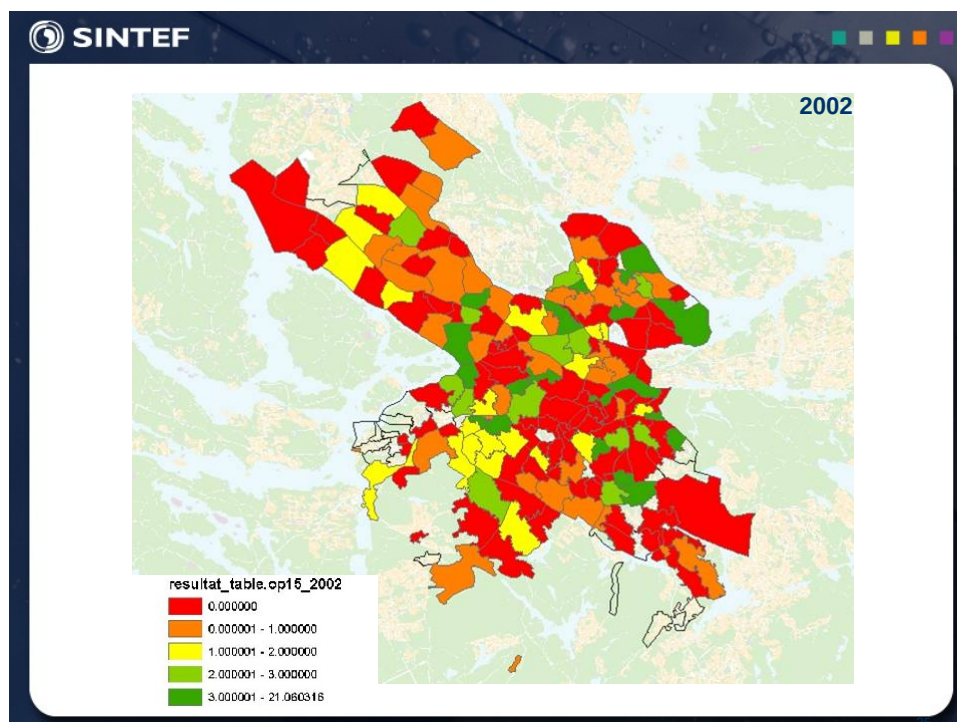
PI guidance range: At this stage, a tentative recommended threshold seems to be 1.0-2.0% of mains rehabilitated per year, representing a global network renovation within a period of 50 to 100 years.

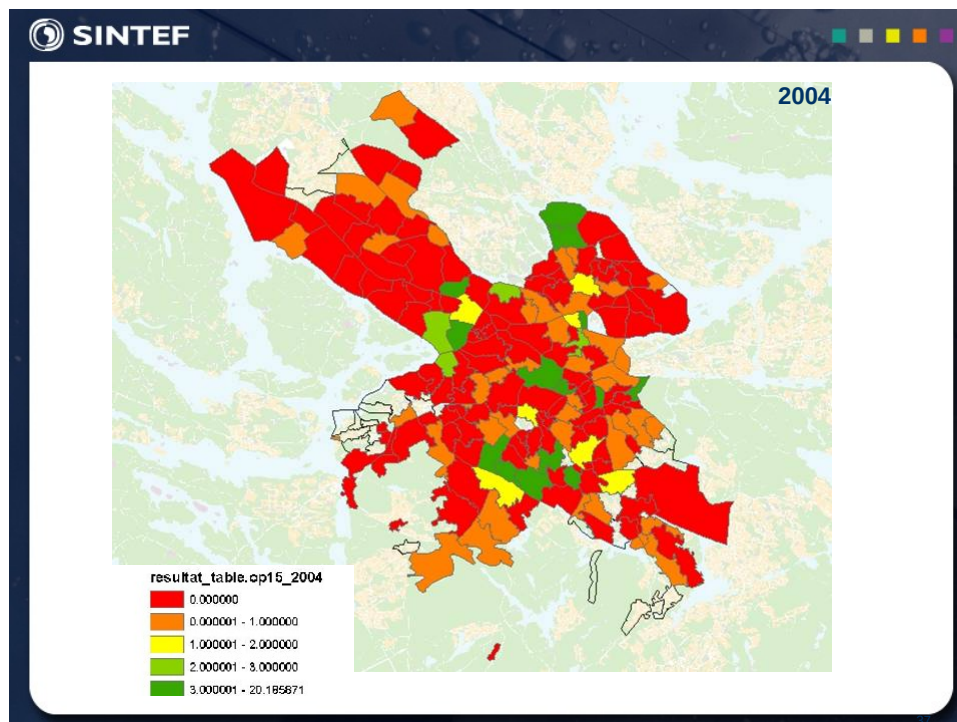










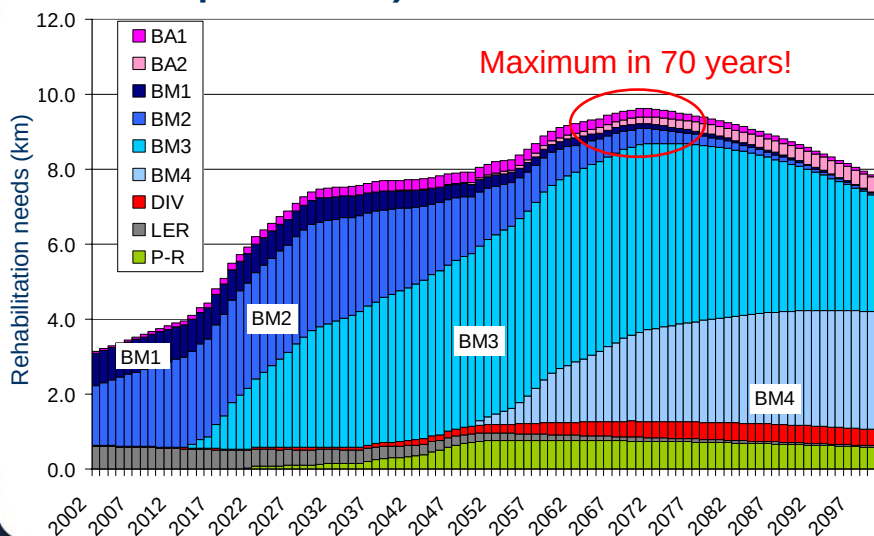


4. Long term planning tool

CARE-W LTP (long term planning)

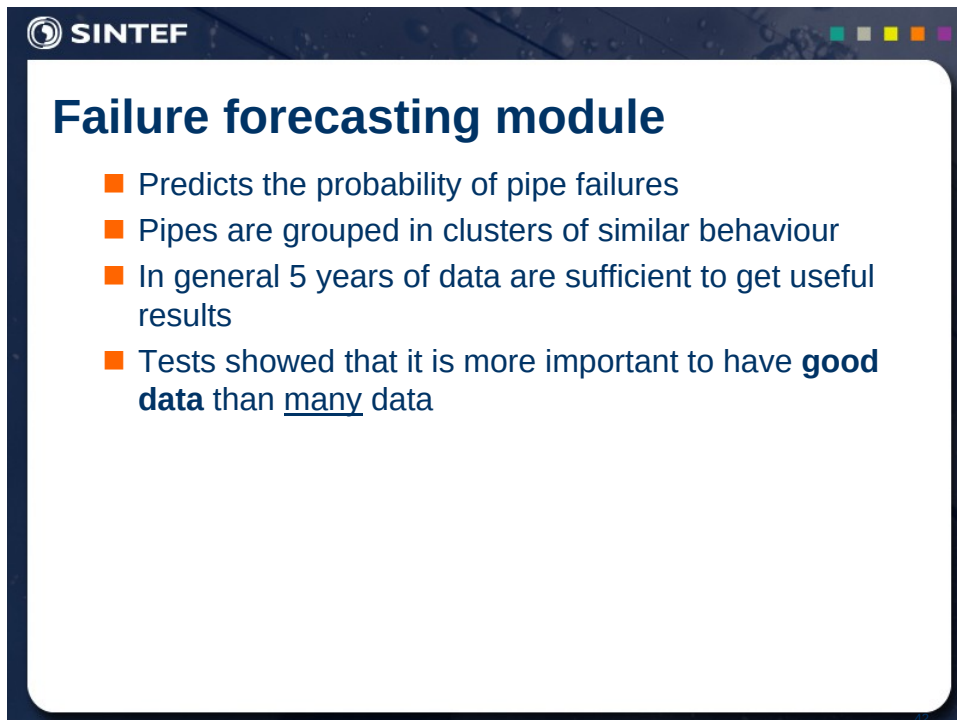
- Generic survival model
- Survival functions based on expert judgement
- Definition of groups with similar survival characteristics
- Input data (GIS) :
 - Material
 - Length
 - Year of construction
- Output:
 - Rehabilitation needs
 - Investment needs
 - Residual lifetime
 ... for a short, long and medium lifetime
- *"It is better to be roughly right than precisely wrong!"*

What are the future rehabilitation needs? (cf ownership of assets)



5. Failure forecasting modules

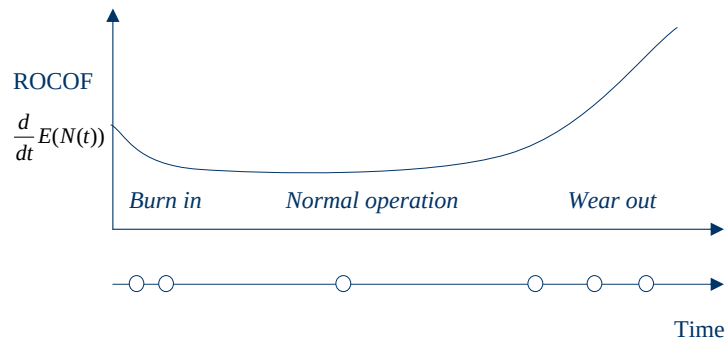
41



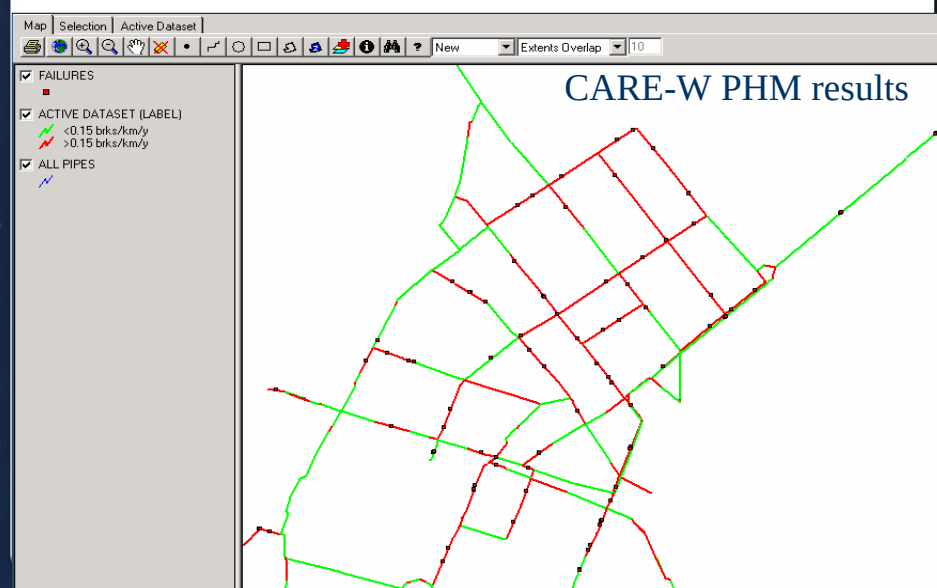
The image is a screenshot of a presentation slide. At the top left, there is a logo for SINTEF. The slide title is 'Failure forecasting module'. Below the title, there are four bullet points, each preceded by an orange square. The text of the bullet points is as follows:

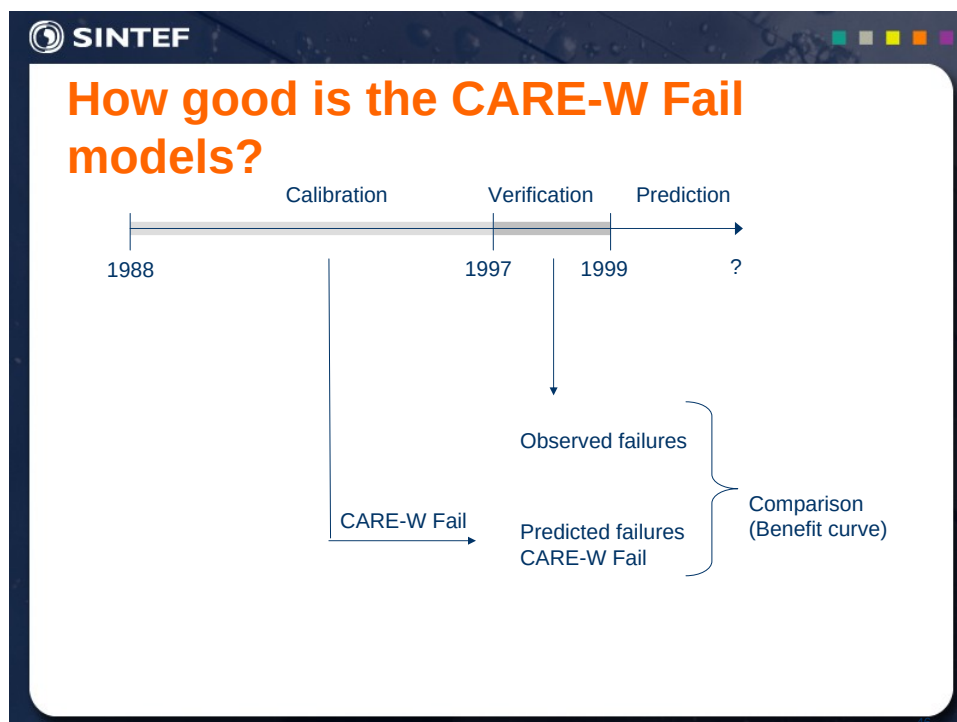
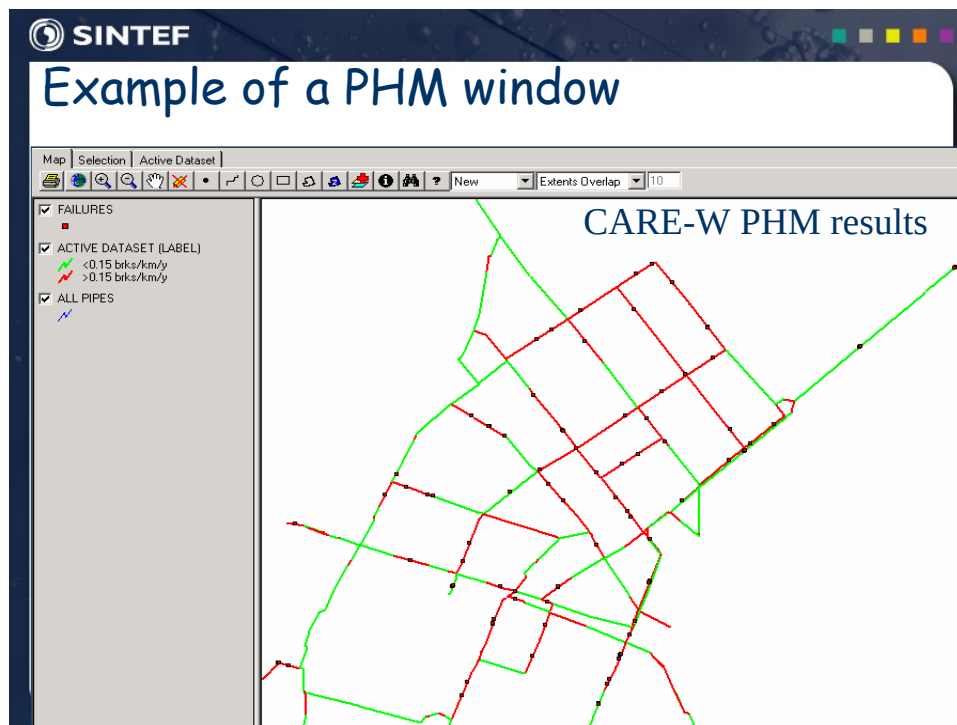
- Predicts the probability of pipe failures
- Pipes are grouped in clusters of similar behaviour
- In general 5 years of data are sufficient to get useful results
- Tests showed that it is more important to have **good data** than many data

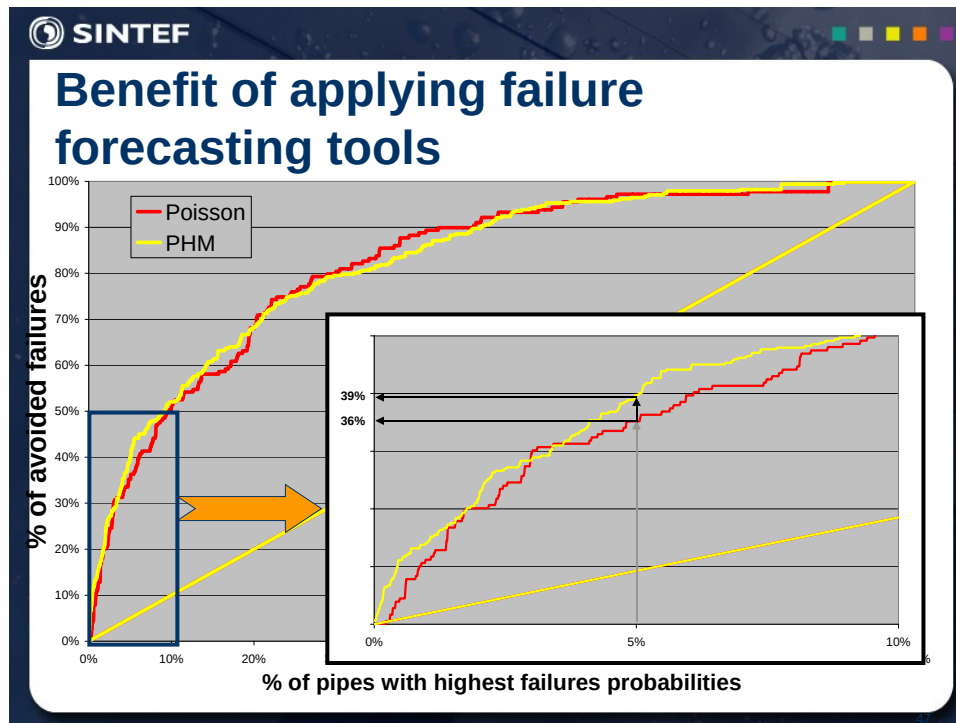
Bath-tub curve/badekarskurven: ved hendelser som hender flere ganger (reparable system)



Example of a CARE-W FAIL window



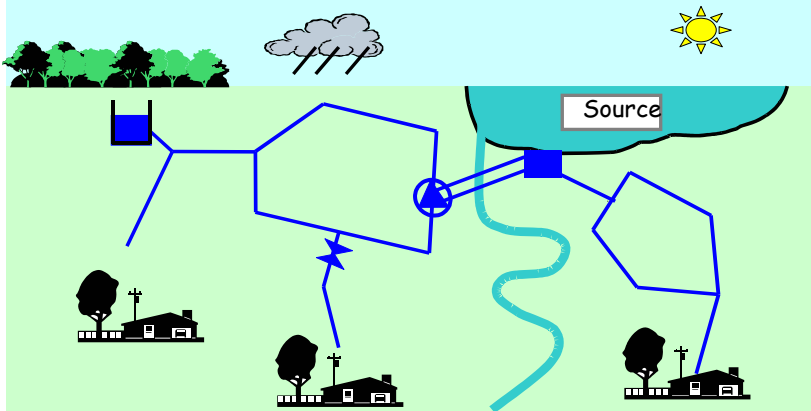




6. Reliability models

CARE-W REL

Answer the question: "Which pipes are the most critical?"

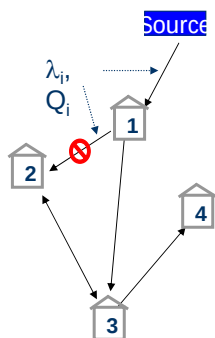


"It is probably that something improbably will happen"
(Aristoteles, 384-322 B.C.)

CARE-W REL approach

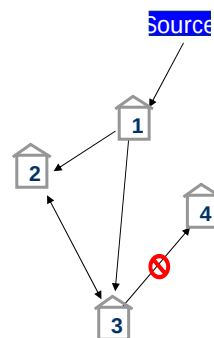
Pressure:

- P1: 100 %
- P2: 100 - 50 %
- P3: 100 %
- P4: 100 %



Pressure:

- P1: 100 %
- P2: 100 %
- P3: 100 %
- P4: 0 %



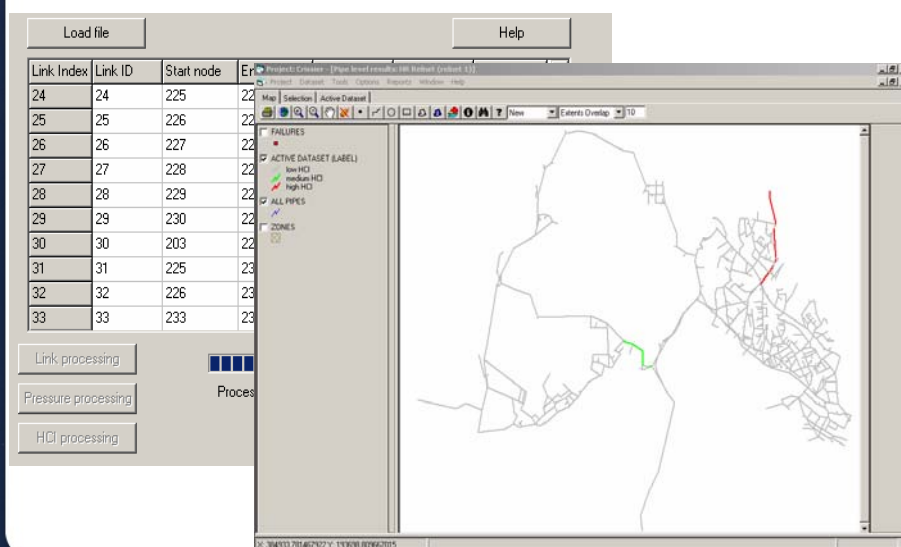
Calculation of HCI

- Depending on real pressure head and amount of delivered and undelivered water in each node

$$Q_{\text{new}} = Q_{\text{act}} \cdot \frac{\sqrt{H_{\text{new}}}}{\sqrt{H_{\text{act}}}}$$

$$\text{HCI} = \frac{Q_{\text{total}} - \sum(Q_{\text{new}})}{Q_{\text{total}}}$$

Example of a Relnet window

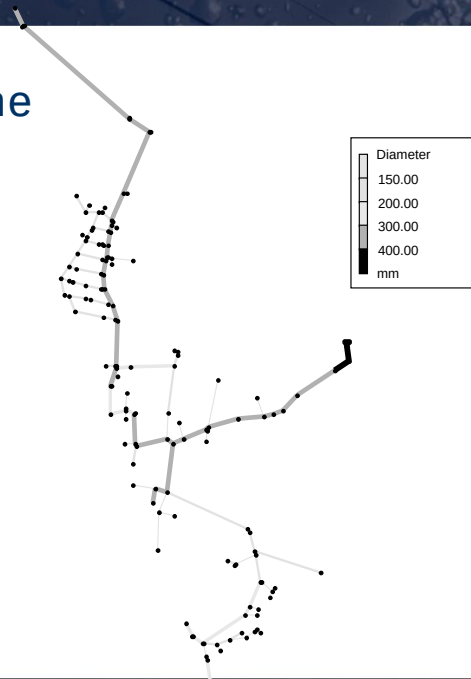


Example of a Relnet window



Case: Lausanne (Crissier)

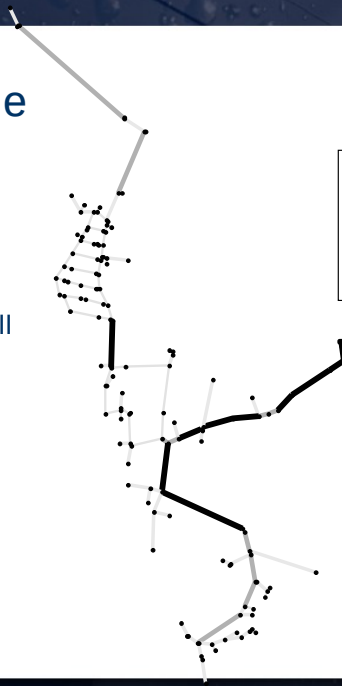
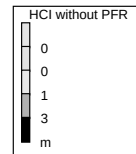
Ranked wrt Diameter



Case: Lausanne (Crissier)

- *HCI*

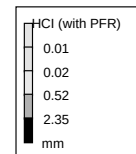
(same failure rate for all
pipes)



Case: Lausanne (Crissier)

- *HCI*

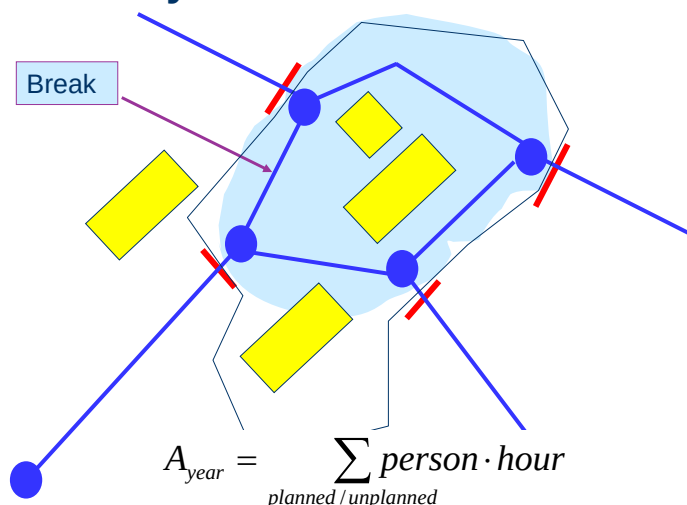
($\propto$ /predicted failure rate for
each pipe)



Other use of reliability models

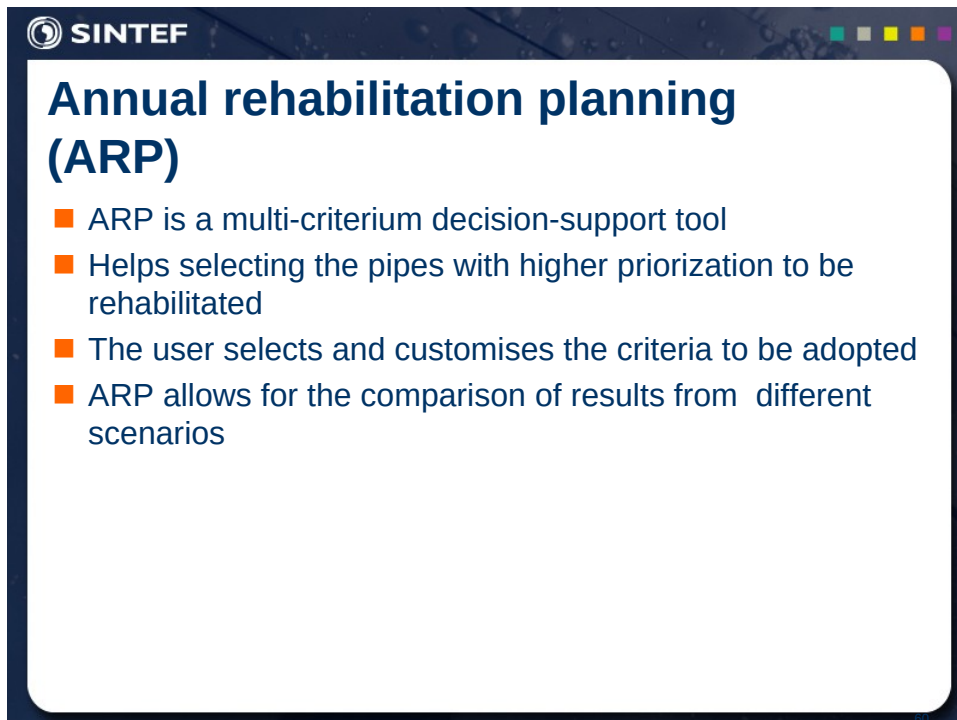
- Get a better understanding of the risk picture ("before")
- Prioritisation of effort to reduce risk ("before")
 - Building more capacity
 - Renewal and maintenance
 - Improved operational procedures, better (robust) train scheduling, driver assistant systems
- Identify potential scenarios for training purposes ("before")
 - Emergency and preparedness training for the most likely and severe scenarios
- Use as online decision support systems in emergency situations ("during")
- Use the risk model actively after the accident in investigation, and enabling a risk based approach for evaluating the effect of suggested risk reducing measures

What is a good benchmarking measure for reliability of water supply (How reliable was the water system in 2004?)



7. Annual rehabilitation planning tool

59



SINTEF

Annual rehabilitation planning (ARP)

- ARP is a multi-criterium decision-support tool
- Helps selecting the pipes with higher prioritization to be rehabilitated
- The user selects and customises the criteria to be adopted
- ARP allows for the comparison of results from different scenarios

Criteria to be included in ARP

Points of view	Criteria
Co-ordination	Co-ordination-score - COS(i)
Repair costs	Annual Repair Costs - ARC(i)
Water losses	Water losses index - WLI(i)
Water interruptions	Predicted Water Interruption - PWI(i)
	Predicted Critical Water Interruption - PCWI(i)
	Predicted Frequency of Water Interruption - PFWI(i)
Damages and disruptions	Damage due to Flooding in Housing areas - DFH(i)
	Damage due to Flooding in Industrial areas - DFI(i)
	Damage due to soil movement - DSM(i)
	Traffic disruptions - DT(i)
	Damage and/or disruption on other infrastructure DD1(i)
Water quality	Water quality deficiencies index - WQD(i)
Hydraulic reliability	Hydraulic criticality index - HCI(i)
Rehabilitation costs	Unit cost of rehabilitation - UCR(i-j)
	info1
	info2
	info3
	info4
	info5

CARE-W ARP

Criteria

- Co-ordination
- Repair costs
- Water interruptions
- Damage and disruption
- Hydraulic reliability
- User-defined

Code	Risk of landslides	LS
1	Low-risk clay	0,1
2	Medium-risk clay	0,5
3	High-risk clay	1

d.2. Damages due to soil movement:

$$DSM(i) = PFR(i) \times D(i)^2 \times P(i) \times LS(i)$$

Traffic Disruption (DT)

$$DT(i) = PFR(i) \times SR(i)$$

- PBR(i): predicted break rate
- Faktor for viktigheten av vegen

Code	Importance of road	SR
1	Low	0,1
2	High	1

Damages due to flooding (DFI)

$$DFI(i) = PBR(i) \times D(i)^2 \times P(i) \times SFI(i)$$

- PBR(i): predicted break rate
- D(i): diameter
- P(i): trykk
- SFI (i): sensitivitet for flom

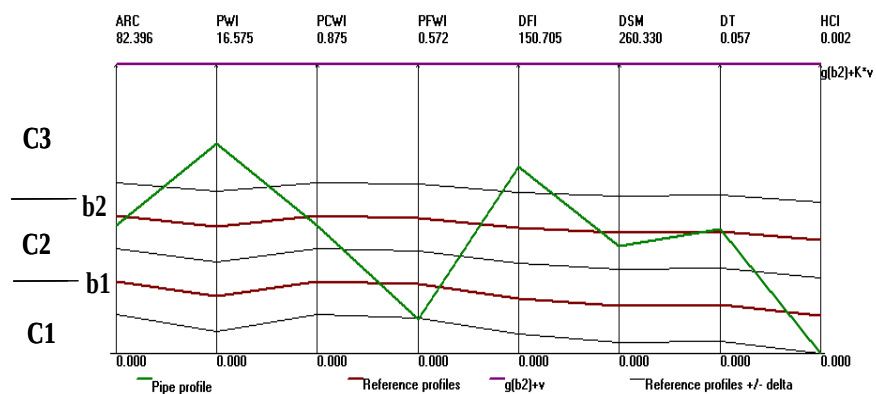
Code	Sensitivity to flooding	SFI
1	Low	0,1
2	High	1



Performance matrix

Candidate pipes	Criteria						Classification
	ARC	PWI	...	DSM	...	HCI	
a_1	183	19	...	615	...	0,004	
a_2	269	31	...	905	...	0	
...	...	...	...	...	...	...	
a_i	365	46	...	3275	...	0	
...	...	...	...	...	...	...	
a_N	431	54	...	386	...	0	

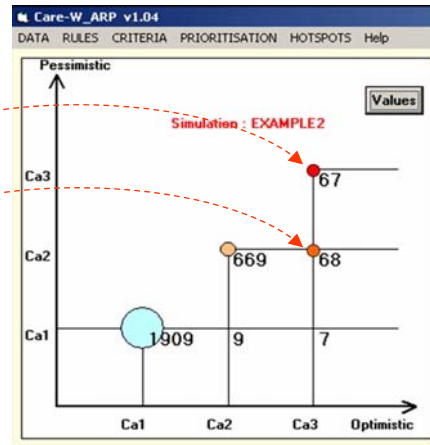
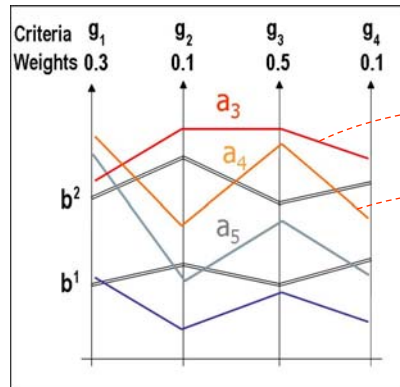
Reference profiles



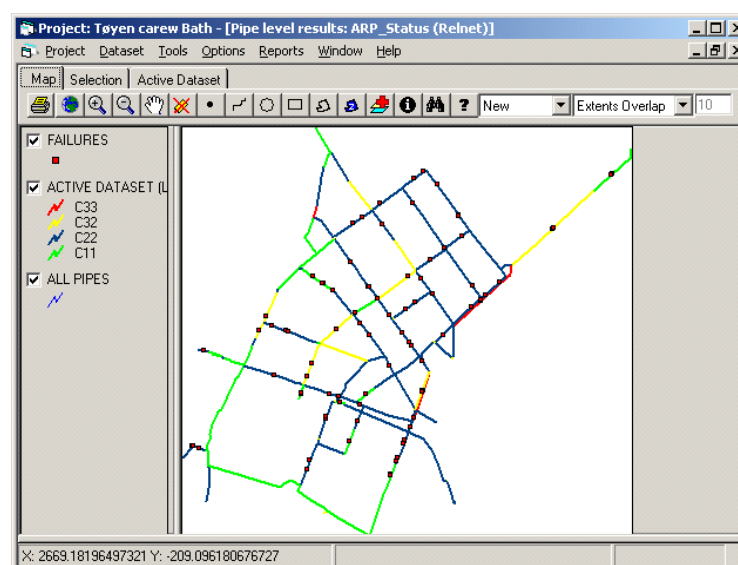
ELECTRE Tri

Impacts or risks

6 categories

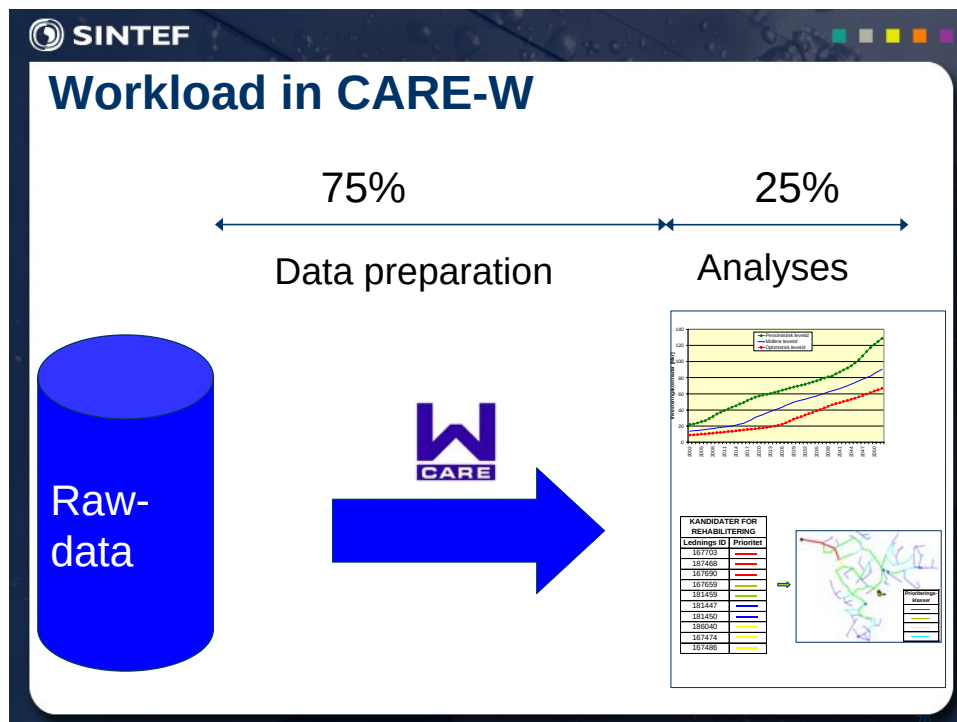


CARE-W ARP results



8. Implementatie van CARE-W

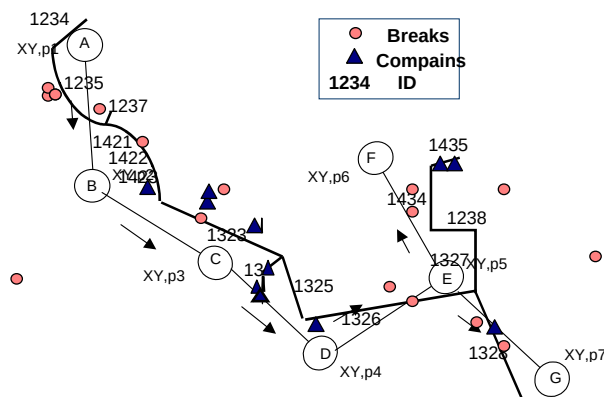
69



Examples of "classical" errors

- Missing pipe data (e.g. material, year, length or diameter are missing).
- Illogical combinations of pipe material, diameter and installation year (e.g. 150 mm PVC laid in 1930).
- Most certain values:
 - 1: Dimension, 2: Material, 3: Year
- Failure date pre-dates year of installation.
- Multiple breaks at the same pipe in the same day.
- Rehabilitation date pre-dates year of installation.
- Breaks not linked to pipes

Breaks not linked to pipes - experience from UK



- Braks and complains linked to address
- CARE-W needs breaks to be linked to pipes (snapping)
- How is the case in Netherlands? (GIS = modell?)

Control matrix for quality control: PE

PE			
Production standard	Strenght	Dimension	Year
NS-EN12201 (MRS: 40;63;80;100)	PN4;PN5;PN8;PN12.5;PN16;PN20;PN25	16;20;25;32;40;50;63;75;90;110;125;140;160;180;200;225;250;280;315;355;400;450;500;560;630;710;800;900;1000;1200;1400;1600	2003-
NS 3623		40;50;75;90;110;160;200;250;315;400;500;630;800;1000;1200;1400;1600	1990-1999
NS 3622 (PE 32;PE50)	PN4;PN6;PN10	20;25;32;40;50;63;75;90;110;125;140;160;180;200;225;250;315;400;500;630;800;1000;1200;1400;1600	1986-2000
NS 2945 (PEL)	PN4;PN6;PN10	20;25;32;40;50;63;75;90;110;125;140;160;180;200	1972-1985
NS 2946 (PEH med MRS 63)	PN4;PN6;PN10	20;25;32;40;50;63;75;90;110;125;140;160;180;200	1972-1985
NS 2941 (PEH)		110;125; 160;180;200;250;315;400;500;630;800;1000	
NS 928 (PEH)	PN4;PN6;PN10	20;25;32;40;50;63;75;90;110;125;140;160;180;200	1966-1972
NS 920 (PEL)	PN4;PN6;PN10	20;25;32;40;50;63;75;90;110;125;140;160;180;200	1960-1972

Summary

- Critical infrastructure. Systematic approach required
- AM/FM important
- CARE-W can also have the role as a catalyst to start or improve the process of recording good quality data.

